

DIJKEN

LANGS ZEE, RIVIEREN EN KANALEN
KADEN
OM POLDERS, DROOGMAKERIJEN ENZ.

SAMENSTELLING • AANLEG • ONDERHOUD

door T. HUITEMA

Met 198 afbeeldingen naar foto's en tekeningen

N.V. UITGEVERS-MAATSCHAPPIJ „KOSMOS” AMSTERDAM—ANTWERPEN

VOORWOORD

In onze technische literatuur, wordt aan dijken en kaden niet zooveel aandacht gewijd, als ze door het groote belang, dat ze voor een groot deel van ons land hebben, naar mijn meening verdienen. Ik meende daarom een nuttig werk te kunnen doen, door de eischen, waaraan dijken en kaden moeten voldoen en de middelen en methoden om tot alleszins betrouwbare waterkeeringen te geraken, meer in details te beschrijven dan tot dusver was geschied.

Bij het daarvoor verzamelen van gegevens en het uitwisselen van gedachten, mocht ik de medewerking van vele, bij den aanleg en het onderhoud van dijken betrokken technici, ondervinden.

Hun allen mijn dank. Het werd me door die medewerking mogelijk, mijn beschrijving of betoog te verduidelijken met vele voorbeelden uit de praktijk, wat me voor een vak als dijksbouw, van uitnemend belang voorkomt.

Om den omvang van dit boek te beperken, heb ik me vrijwel uitsluitend bepaald, tot hetgeen enkel dijken en kaden betreft.

Onderwerpen als: geschiedenis en reglementen, uitvoering van grondwerken en de machines daarvoor, rijswerken, polders, uitwateringen, enz. vindt men, beter dan ik het hier zou kunnen, in andere boeken behandeld.

Waar data zijn vermeld, materieel voor grondverzet wordt opgesomd en feiten zijn genoemd, die daarmede in tegenspraak mochten schijnen, geschiedde dit alleen om eenig inzicht te geven in den aard en omvang van bij den dijksbouw voorkomende moeilijkheden.

Wel begaf ik me op een zijpaadje waar ik een theorie verkondig, afwijkend van de officieele, omtrent het ontstaan van terpen. Dat de omringkade om de dobbe het oudste voorbeeld is in ons land van een kunstmatige, van grond gemaakte waterkeering, is voor die zijsprong verklaring en verontschuldiging.

Zeist, Voorjaar 1947.

T. Huitema

INHOUD

HOOFDSTUK I. **Materiaal en benamingen.**

§ 1. DIJKSPECIE 1. a. Klei 1; b. Leem 3; c. Keileem 3; d. Schorkloeten 3; e. Zand 3; f. Veen 4.
§ 2. BENAMINGEN VAN EN AAN DIJKEN EN KADEN 4.

HOOFDSTUK II. **Zeedijken.**

§ 3. HOOGTE 7. § 4. WATERSTANDEN 7. § 5. GOLFOPLOOP 14. § 6. DALING VAN DEN BODEM OF GELEIDELIJKE VERHOOGING DER ZEESTANDEN 18. § 7. INKLINKING VAN DE ZATE EN VAN DEN DIJK, OVERHOOGTE 20. § 8. DE ZATE OF HET STAAL EN DE ZOOL 22. § 9. VOORLAND 25. § 10. HET BUITENBELOOP 27. a. Vorm van het beloop 27; b. Grondwerk 29; c. Begroeiing en bekleeding 33; d. Steenglooingen 35; e. Materiaal voor en samenstelling van steenglooingen 44; 1. Vilvoordsche steen 44; 2. Lessinesche steen 45; 3. Maassteen 45; 4. Doorniksche steen 45; 5. Bloksteen 46; 6. Graniet 46; 7. Noorsche of Drentsche steen 46; 8. Basalt 47; 9. Beton 50; 10. Baksteen 52. § 11 HET ONDERZEESCHE BELOOP 56. § 12. HET BINNENBELOOP 73. § 13. DE BINNENBERM 79. § 14. DE KRUIN 82. § 15. DE KERN VAN DEN DIJK 84. § 16. OPRITTEN EN DIJKGATEN 85. § 17. AANWASSEN EN BEDIJKEN 87. § 18. AANLEG VAN ZEEDIJKEN 96. § 19. HET AFSLUITEN VAN GEULEN EN KREKEN EN HET DICHTEN VAN SLUITGATEN 123. § 20. VERHOOGING, VERZWARING EN VERBETERING VAN BESTAANDE ZEE-DIJKEN 140. § 21. GEBOUWEN, HEKKEN, BOOMEN ENZ. OP ZEEDIJKEN 147. § 22. ONDERHOUD VAN ZEEDIJKEN 148. § 23. MAATREGELEN BIJ STROMVLOEDEN 151. § 24. DIJKBREUKEN EN HET DICHTEN DAARVAN 154. § 25. SLAPERDIJKEN EN DROOMERS OF Z.G. DROGE DIJKEN 172. § 26. INLAAGDIJKEN 173.

HOOFDSTUK III. **Rivierdijken.**

§ 27. HOOGTE 175. a. Waterstanden 175; b. Golfoploop 186; c. Bodemdaling of verhooging van den zeespiegel 187; d. Overhoogte of z.g. waakhoogte 187. § 28. ZATE OF STAAL EN BERMEN 187. § 29. HET BUITENBELOOP 195. § 30. HET BINNENBELOOP 197. § 31 DE KERN EN DE KRUIN 201. § 32. GEBOUWEN, BOOMEN ENZ. OP RIVIERDIJKEN 203 § 33. AANLEG, VERHOOGING EN VERZWARING VAN RIVIERDIJKEN 205. § 34. MAAT-REGELEN BIJ HOOG WATER EN IJSGANG 206. a. Herstellen of het voorkomen van de uitbreiding van afslag, z.g. zeebraak aan het buitenbeloop 207; b. Het bedwingen of onschadelijk maken van wellen en kwel 207; c. Het beperken en aanvullen van verzakkingen 212; d. Het vergrooten van de waterkeerende hoogte 214. § 35. DOORBRAKEN OF DIJKBREUKEN 216. § 36. OVERLATEN 220.

HOOFDSTUK IV. **Meer- of ringdijken, boezem- en polderkaden.**

§ 37. HOOGTE 224. § 38. ZATE EN DWARSPROFIEL VAN RINGDIJKEN EN KADEN 226.

HOOFDSTUK V. **Dijkbekistingen en noodwaterkeeringen.**

§ 39. BEKISTINGEN 235.

INLEIDING

Een zeer groot deel van ons land ligt lager dan de waterstanden in de aangrenzende zee, rivieren, meren, kanalen enz. en moet daarom tegen overstroming worden beschermd. Daartoe zijn, tot een totale lengte van vele duizenden kilometers, kunstmatige terreinverhoogingen van geringe breedte — dijken en kaden — aangelegd, die onder alle omstandigheden het water moeten kunnen keeren; het wel en wee van een groot deel van de bevolking van ons land hangt dan ook in hooge mate af van den staat, waarin de dijken en kaden verkeerden.

Vrijwel iedere Nederlander is zich dat bewust, doch daar de tijdstippen, waarop van de waterkeeringen het uiterste wordt gevergd, gewoonlijk slechts met lange tusschenpoozen voorkomen en voorzieningen tot vergrooing van de veiligheid hooge uitgaven vorderen, doet zich toch het geval veelvuldig voor, dat men de gevaren onderschat.

Als onder stormgeweld van ongedachte hevigheid, of — langs rivieren — tijdens waterstanden van ongekende hoogte en langen duur een dijk bezwijkt en daardoor soms menschenlevens verloren gaan en veel bezit wordt vernietigd, dan buigt men graag het hoofd en spreekt van onvoorziene rampen, waartegenover menschen onmachtig staan.

Worden echter de oorzaken van de rampen nagespeurd, dan blijkt veelal, dat niet onmacht, maar onvoldoende bekendheid met den waren staat van dijk of kade en meer nog, optimisme, gestimuleerd door den tegenzin om zich hooge uitgaven voor verbetering te getroosten, de ware oorzaken waren van het niet hoog of niet stevig genoeg zijn der waterkeering.

Tot zekere hoogte zijn die redenen begrijpelijk. Wanneer andere werken worden ontworpen, dan wordt gerekend met de ongunstigste omstandigheden, welke zich kunnen voordoen en gewoonlijk kent men die voldoende om in dit opzicht voor misrekening gevrijwaard te zijn. Van de te gebruiken materialen weet men vrij nauwkeurig, aan welke krachten ze ten minste en ten hoogste weerstand kunnen bieden, zoodat de afmetingen berekend kunnen worden, waarbij veelal nog een 4- tot 10-voudige zekerheid wordt genomen.

Bij dijken niets daarvan. Voor een dijk zijn de hoogste waterstanden, die gekeerd moeten worden, van het grootste belang. Gewoonlijk kent men wel den hoogsten stand, die ter plaatse ooit is voorgekomen, zonder echter te weten hoeveel die stand zal kunnen worden overschreden, als de omstandigheden ongunstiger mochten samenvallen dan bij vroegere hooge standen. Bestaat omtrent den hoogst mogelijken waterstand dus al geen zekerheid, in nog mindere mate is dat het geval met de hoogte van den golfoploop, de duur en de kracht van den golfslag op een bepaald gedeelte van den dijk, de verzwakking, die door indringend water en trillingen wordt veroorzaakt, enz.

Dijken en kaden worden samengesteld van grond, bij voorkeur van grond, die men ter plaatse vindt en de hoedanigheid van grondsoorten als dijkspecie, loopt niet alleen ver uiteen, eenzelfde soort vertoont vaak groote verschillen, terwijl het watergehalte en de wijze van verwerken, nog weer belangrijke ongelijkheden teweegbrengen.

Onzekere factoren zijn verder: de draagkracht, de dichtheid en de samenhang van den grond, waarop de dijk rust.

De afmetingen van dijken moeten daardoor op andere wijze dan door berekening worden bepaald. Veel meer dan bij andere werken zullen die afmetingen door vergelijking met andere dijken, door praktisch inzicht en ervaring moeten worden vastgesteld.

Bij zeedijken komen de allerongunstigste omstandigheden maar zelden voor. Soms verloopt er meer dan een eeuw, eer na een hoogen stormvloed opnieuw een vloed voorkomt,

die den dijk evenveel, of nog meer, bedreigt. Zeer zeker is dit een der redenen, waarom bij het bepalen van de afmetingen van dijken, al te vaak optimisme voorzit en al te gaarne bij aanleg en onderhoud te groote zuinigheid wordt betracht.

Hebben dijken een menschenleeftijd en nog langer het geweld van stormvloeden goed doorstaan, dan valt het zoo moeilijk te gelooven, dat ze toch onvoldoende hoog en sterk zijn, totdat... een vloed komt hooger, onstuimiger of langduriger dan alle vroegere beruchte vloeden en het vertrouwen in den dijk wordt beschaamd, maar... dan is het gewoonlijk te laat om noodlottige gevolgen af te wenden.

Het is daarom zaak, niet spoedig met een dijk tevreden te zijn en nimmer toe te geven aan de opvatting, dat rampen door stormvloeden toch niet geheel kunnen worden voorkomen. Geen dijk, of hij kan zóó worden gemaakt, dat doorbreken absoluut is uitgesloten.

Wat hierboven omtrent zeedijken werd opgemerkt, geldt goeddeels ook voor rivierdijken en voor kaden. In plaats van het geweld van golven is hier de kwel vaak de groote vijand, die bij onderschatting zoo licht kan leiden tot groot nadeel of ramp.

Niet alleen de dijk of de kade, maar ook de ondergrond is op de kwel van grooten invloed en zoo zal het kunnen voorkomen, dat een waterkeering, die zelf aan de hoogste eischen voldoet, zich toch begeeft, wat dan nog meest geschiedt op het oogenblik, waarop oogen-schijnlijk het grootste gevaar is geweken.

Voor al waar dijken langen tijd hooge waterstanden moeten keeren, zooals langs rivieren en vele boezemwateren het geval is, moet daarom met de gesteldheid van den ondergrond ter dege rekening worden gehouden. Geschiedt dit in voldoende mate en worden de juiste maatregelen getroffen, dan zal ook bij die dijken van „onvoorziene rampen” geen sprake behoeven te zijn, maar geldt ook hier, dat men het gevaar niet moet onderschatten en geen noodige maatregelen achterwege moet laten omdat ze wellicht veel geld zullen kosten. Men kan zich uiteraard op het standpunt plaatsen, dat absolute veiligheid zoo duur moet worden betaald, dat men beter doet, minder uit te geven en dan een zeker risico te aanvaarden.

In een land als het onze, zoo dicht bevolkt, waarvan de bodem zoozeer wordt gecultiveerd, is elke overstroming een zoo groote ramp, dat van dat „risico nemen” o.i. geen sprake mag zijn. Wat ter wille van de veiligheid noodig is te doen, moet worden gedaan, hoe bezwaarlijk dat soms ook mag zijn.

MATERIAAL EN BENAMINGEN

§ 1. Dijkspacie.

Dijken worden gemaakt van grond en iedere grondsoort, die men in ons land aantreft, kan als dijkspacie worden gebruikt.

De eigenschappen en daarmee de geschiktheid voor dijkspacie loopen echter bij de verschillende grondsoorten ver uiteen; de geschiktheid is te grooter naarmate de samenhang of kleef grooter en de doorlatendheid voor water geringer zijn, omdat daarvan voornamelijk het weerstandsvermogen tegen stroom en golfslag en het waterkeerend vermogen afhangen.

Ook een groot soortelijk gewicht is nuttig. Nadeelig daarentegen is sterke krimp bij uitdrogen omdat daardoor scheuren ontstaan.

Over de herkomst, het ontstaan, de ouderdom, enz. van grondsoorten, zal hier niet worden gesproken en van de eigenschappen en kenmerken worden alleen die behandeld, welke voor den dijksbouw van belang zijn.

a. Klei

Van alle grondsoorten is klei — naast keileem, dat men maar op enkele plaatsen aantreft in tegenstelling met klei, die men in een groot deel van ons land vindt — voor dijken het meest geschikt. In drogen toestand is ze soms een fijn korrelig poeder zonder eenigen samenhang, meestal echter een steenharde massa in den vorm van bonken en kluiten; ze is dan moeilijk goed te verwerken. Bevat klei eenig water, dan vormt ze een zeer taai waterdicht deeg, dat slechts langzaam water opneemt of afstaat.

Bij uitdroging krimpt klei sterk, scheurt en valt ten slotte in harde kluiten uiteen. Worden die kluiten weer vochtig, dan zwellen ze op, verbrokkelen en er ontstaat opnieuw een meer of minder stijf deeg.

Bij dikke lagen klei bepaalt de uitdroging door zonnewarmte zich in den regel tot de bovenlaag van geringe dikte. Die bovenlaag wordt dan een harde korst, die verder uitdrogen belemmert, doch waarin talloze scheuren ontstaan en die scheuren kunnen soms meters diep worden.

Het natuurlijk talud van klei wisselt sterk met den vochtigheidsgraad. Klei in den toestand van zeer stijf deeg blijft bij ontgraving meters hoog loodrecht staan, klei die veel water bevat, b.v. slib of modder, vloeit uit onder een flauwe helling van soms 1 op 30.

Zuivere klei komt hier te lande niet voor; steeds is ze gemengd met zand en veelal ook met humus, veen, schelpengruis, enz., steeds ook met een gering percentage kalk, zouten en metalen.

Door de bijmengselen worden de eigenschappen van klei sterk gewijzigd, vooral door zand en veen. Hoe meer zand de klei bevat, des te geringer is de samenhang, de kleef, en des te gemakkelijker neemt ze vocht op en droogt ze uit, maar des te kleiner wordt de krimp.

Is het gehalte aan zand ten hoogste 25% van het volume, dan noemt men de klei zwaar of vet; is het 25 tot 40% dan spreekt men van klei, is het 40 à 80% dan duidt men het mengsel aan als magere of lichte klei, terwijl klei met 60 à 80% zand ook wel zavel wordt genoemd, terwijl men bij 90% zand de grond nog wel aanduidt als lichte zavel. Behalve met de benamingen klei en zavel, worden bepaalde grondmengsels ook spier, knip, korengrond, enz. genoemd. Daar er geen algemeen erkende definities van bestaan, blijven ze hier verder onbesproken.

Klei met een geringer zandgehalte dan 25% van het volume komt maar weinig voor. Bij de grondmonsters van 46 boringen, op verschillende plaatsen in Zeeland verricht (1873—1877), bleek geen enkel monster uit de bovenlagen minder dan 45% zand te bevatten.

Bij 163 kleimonsters van 72 boringen in de Betuwe (1879—1881) waren er enkele, waarvan

het zandgehalte geringer was dan 25%, de meeste bestonden uit 40 tot 80% zand. Opgemerkt moet worden, dat het zandgehalte door slibben werd bepaald en wel door grond met veel water te roeren en dan dit water te storten in een grootendeels al met water gevulde verticale glazen buis. De grondkorrels bezinken te langzamer naarmate de korrels fijner zijn en vormen laagjes onder in de buis, waarvan de hoogte direct na het bezinken werd afgelezen.

Bevat de grond niet alleen klei maar ook kalk, dan blijft de klei zeer lang in het water zweven. Het bezinken kan dan worden bevorderd door toevoeging van enkele droppels salpeterzuur. Klei in den vorm van stijf deeg of van weeke slib is voor water vrijwel ondoordringbaar en met een zandgehalte van zelfs 80% kan de grond nog moeilijk doordringbaar zijn voor water.

Is klei met veen gemengd, zooals op tal van plaatsen het geval is, dan is die grond voor dijk-specie veelal niet bijzonder geschikt. In natten toestand vormt ze gewoonlijk wel een vrij taai dichte massa, maar bij uitdrogen is de krimp zeer sterk, het s.g. wordt gering en de grond valt soms uiteen in schilfers.

In andere gevallen ontstaan bij uitdroging zeer wijde scheuren en verliest de grond de eigenschap, bij bevochtiging weer water op te nemen en te zwellen. De scheuren blijven dan dus bestaan en dergelijke grond maakt den dijk blijvend zeer on dicht.

Hoewel de waarde van kleigrond als dijkspecie in hooge mate afhankelijk is van de bijmengselen, worden in de bestekken voor aanleg of verzwaring en verhooging van dijken maar zelden keuringseischen opgenomen.

De Algemeene Voorschriften voor de uitvoering en het onderhoud van werken onder beheer van het Departement van Waterstaat, de z.g. A.V. Rijkswaterstaat, vastgesteld bij Kon. Besluit van 30 Augustus 1932 No. 43, welke A.V. voor de meeste dijkwerken, ook al zijn ze geen Rijkswaterstaatswerk, van toepassing zijn of worden verklaard, bepalen (in par. 383) niet anders dan dat kleigrond vast moet zijn, goed samenhangend en taai, zooveel mogelijk zonder zand, spier, grind, schelpen, derrie of plantendeelen. Die bepaling is te vaag om te waarborgen, dat de verwerkte z.g. klei ook werkelijk goede dijkspecie is.

Wordt, zooals in vele gevallen geschiedt, de grond verwerkt, die ter plaatse wordt ontgraven, dan geeft bovenstaande bepaling in den regel toch geen verschil van opvatting, te minder omdat par. 118 der A.V. nog bepaalt, dat bij dijken en kaden de minst samenhangende grond in het binnenbeloop en onder de kruin, de meest samenhangende in het buitenbeloop verwerkt, moet worden.

Behalve in de grensgevallen, als het gehalte aan zand of veen zeer groot is, kan klei op het oog en door uitwrijven goed van andere grondsoorten worden onderscheiden. Bij een belangrijk gehalte aan laagveen voelt de weeke grond echter zacht en taai aan, evenals goede klei. De veen treedt dan voornamelijk bij uitdrogen aan het licht.

Moet de aannemer de klei leveren en wordt die van elders aangevoerd of moet de klei plaatselijk een voorname functie vervullen, dan is een nauwkeuriger definitie noodig en zal in het algemeen de afwezigheid van veen en van zandlaagjes en een maximum gehalte aan zand als keuringseischen moeten worden gesteld.

De wijze van onderzoek dient dan tevens te worden bepaald. Een z.g. slibanalyse is voor het doel het meest geschikt en het eenvoudigst.

Ook in de gevallen, waar het opnemen van keuringseischen in overeenkomsten of bestekken overbodig of te bezwaarlijk wordt geacht, is een onderzoek van de te verwerken grondsoorten steeds nuttig, omdat de afmetingen van dijken, de helling van hun beloop en de dikte van de bekleedingen in belangrijke mate dienen af te hangen van de eigenschappen van de te verwerken grondsoorten.

Dit is een omstandigheid, waarmee in den dijksbouw niet steeds voldoende rekening wordt gehouden.

b. Leem

Leem treft men op tal van plaatsen aan, meestal in oudere hoge gronden. In ons land zijn de lagen, althans die nabij de oppervlakte, gewoonlijk niet zeer dik en is het leem evenals klei met veel zand gemengd. Klei en leem worden vaak in één adem genoemd en over de vraag, wat klei en wat leem is, bestaat geen overeenstemming, zoozeer komen de eigenschappen en het uiterlijk voorkomen overeen. De samenhang of taaiheid is te grooter naarmate het zandgehalte geringer is. De bestekken bevatten omtrent de hoedanigheid van leem tot dusver geen eischen. De A.V. stelt in par. 383 dezelfde als die voor klei.

c. Keileem

Komen in leemlagen hier en daar steenen voor, dan noemt men den grond keileem. In de kliffen in het zuiden van Friesland, in de Voorst te Vollenhove en op Urk komt ze aan of nabij de oppervlakte voor. In den bodem van de Zuiderzee is ze op tal van plaatsen op bereikbare diepte gevonden en bij de uitvoering der Zuiderzeewerken is ze op groote schaal verwerkt. Keileem is daar een voor dijken bijzonder geschikt materiaal gebleken, vooral door de groote taaiheid, waardoor golfslag en stroom er weinig vat op hebben.

Droogt keileem uit, dan ontstaan zeer harde bonken, die moeilijk te verwerken zijn en moeilijk weer zacht zijn te maken, zoodat er dan geen dichte lagen van zijn te vormen. Men baggert het echter meestal op in den toestand van stijf deeg en in dien toestand pakt het zeer dicht. Het natuurlijk talud is dan ongeveer 1 op $1\frac{1}{2}$.

Hoewel het zandgehalte van keileem evenals bij klei belangrijk uiteen kan loopen en de taaiheid daardoor ook, worden in de bestekken van de Zuiderzeewerken toch geen desbetreffende keuringseischen gesteld, doch volstaat men met de bepaling, dat de gebaggerde keileem zal moeten voldoen aan de daaromtrent door de directie te stellen eischen, terwijl verder wordt bepaald, dat de specie als een aaneengesloten massa in de damlichamen moet komen, zooveel mogelijk in den toestand, waarin zij in den bodem voorkomt.

Mogelijke verzamelingen van zand, uit aan golfslag blootgesteld geweest zijnde keileem gespoeld, zullen, indien de directie dit noodig acht, moeten worden verwijderd en in de keileembekleedingen mag geen uitgedroogde keileem verwerkt worden.

De gebaggerde keileem heeft de onaangename eigenschap, dat het vele jaren — wellicht wel een eeuw — zal duren eer zich daarop een grasnerf zal kunnen ontwikkelen. Aangewend voor bekleding van belopen, die men wil doen begroeien, is ze daardoor maar voor een deel van de dikte der bekleding geschikt en moet ze worden afgedekt met een ongeveer 30 cm dikke laag klei, wat bij de uitvoering der Zuiderzeewerken dan ook algemeen is gedaan.

d. Schorkloeten.

In Zeeland worden voor bekleding van belopen en ook voor bestorting van rijswerken dikwijls schorkloeten gebruikt, kubusvormige bonken van 16 à 20 cm zijde, met een dicht met kort gras begroeide zijde. De goede soort bestaat uit stijve, zeer vette klei en is een uitstekend materiaal zoowel voor bekleding van belopen als voor bestortingen, daar schorkloeten haar samenhang niet spoedig verliezen. Ze moeten daarvoor worden gestoken uit de bovenlaag van rijpe schorren. Dergelijke schorren vindt men echter niet veel en meermalen worden de schorkloeten — ook wel kloetelingen genoemd — dan ook ontleend aan plaatsen, waar de begroeiing niet dicht genoeg en de grond niet stijf is en — wat nog erger is — de klei te mager is of door zandlaagjes wordt doorsneden, zoodat de samenhang te gering is.

e. Zand.

Zandkorrels hebben weinig of geen samenhang, zoodat ze door de minste golfbeweging, door stroom en door wind worden verplaatst. Alleen een gering vochtgehalte doet de korrels aaneenkleven.

Zand is gemakkelijk doordringbaar voor water; hoe grover de korrels, hoe grooter de doorlatendheid. Tusschen fijn of met fijn gemengd- en grof zand is in dat opzicht een groot verschil, zoodat voor dijken en kaden, die bestemd zijn, het water te keeren, fijn zand veelal de voorkeur verdient. Hoe fijner het zand hoe gemakkelijker echter de korrels door kwelwater worden meegesleurd, hoe gemakkelijker ook de massa onder vloeistofdruk uitvloeit of afschuift.

Blijkens de ligging van het strand langs onze kusten, neemt duinzand onder den invloed van golven een beloop aan van 1 op 30 à 1 op 50.

Zand in stil water gestort, neemt een beloop aan van 1 op 2 tot 1 op 4 maar bij zeer fijn zand zijn belopen onder water bij wisselende waterstanden nauwelijks stabiel onder een helling van 1 op 10. De uitdroging van zand, waardoor alle samenhang verloren gaat, verloopt snel.

Zand is voor dijken dan ook een veel minder geschikt materiaal dan klei, maar wordt er toch veel voor gebruikt, bepaaldelijk in dat gedeelte van het dwarsprofiel, dat niet rechtstreeks aan de golven is blootgesteld. De doorlatendheid is daar soms een voordeel.

Ook geheel van zand opgeworpen dijken en kaden komen voor. Ook al zijn daaraan voorzieningen getroffen tegen afslag en kwel, dan is het toch nog zeer noodig, dat de afmetingen veel grooter zijn, dan van een dijk van klei, die onder dezelfde omstandigheden verkeert.

f. Veen.

De structuur van veen is vezelig, de samenhang is gering, uitdroging heeft gemakkelijk plaats, waarbij de massa sterk krimpt en scheurt, zoodat daarbij de samenhang vrijwel geheel verloren gaat. Het s.g. van veen is gering, zelfs in natten toestand vaak nog kleiner dan van water, zoodat ze door golfslag licht losraakt en wegdrijft.

De meeste veensoorten bevatten in onvergraven staat 80 tot 95 volume % water en zijn daardoor eene weke massa, die weinig draagkracht heeft. Veen is voor dijken en kaden dan ook een ongeschikt materiaal en kan ook onder de zate door het zich sterk laten samensperren en -wegdrukken tot vele bezwaren en gevaar aanleiding geven.

Als in veen geen scheuren aanwezig zijn laat ze echter niet gemakkelijk water door.

In drogen toestand is veen zeer brandbaar. Deze eigenschap lijkt voor dijkspecie wel van weinig belang, maar blijkt toch bij sommige veendijken een ernstig bezwaar, dat aanleiding geeft tot bijzondere voorzieningen of dat aanhoudend toezicht in droge perioden, noodig doet zijn.

Van de veensoorten is zwart laagveen voor dijken nog het minst ongeschikt. Op verschillende plaatsen, waar men over geen beter materiaal kon beschikken, zijn er polderkaden en ringdijken van gemaakt, die men — meestal met behulp van bekleedingen van klei of zand en met toepassing van een of meer z.g. klei- of zandkisten, behoorlijk dicht heeft kunnen maken en die niet al te zeer van afslag hebben te lijden.

Langdurig lage grondwaterstanden zijn gemeenlijk voor die kaden een groot bezwaar, daar ze dan zakken en scheuren en, zooals bij de eerstvolgende hogere waterstanden blijkt, dan erg lek zijn geworden. Droge veen heeft het vermogen om weer op te zwellen verloren, zoodat de scheuren moeilijk of in 't geheel niet weer dicht gaan. Er is veen, die, eenmaal droog geworden, geen water weer wil opnemen en waarop elke begroeiing dan onmogelijk is.

§ 2. Benamingen van en aan dijken en kaden.

Dijken, gelegen langs de zee, de wadden en de Zeeuwsche stroomen, die het land tegen overstrooming door zeewater moeten beschermen, heeten *z e e d i j k e n*. Liggen meerdere dijken achter elkaar, dan wordt die langs de zee wel *w a k e r* of *w a k k e r e d i j k* genoemd. De landwaarts van den waker gelegen dijk, die als waterkeering dienst moet doen ingeval de waker mocht doorbreken, noemt men *s l a p e r d i j k*. De meeste slaperdijken hebben in

een vroegere periode als waker gediend, totdat zij door een nieuwe inpoldering van de zee werden gescheiden. Liggt landwaarts van een slaperdijk nog weer een dijk, dan wordt deze wel *droomer* genoemd. Slaperdijken en droomers heeten ook wel *droke dijk*.

Waar men vreest, dat de buitendijk of waker plaatselijk verloren zal gaan — zooals in Zeeland door de beruchte dijk- en oevervallen nogal eens voorkomt — wordt landwaarts van de gevaarlijke plaats wel een *reservedijk* gelegd, die aan de einden aansluit tegen den waker en soms tegen slaperdijken, zoodat bij doorbraak van den waker maar een deel van den polder wordt overstroomd en verloren gaat. Dit deel heet in *laag* of *kuij*. Zoo'n *reservedijk* wordt in *laagdijk* genoemd. De eindjes dijk, die buiten den inlaagdijk, nadat deze waker is geworden, aan weerszijden van de doorbraak van den waker over blijven, heeten *nollen*. Die deelen van den dijk, die een polder omsluiten, welke van het oude land of den ouden dijk zeewaarts loopen, heeten *dwardsdijk*, *opdijk* en soms *groene dijk*.

Langs de groote rivieren heeten de waterkeerende dijken *rivier-* of *bandijk*. Waar de bandijk vlak langs het water ligt, noemt men hem *schaar-* of *schoordijk*.

Slaperdijken komen langs de rivieren niet voor behalve enkele nabij de mondingen. Droomers en nollen kent men er niet.

Langs enkele vakken, o.a. van den Gelderschen IJssel ligt een dijk achter en ongeveer evenwijdig aan den bandijk. Die dijken hebben de functie het kwelwater, dat door den bandijk en de zate dringt, te keeren en heeten *kweldijk* of *kwelkade*. Kwelkaden komen ook voor, waar men een enkele wel of een bijzonder sterk kwellende plek achter den dijk met een, aan weerszijden tegen den dijk aansluitende kade heeft omringd.

De door kweldijken en kwelkaden omringde oppervlakten zijn soms ook bestemd om opzettelijk met water te worden gevuld, als de bandijk zeer hooge standen keert, met de bedoeling, daarmede den bandijk te ontlasten.

Dijken van geringer afmetingen dan zee- en bandijken noemt men over 't algemeen *kaden*, hoewel de kaden, die drooggemaakte meeren omringen, gewoonlijk met den naam *ringdijk* worden aangeduid. Kaden, gelegen tusschen de rivier en den bandijk, dus op de uiterwaarden, heeten *uiterwaardskade* of *zomerkade*. Ook zeedijkjes, die niet hoog genoeg zijn om hooge stormvloed te keeren, maar wel in staat zijn het water bij een zomerstorm buiten den polder te houden, noemt men wel *zomerkade* of *zomerdijk*.

Mede noemt men *zomerkade* — in Friesland gebruikt men vaker *dijkje* dan *kade* — de dijkjes, die gedurende den zomer polders tegen overstrooming moeten beschermen bij eenige verhooging van den boezemstand, maar die niet hoog genoeg zijn om de 's winters voorkomende hooge boezemstanden te keeren, zoodat die polders in den winter kunnen ondervloeden.

Polderkade is de algemeene benaming voor de dijkjes, die polders voor overstrooming door hooge boezemwaterstanden moeten beschermen. In sommige streken noemt men ze echter, ook bij geringe afmetingen, steeds *polderdijk*.

Komen in dijken of kaden gedeelten voor, die een geringere hoogte hebben dan de overige deelen, opdat bij overschrijding van een bepaalden stand door het te keeren water, dit alleen daar over de kade zal vloeien, dan heeten die lage gedeelten *overlaat* of ook wel *overlaatskade*.

Overlaten in bandijken dienen voor het bij zeer hooge rivierstanden ontlasten van de rivier, door afvloeiing van een deel van den afvoer naar een andere rivier of door overstrooming van een zeer groot terrein.

In zomerkaden dienen ze veelal alleen om te voorkomen, dat bij het volstroomen van den polder, de kade schade lijdt. De overlaat is n.l. door een veel flauwer helling van het binnenbeloop, beter tegen stroom bestand dan het steiler binnenbeloop der kade.

De dwarsdoorsnede — het dwarsprofiel — van dijken en kaden heeft in het algemeen ongeveer den vorm van een ongelijkzijdig trapezium (Fig. 1).

De beneden kant van dijken en van de belooen van dijken, draagt — evenals bij bergen, heuvels, duinen, muren, enz. den algemeenen naam *voet*.

De terreinstrook waarop de dijk of kade met den onderkant, de *zool* rust, heet de *zate*, of het *staal*. Het talud aan de zijde waar de hoogste waterstanden voorkomen, is het *buitentalud* of het *buitenbeloop*. De onderrand daarvan heet, behalve voet, ook *teen* of *buitenteen*. Bestaat het buitenbeloop uit twee, door een ongeveer horizontaal

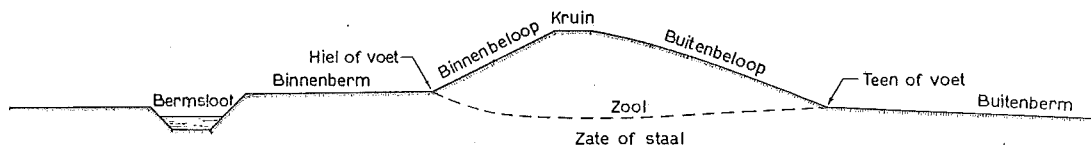


Fig. 1.

liggend gedeelte, gescheiden taluds, dan heet het bovengedeelte het *bovenbeloop*, het onderste het *benedenbeloop*, het horizontale gedeelte, de *buitenberm*, *hoogwaterberm* of *platte berm*.

Het hoogste, ongeveer horizontaal gelegen deel van den dijk is de *kruin*. Het talud aan de land- of polderzijde is het *binnentalud* of het *binnenbeloop*.

De onderrand daarvan is de *hiel*, maar wordt ook wel aangeduid als *binnenteen* en als *voet*. De terreinstrook langs den hiel is de *binnenberm*. Is die aan de landzijde begrensd door een sloot, dan heet die *bermsloot* of *binnenbermsloot*. Is die zoo wijd en diep, dat er in gevaren kan worden, dan heet ze *dijkvaart*, *riet* of *rijte*.

Als de terreinstrook langs den buitenteen door een, ongeveer evenwijdig aan den dijk loopende afscheiding (sloot, dijkput, hek enz.) wordt begrensd, dan heet die strook *buitenberm*.

Ligt de teen beneden hoogwater en ligt daar een met steen bestorte berm, dan noemt men die *laagwaterberm*, *buitenberm* of *plasberm* en in Zeeland *kreukelberm* (naar de er veel op voorkomende zeelakjes, de kreukels of alikruiken).

Ligt aan de zeezijde van den dijk terrein boven water, dan is dat in Zeeland het *voorland* of de *vooroever* of men noemt het *schorren* of *gorzen*, terwijl die buitendijksche gronden in het noorden van ons land met den naam *kwelders* worden aangeduid.

Het gedeelte van het terrein nabij den buitenteen en beneden laag water gelegen, is de *onderzeesche oever*.

Bestaat de grond uit vrij zuiver zand, dan noemt men de *buiten den zeedijk*, z.g. *buitendijks*, gelegen terreinstrook *strand* en wel *droog strand* voor zooveel het boven hoog water en *nat strand* voor zooveel het tusschen hoog- en laag water is gelegen. Het aan de rivierzijde van rivier- of bandijken gelegen terrein heet *uiterwaard*.

§ 3. Hoogte.

Voor een zeedijk is de hoogte van het allergrootste belang. De dijk moet onder alle omstandigheden het water kunnen keeren en in elk geval moet de kruin dus niet lager zijn dan de hoogste waterstand, die kan voorkomen. Hoe hoog die waterstand kan zijn hangt van verschillende factoren af.

Niet alleen, dat de kruin niet lager mag zijn dan de hoogste waterstand, vrijwel zonder uitzondering moet ze hoger, veelal belangrijk hoger zijn, dan die hoogste stand, 1e omdat bij storm het wateroppervlak in meer of minder heftige golvende beweging is en, waar golven worden gekeerd, zooals tegen den dijk het geval is, deze hoger oploopen.

Loopen golven over den dijk, dan kan dit den dijk in gevaar brengen; menige doorbraak is er aan te wijten en het is in 't algemeen dan ook zaak, dat de kruinshoogte zoo groot is, dat alle overloop van golven wordt voorkomen;

2e omdat het bovendeel van een dijk in den regel niet bijzonder dicht is. Voor hoog water vluchtende mollen maken er gangen in, puin- of steenlagen of een zandbed onder wegverhardingen zijn waterdoorlatend — en op menige plaats treft men ze op de dijkskruin aan —, uitdroging, plantenwortels enz. maken in andere gevallen de bovenlaag on dicht.

Door inklinking, afspoelen, aftrappen, wegwaaïen enz. van grond heeft op den duur allicht eenige verlaging plaats en het is daarom noodig, althans zeer wenschelijk, dat aan dijken overhoogte wordt gegeven, hoeveel hangt van omstandigheden af. De geheele overhoogte, althans een deel daarvan, kan mede dienen tegen overloopen van golven.

3e omdat een dijk en vaak ook de grond daaronder inklinkt. Dit inklinken is wel een tijdelijk proces, dat voornamelijk optreedt tijdens en kort na den aanleg van den dijk, maar het kan onder sommige omstandigheden toch vele jaren aanhouden.

De omvang en duur hangt vooral af van den aard en de wijze van verwerken van de dijkspecie, den aard der grondlagen onder de zate en van de wisseling van de grondwaterstanden;

4e omdat de bodem van Nederland daalt, althans de ligging ten opzichte van de zeestanden lager wordt.

Al is het in de meeste gevallen niet bijzonder bezwaarlijk, den dijk periodiek iets te verhoogen om zoo de bodemdaling te compenseeren, toch is het veel beter, die daling voor te zijn en bij het bepalen van de hoogte van een dijk, alvast op b.v. de daling gedurende een eeuw, te rekenen.

§ 4. Waterstanden.

In den loop der jaren zijn omtrent stormen en de waterstanden langs onze kusten vele gegevens verzameld. Voor de dijken zijn vooral de hoogste stormvloedstanden van zeer groot belang. Vaak zijn ze bij de bepaling van de hoogte zelfs maatgevend, omdat men geneigd is, aan te nemen, dat de hoogst bekende stand, in de toekomst niet zal worden overschreden.

Die verwachting wordt nog al eens beschaamd. Stormvloeden, berucht om hun hoogte en de jammerlijke uitwerking, die ze hadden, zijn in de latere jaren dan hier, dan daar, door nog hoogere vloedten overtroffen. De gevolgen waren vaak zeer noodlottig en het is daarom van belang, na te gaan, wat de toekomst in deze zal kunnen brengen.

De waterstanden langs onze kusten worden beheerscht door de tijbeweging, door opstuw- ing en afwaaiing door wind en op sommige plaatsen nog door de z.g. trechterwerking, dat is het opstuwen tegen de kusten door de verkregen stroomsnelheid, in landwaarts vernauwen- de inhammen.

Het aandeel, dat de getijbeweging of het astronomisch getijde, in de verandering van de zeestanden heeft, kan voor elke plaats en voor ieder tijdstip nauwkeurig worden berekend. De getijden storen zich niet aan den wind, doch zijn onderworpen aan vaste wetten, zoowel wat betreft tijd als hoogte.

De getijbewegingen worden vooral veroorzaakt door de aantrekkingskracht van de maan, de zon en de aarde; de getijhoogte op een bepaalde plaats verandert, zoolang de diepte en vorm der zee gelijk blijven, uitsluitend door de verandering van den onderlingen stand der hemellichamen en de bewegingen der aarde.

Voor de berekening der getijden heeft men de tijdbeweging langs onze kusten, gesplitst in een 10-tal zelfstandige golfbewegingen, ieder met eigen periode en hoogte. De voornaamste van die golven vallen het beste samen tusschen één dag vóór en 4 dagen na volle en nieuwe maan, zoodat dan hooge vloed- en lage ebstanden, de z.g. spring- of gierstroomgetijden voorkomen. Vallen ook de andere golven met die getijden samen in den zelfden zin op den zelfden tijd, dan ontstaan extra hooge vloedten.

De waterbeweging wordt op zeer onregelmatige en niet te voorspellen wijze beïnvloed door den wind, en die invloed begint al dagen te voren, uit den aard der zaak het sterkst bij storm. Stormen zijn zeer ongelijk van duur, kracht en verloop, maar zooveel regelmaat heeft men er toch in ontdekt, dat men spreekt van normale en abnormale stormvloedten.

Bij normale stormvloedten wordt al een paar dagen voordat de storm hier losbreekt, het water uit den Atlantischen Oceaan naar de Noordzee opgestuwd en zeer waarschijnlijk wordt daarvóór, het water al door langdurige en hevige westenwinden naar het oostelijk deel van den Atlantischen Oceaan opgedreven. De waterstanden in het Zuidelijk deel van de Noordzee, in de Wadden en de Zeeuwsche stroomen zijn daardoor al beteekenend verhoogd voor en aler hier de storm heerschen gaat. Dan breekt de storm ook hier los uit het zuiden en zuidwesten en jaagt het water verder op tegen onze kusten.

Op ondiepe plaatsen is de opstuwing grooter dan waar meer diepte wordt aangetroffen. Het opgestuwde water vloeit n.l. voor een deel langs den bodem terug en die tegenstroom ontmoet op ondiepe plaatsen den meesten tegenstand en is dus minder krachtig dan waar de diepte groot is.

De tegenstroom is oorzaak, dat de opwaaiing niet in rechte reden toeneemt met den duur dier opwaaiing, daar die stroom te krachtiger wordt, naarmate het verhang en de diepte door die opstuwing toenemen. Er zal daardoor een evenwichtstoestand kunnen ontstaan, zoodat bij langer duur van den storm geen verdere verhooging door opstuwing meer plaats heeft.

De mate van opstuwing loopt voor verschillende plaatsen langs onze kusten nogal uiteen, door de ongelijke diepte voor de kust, maar ook wegens de ligging ten opzichte van het Engelsch Kanaal en de Deutsche bocht en het al of niet aanwezig zijn van inhammen (Zeeuwsche stroomen, rivieren, Wadden, Lauwerzee en Dollard).

In hooge mate wordt ze ook beïnvloed door het (normaal of abnormaal) verlopen en de kracht van den storm.

Doordat de tijdbeweging nauwkeurig voor elke plaats en elk tijdstip kan worden berekend, kan van waargenomen waterstanden worden nagegaan welk aandeel de opstuwing in die standen heeft gehad en zoo kan uit het verloop van een serie stormvloedten weer worden gevonden, hoeveel de maximum opstuwing tijdens die stormen aan de verschillende kustplaatsen heeft bedragen.

Nu is het heel niet zeker of er te eeniger tijd geen stormen zullen voorkomen, waarbij de opstuwing nog weer grooter zal zijn dan die bij de tot dusver voorgekomen stormen is ontstaan, maar toch wordt door dergelijke berekeningen de h o o g s t m o g e l i j k e stand, die op een bepaalde plaats kan voorkomen, beter benaderd, dan door den hoogst bekenden stand

te vereenzelvigen met den hoogst mogelijken stand, zooals bij gebrek aan betere gegevens zoo dikwijls is geschied.

Van hoe groote waarde het kennen van de maximale opstuwing tijdens hooge stormvloed is, blijkt uit berekeningen van den Heer P. H. Gallé, toenmaals Adj. Directeur van het meteorologisch instituut te De Bilt, die de stormvloed van 22 December 1894, 12 Maart 1906 en van 13 Januari 1916 heeft ontleed voor 17 kustplaatsen in het noorden van ons land (zie „stormvloed langs de Noordzee- en Zuiderzeekusten, uitgave Zuiderzee-vereeniging 1917).

Van de plaatsen, die niet daarna door den afsluitdijk van de Noordzee zijn afgesloten, is de grootste opstuwing tijdens genoemde stormen in onderstaand staatje vermeld.

Plaats	Maximale opstuwing tijdens den storm van		
	22 December 1894	12 Maart 1906	13 Januari 1916
	cm	cm	cm
Nieuwe Statenzijlen	443	358	419
Delfzijl	400	291	355
Zoutkamp	378	326	326
Roptazijl	260	241	250
Harlingen	251	204	252
Vlieland	231	176	205
Den Helder	209 of 195	195	215

De grootste opstuwing viel bij geen der drie stormen samen met het astronomisch hoogwater. In onderstaand staatje zijn de hoogste waargenomen standen (in cm + N.A.P.) vermeld en tevens de standen die zouden zijn ontstaan als de grootste opstuwing wel met astronomisch hoogwater ware samengevallen. Het verschil is mede vermeld.

	Nieuwe Staten- zijlen	Delf- zijl	Zout- kamp	Ropta- zijl	Harlin- gen	Vlie- land	Den Helder
Hoogste stand op 22 Dec. 1894	423	385	369	293	270	287	248
Hoogste stand als de grootste stuwing op dien dag was sa- men gevallen met H.W.	574	515	485	325	311	309	257
Vershil	+151	+130	+116	+ 32	+ 41	+ 22	+ 9
Hoogste stand op 12 Mrt 1906	515	451	422	318	275	252	200
Hoogste stand als de grootste stuwing op dien dag was sa- men gevallen met H.W.	515	451	435	320	275	252	234
Vershil	0	0	+ 13	+ 2	0	0	+ 34
Hoogste stand op 13 Jan. 1916	506	425	394	281	273	220	175
Hoogste stand als de grootste stuwing op dien dag was sa- mengefallen met H.W.	534	460	417	312	307	263	261
Vershil	+ 28	+ 35	+ 23	+ 31	+ 34	+ 43	+ 86

De Heer Gallé noemt de stormvloed van 22 December 1894 een zwak ontwikkeld dood tij met sterk ontwikkelde stuwing; de stormvloed van 12 Maart 1906 een matig ontwikkeld springtij, vrijwel gelijktijdig optredend met een matige stuwing; de stormvloed van 13-14 Januari 1916 een vloed met gemiddelde getijhoogte en buitengewoon sterk ontwikkelde stuwing.

Bij geen der drie vermelde stormen viel dus een sterk ontwikkeld springtij samen met een buitengewoon sterk ontwikkelde stuwing.

De mogelijkheid bestaat echter, dat dit te eeniger tijd wel het geval zal zijn en dan dus de hoogst bekende standen zullen worden overschreden.

Om eenig inzicht te geven wat de toekomst in deze zal kunnen brengen, is in onderstaand staatje het hoogste astronomische hoogwater in het willekeurig gekozen jaar 1918 voor de verschillende plaatsen vermeld en daarnaast de grootste opstuwing, die de heer Gallé berekende uit de stormvloedsstanden van 22 December 1894, 12 Maart 1906 en 13 Januari 1916. Door samentelling van die getallen vindt men de standen, die zouden zijn ontstaan, als de genoemde factoren waren samengevallen.

De laatste kolom van het staatje geeft aan, hoeveel de hoogst bekende stand dan zou zijn overschreden.

Plaats	Hoogste astron. H.W. in 1918 cm+N.A.P.	Grootste opstuwing (1894, 1906 of 1916) cm.	Mogelijke stand cm+N.A.P.	Hoogst bekende stand		Verschil in cm
				datum	hoogte in cm+N.A.P.	
Nieuwe Stantenzijlen	159	443	602	Jan. 1877	541	61
Delfzijl	148	400	548	Febr. 1825	460	88
Zoutkamp ...	135	378	513	Febr. 1825	445	68
Harlingen ...	87	252	339	Febr. 1825	293	46
Vlieland	98	231	329	Dec. 1894	287	42
Den Helder .	59	215	274	Dec. 1894	248	26

Naar aanleiding van de zeer hoge waterstanden, die bij den stormvloed van 13 Januari 1916 voorkwamen op den Rotterdamschen Waterweg werd een Staatscommissie ingesteld en als secretaris dier Commissie berekende de heer Gallé ook voor Hoek van Holland op de boven geschetste wijze, de grootste opstuwing, bij de stormvloeden van 22 December 1894, 23 Januari 1895 en 13/14 Januari 1916.

Die stuwing bleek achtereenvolgens 266, 264 en 280 cm te hebben bedragen, terwijl uit berekeningen voor Katwijk en Hellevoetsluis uit gegevens betreffende den stormvloed van 3/4 Februari 1825 bleek, dat ook bij dien storm de opstuwing te Hoek van Holland 280 cm moet hebben bereikt.

In de wintermaanden is het astronomisch hoogwater te Hoek van Holland meermalen 120 tot 130 cm+N.A.P. De hoogst bekende stand kwam hier voor op 22 December 1894, n.l. 3,28 m+N.A.P.

Als de bovengenoemde opstuwing van 280 cm. te eeniger tijd samenvalt met het hoogste astronomische hoogwater van 130 cm+N.A.P., dan zal een stand worden bereikt van 280+130=410 cm+N.A.P. of 82 cm hooger dan de nu hoogst bekende stand.

De hoogst bekende standen in Zeeland zijn in hoofdzaak die van 12/13 Maart 1906. Toen viel daar het hoogste astronomisch getijde van dat jaar samen met storm, die het hevigst was tegen den tijd van hoog water en was de opstuwing te Brouwershaven 186 cm en te Vlissingen 161 cm.

Bij den minder hoogen stormvloed van 22/23 December 1894, die samenviel met dood tij, was het verschil tusschen astronomisch hoog water en den hoogsten stand te Brouwershaven, 261 en te Vlissingen 230 cm.

Wanneer de opstuwing op 12/13 Maart 1906 die maat had bereikt, dan zou de hoogste bekende stand te Brouwershaven met $261 - 186 = 75$ cm en te Vlissingen met $230 - 161 = 69$ cm zijn overschreden.

Dat de hoogste bekende stand te Hoek van Holland met niet minder dan 80 cm zal kunnen worden overschreden, een overschrijding waarop de waterkeeringen langs den Rotterdamschen Waterweg o.a. in het havengebied van Rotterdam niet zijn berekend, bracht genoemde Staatscommissie voor den Waterweg (benoemd bij K.B. van 20 Maart 1916 no. 23) er toe, zich af te vragen, of het noodig is, zich op zulke hooge standen in te stellen, waar deze kennelijk maar zelden voorkomen. Ze zette berekeningen op, om na te gaan hoe groot de kans is, dat in een bepaald jaar een vloed van zekere hoogte zal optreden. Die kansrekening leidde tot de uitkomst, dat te Hoek van Holland de hoogste bekende stand van $3.28 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ zal kunnen worden overschreden: door een stand van $3.40 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ en hooger éénmaal in 68 jaar;

door een stand van $3.50 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ en hooger éénmaal in 144 jaar;

door een stand van $3.80 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ en hooger, éénmaal in 2200 jaar en door een stand van $3.90 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ en hooger éénmaal in 17500 jaar.

Door Ir. P. J. Wemelsfelder, Ingenieur bij den Algemeenen Dienst van den Rijkswaterstaat, werd in het weekblad „De Ingenieur” 1939 No. 9, Bouw- en Waterbouwkunde 3, de wetmatigheid in het optreden van stormvloeden, voor Hoek van Holland opnieuw onderzocht. In het 50 jarig tijdvak 1888—1937 bleken ongeveer 17500 H.W. standen te zijn voorgekomen, die hooger waren dan het gemiddelde H.W. ($0.88 \text{ m} + \text{N.A.P.}$). Aan de hand van die H.W. standen werd op logarithmische schaal de frequentie kromme fig. 2 geteekend, nadat was nagegaan, hoeveel van die H.W.'s het peil van $100 \text{ cm} +$, $110 \text{ cm} +$, $120 \text{ cm} +$ enz. tot $320 \text{ cm} +$ hebben overschreden. Het gedeelte van de lijn, dat op deze grafiek het gemiddelde aantal per jaar van die standen aangeeft, is aan het einde, dat de hoogere standen omvat, vrijwel recht en dit wettigt het vermoeden, dat die rechte lijn voor de nog hoogere standen wel eenigermate kan worden verlengd, zonder grove fouten te maken.

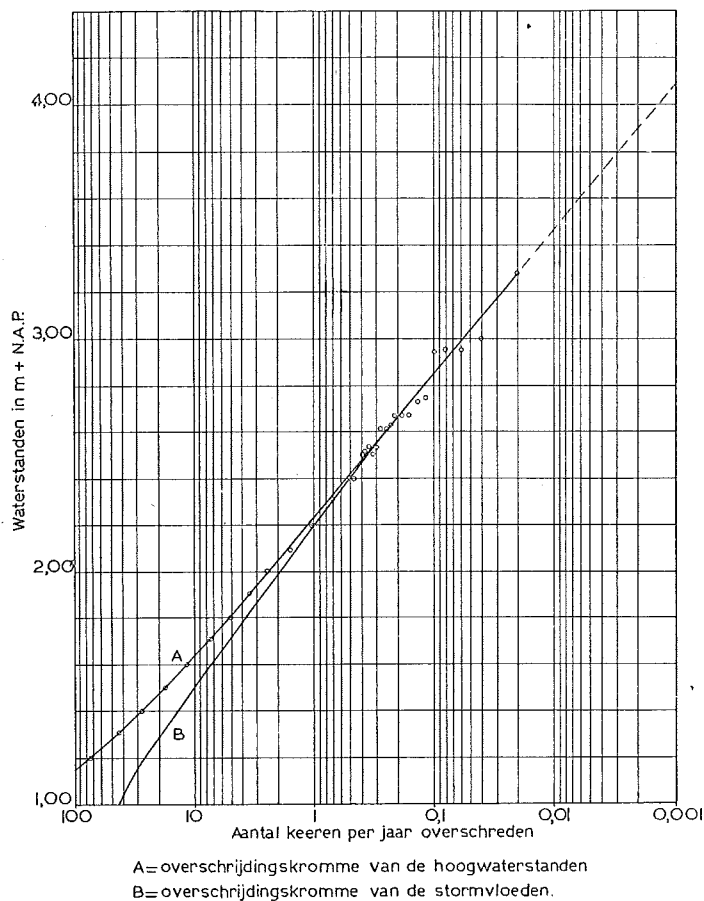


Fig. 2. Aantal en hoogte der stormvloeden te Hoek van Holland in het 50 jarig tijdvak 1888—1937.

De grafiek geeft voor een stand van 4.08 m+N.A.P. en hooger een kans aan van 1 maal in 1000 jaar en voor een stand van 3.90 m+N.A.P. een kans van 1 maal in 500 jaar, een kans die niet zoo onbeduidend klein lijkt als de Staatscommissie had gevonden.

Die Staatscommissie gaf in overweging geen rekening te houden met verschijnselen, die zich volgens haar kansrekening nog niet éénmaal per eeuw zullen voordoen, een advies, dat ongetwijfeld werd ingegeven door de groote moeilijkheden, die zouden ontstaan, als de reeds te laag gebleken waterkeeringen in en bij Rotterdam belangrijk moesten worden verhoogd. Men heeft aanvankelijk dat advies aanvaard, doch bij den wederopbouw van Rotterdam zal nu toch veel meer met die z.g. kleine kans op hooger stormvloeden rekening worden gehouden. Voor de veiligheid achter waterkeeringen in het algemeen is een advies als dat der Commissie, funest. Het versterkt de ten opzichte van dijken al veel te sterke neiging tot optimisme, tot het uitstellen van verbeteringen om de kosten of anderszins. Op het gebied van verzekeringen tegen schade door brand, hagel, inbraak, molest, ziekte enz. enz. gaat men — terecht — geringe kansen niet zoo lichtvaardig voorbij. Dit wel te doen als het rampen als overstromingen betreft, lijkt onvergeeflijk lichtvaardig. Immers, als een stand gemiddeld eenmaal in een zekere periode voorkomt, beteekent dit volstrekt niet, dat de vervulling komt aan het einde van die periode. Evengoed is dit mogelijk aan het begin, of wellicht is al een groot deel van die periode verstreken zoodat het noodlot zich al in dit, of in een der eerstkomende jaren zal voltrekken.

De berekeningen van den heer P. H. Gallé geven niet de uiterste grens, waartoe stormvloeden kunnen stijgen, doch zij geven steviger houvast dan kansberekeningen en door de tot dusver voorgekomen grootste stuwing op te tellen bij de hoogte van het hoogste astronomisch hoogwater ter plaatse, wordt de uiterste grens toch vrij dicht benaderd. Het is zeker niet overdreven, met die zoo gevonden hoogte, ten volle rekening te houden.

In onderstaande tabel zijn de hoogste bekende standen vermeld. Al die standen zullen nog weer kunnen worden overschreden, zooals uit het voorgaande blijkt. Globaal, zal die overschrijding moeten worden aangehouden op niet minder dan:

60 tot 90 cm langs den Dollard;

70 tot 90 cm langs de Groninger kust;

70 tot 95 cm langs de Friesche kust;

45 tot 80 cm langs de Hollandsche kust;

70 tot 75 cm langs de Zuid-Hollandsche eilanden en in Zeeland.

Aan eenige plaatsen benoorden den Afsluitdijk van de Zuiderzee valt ook nog te rekenen op de verhooging van de stormvloedsstanden ten gevolge van den aanleg van dien dijk, welke verhooging door de Staatscommissie Lorentz werd berekend op:

95 cm te Zurig;

60 cm te Harlingen;

10 cm te Nieuw-Bildt;

80 cm bij den Oever;

80 cm te Ewijcksluis;

45 cm te Nieuwe Diep;

25 tot 80 cm aan de binnenzijde van Texel;

30 cm aan de binnenzijde van Vlieland;

10 cm aan de binnenzijde van Terschelling.

Hoogste bekende standen aan verschillende kustplaatsen in Nederland (1940)

Plaats	Datum	Hoogte cm+N.A.P.	Plaats	Datum	Hoogte cm+N.A.P.
Nieuwe Staten- zijlen	Jan. 1877	541	Puttershoek	Jan. 1916	340
Delfzijl	Febr. 1825	460	Dordrecht	" 1916	343
Zoutkamp	" 1825	445	Alblasserdam ..	" 1916	350
Friesche sluis ..	Maart 1906	435	Sliedrecht	" 1916	348
Nieuwe Zijlen ..	" 1906	426	Hardinxveld	" 1916	365
Ezumazijl	" 1906	415	Goedereede	Dec. 1894	340
Nieuw Bildt	Jan. 1877	391	Hellevoetsluis ..	" 1894	346
Roptazijl	Maart 1906	318	Tiengemeten ...	Juni 1897	364
Harlingen	Febr. 1825	293	Numansdorp ...	Sept. 1911	365
id.	Dec. 1936	319	Willemstad	Nov. 1928	366
den Oever	Febr. 1825	235	Moerdijk	" 1928	371
id.	Dec. 1936	295	Willemsdorp ...	" 1928	352
Nieuwediep.....	" 1894	260	's-Gravendeel ..	Jan. 1916	344
Schiermonnik- oog	Maart 1906	456	Deeneplaat	Nov. 1928	341
Ameland	" 1906	356	Ottersluis	Jan. 1916	350
Terschelling ...	Febr. 1825	295	Werkendam	" 1926	360
Vlieland	Dec. 1894	287	Gorinchem	" 1926	476
Texel.....	" 1894	261	Drimmelen	" 1916	320
Nieuwediep.....	" 1894	260	Mond der Donge	" 1916	314
Den Helder	" 1894	248	Geertruidenberg	Febr. 1825	306
Petten.....	" 1863	308	Oosterhout	Dec. 1936	256
IJmuiden	" 1894	368	Dongebrug	Febr. 1877	229
Katwijk	Febr. 1825	369	Nieuwendijk	" 1889	316
Scheveningen ..	Dec. 1894	353	Keizersveer	Jan. 1916	314
Hoek v. Holland .	" 1894	328	Capelle.....	" 1916	250
Rozenburg			Capelsche veer .	" 1926	318
(Scheur)	" 1894	325	Besoyen.....	" 1916	263
Maassluis	" 1894	325	Hagoort.....	" 1920	336
Vlaardingen	Jan. 1916	322	Doeveren.....	" 1916	329
Vijfsluizen.....	Dec. 1894	331	Genderen	" 1916	333
Rotterdam	Jan. 1916	331	Heesbeen		
Kralingscheveer	" 1916	340	(Heusden)	Maart 1906	340
Gouda	" 1916	334	Oude Hoeve	" 1906	332
Krimpen a/d Lek.	" 1916	335	Scharendijke ...		
Streefkerk	" 1916	340	(Repart)	" 1906	332
Schoonhoven...	" 1916	346	Ouddorp	Dec. 1894	370
Rozenburg			Brouwershaven	Febr. 1825	375
(Br. Maas)	Dec. 1894	360	Bruinisse	Maart 1906	391
Brielle	Jan. 1916	338	Steenbergsche		
Nieuwesluis	" 1916	325	Sas	Febr. 1825	382
Spijkenisse	" 1916	320	Burgh	" 1825	365
Oud-Beijerland .	" 1916	335	Vlietepolder	Jan. 1916	350
			Colijnsplaat	Maart 1906	380
			Zierikzee	" 1906	382

Plaats	Datum	Hoogte cm + N.A.P.	Plaats	Datum	Hoogte cm + N.A.P.
Stavenisse	Maart 1906	397	Zuidkraaiert	Maart 1906	410
Goesche Sas ...	„ 1906	408	Hoofdplaat	„ 1906	430
Wemeldinge ...	„ 1906	432	Borsele	Jan. 1877	402
Gorishoek	„ 1906	434	Ellewoutsdijk	Maart 1906	410
Tholen	Nov. 1928	450	Neuzen	„ 1906	427
Bergen op Zoom	Maart 1906	485	Hoedekenskerke	„ 1906	439
Veere	Febr. 1825	382	Hansweert	„ 1906	460
Kortgene	Maart 1906	390	Walsoorden	„ 1906	460
Westkapelle	„ 1906	375	Waarde	„ 1906	470
Wielingen	Dec. 1894	416	Bath	„ 1906	483
Vlissingen	Maart 1906	392			
Breskens	„ 1906	415			

§ 5. Golfoploop.

Door wind wordt het water aan de oppervlakte in een golvende beweging gebracht en wel te sterker naarmate het heviger waait. Het bovendeel van een golf noemt men golftop, de laagte tusschen twee golftoppen, golfdal. Men neemt aan, dat de hoogte van de golftop boven en de diepte van het golfdal beneden den waterstand ongeveer gelijk zijn. De golftop kan dus bij hooge golven belangrijk hooger reiken, dan de door de peilschalen aangewezen waterstanden.

Behalve van de windkracht en — tot zekere hoogte — van den duur van de grootste windkracht, is de hoogte der golven ook afhankelijk van de waterdiepte. Zullen golven, behorende bij een groote windkracht en een bepaalde diepte tot volledige ontwikkeling kunnen komen, dan moet die waterdiepte over ten minste een bepaalde afstand of wijdte aanwezig zijn.

Daar de golven zich bewegen in de richting van den wind, geldt als wijdte de afstand tot den tegenoverliggenden oever, gemeten in de richting van den wind. Neemt in die richting de waterdiepte af naar den dijk, dan worden de golven lager naarmate ze den oever naderen. Niet alleen de hoogte, ook de periode van de golfbeweging verandert daarbij en mede daardoor ontstaan secundaire golvingen, die de hoofdgolf nu eens versterken, dan weer verzwakken.

Veel is er omtrent deze materie nog duister. Wel weet men, dat soms op een bepaalde plaats een enkele golf van buitengewone hoogte, een z.g. grondzee ontstaat en dat op andere plaatsen een of twee extra hooge golven door 3 of 5 lagere worden voorafgegaan en gevolgd.

Tijdens de stormen aan onze kusten blijft noch de windkracht, noch de windrichting langen tijd gelijk. In den regel valt de grootste windkracht samen met windrichtingen uit het noordwesten tot het zuidwesten en wordt die kracht veel geringer als de wind naar het zuidoosten tot noordoosten is omgeloopen. Afwijkingen van den regel zijn echter niet zeldzaam.

Door het golven beweegt het water aan en nabij de oppervlakte in een verticaal vlak, zich in hoofdzaak langs kromme gesloten banen, maar toch kan de horizontale beweging belangrijk zijn, al blijft de horizontale verplaatsing van het water ver achter bij de voortbeweging van de golven, behalve waar deze tegen een talud oploopen.

Worden golven gekeerd door riet, griend, bosch enz., dan worden ze daarin gedempt, loopen z.g. dood. Worden ze echter gekeerd door een beloop, wand of steile kust, dan loopen

ze daartegen omhoog. Licht het keerend vlak onder een flauwe helling, als b.v. strand, dan is de golfoploop niet of weinig hoger dan de toppen der golven.

Op minder flauwe belooien, zooals die aan dijken voorkomen, kunnen de golven oplopen tot een peil dat belangrijk hoger ligt dan hun top.

Staat de wind rechthoekig op het beloop, dan is de golfoploop het grootst en deze is te geringer naarmate de wind schuiner op den dijk staat om nul te zijn als wind en dijk dezelfde richting hebben.

Is de wind aflagdig dan worden de bij een andere windrichting ontstane golven afgeslecht of er zijn tegen en nabij den dijk geen golven.

Tegen een effen talud loopen de golven hoger op dan tegen een ruw of een met staketsels, palen, trappen, ongelijk hooge steenen enz. bezet beloop.

Tegen een ongebroken beloop is de golfoploop grooter dan tegen een beloop, dat door een of meer ongeveer horizontaal liggende bermten is onderbroken.

Er zijn dus een groot aantal factoren, die te samen de hoogte van den golfoploop bepalen. Vrijwel talloos zijn de mogelijkheden omtrent het geheel of slechts gedeeltelijk samenwerken en het elkaar tegenwerken dier factoren.

Omtrent ieders aandeel in de maximale golfoploop op een bepaald dijkvak, weet men nog bitter weinig af. Te berekenen is de golfoploop dan ook niet. Men is ten deze grootendeels aangewezen op ervaring en op waarnemingen en deze laatste zijn helaas voor menigen dijk zeer onvolledig en niet steeds betrouwbaar, terwijl ze zelden eenig houvast geven als men wil nagaan of nog hoger oploop dan werd waargenomen, mogelijk is en hoeveel de overschrijding ten hoogste zou kunnen bedragen.

De waarnemingen aan dijken bepalen zich gewoonlijk tot het opnemen van het veek- of vloedmerk (aangespoeld riet, wier, hout enz.) na den storm.

Zijn golven over den dijk gelopen, dan blijkt dat uit het aanwezig zijn van aangespoelde stoffen op den binnenberm of het binnenbeloop, veelal ook uit beschadigingen, scheuren, afgezakte of weggespoelde grasmat en grond, enz. Dikwijls heeft men waargenomen, dat golven over den dijk liepen, maar hoe dik de waterlaag was, die dan de kruin passeerde, viel moeilijk na te gaan. Hoeveel de dijk hoger had moeten zijn, opdat geen golven over de kruin zouden zijn gespoeld en in de toekomst er niet over zullen kunnen loopen, is zeer bezwaarlijk of in 't geheel niet uit de waarnemingen ter plaatse op te maken.

Nu zal in het algemeen niet ieder overloopen van golven noodlottig of schadelijk voor den dijk zijn; het is hierbij een kwestie van meer of minder. De aard van het binnenbeloop (hoogte, helling, grondsoort, begroeiing, enz.) is in dit opzicht van grooten invloed maar de ervaring heeft al voldoende geleerd, dat optimisme in deze uit den boze is en de waargenomen golfoploop overal met een grooter of kleiner percentage kan worden overschreden. Is het bij bestaande dijken al bezwaarlijk tot een, niet al te onnauwkeurige bepaling van den grootsten golfoploop te komen, voor nieuwe dijken is dat nog moeilijker.

Gewoonlijk gaat men dan te rade met hetgeen omtrent den golfoploop aan dijken in de nabijheid bekend is en corrigeert die gegevens voor zooveel de omstandigheden bij den nieuwen dijk anders zullen zijn. Omdat voor alle factoren de correctie slechts kan worden geschat, berekening van geen enkele mogelijk is, blijft de einduitkomst altijd min of meer een slag in de lucht. In de laatste jaren zijn echter door het Waterbouwkundig Laboratorium te Delft vele onderzoekingen in deze verricht, waaruit waardevolle aanwijzingen werden verkregen en de hoogte van den golfoploop in de verschillende omstandigheden al beter kan worden benaderd.

De grenzen waartusschen de hoogte van den golfoploop aan dijken zich beweegt, liggen

vrij ver uiteen. Voor de Rijks Pettemer zeewering b.v. is het verschil tusschen gemiddeld H.W. en den hoogsten stormvloedstand 2.70 m, terwijl de golfoploop op 13 Januari 1916 tot 4.50 m heeft bedragen bij een buitenbeloop van ongeveer 1 op 6 met een breeden buitenberm.

Aan de Heldersche zeewering bedroeg de grootste golfoploop op 13-14 Januari 1916, 4.— m boven den hoogsten stand op een buitenbeloop van ruim 1 op 5.

Aangenomen kan worden, dat de maximale golfoploop voor de dijken varieert tusschen 0.75 m en 5.— m. Hoe moeilijk het is, tusschen die wijde grenzen, de juiste maat te vinden, bleek o.a. bij den afsluitdijk van de Zuiderzee.

Bij het bepalen van de afmetingen van dien dijk is men zeer zorgvuldig te werk gegaan. Voor de kruin werd daarbij een hoogte aangenomen, die overloopen van golven zou uitsluiten. Voor den binnenberm, waarop een rijweg en een spoorweg waren ontworpen, werd de hoogte zoo bepaald, dat geen overspoelen door golven te vreezen zou zijn.

Toch liepen tijdens den storm van 3/4 October 1938 golven over de kruin en was de weg op den binnenberm een poosje niet te berijden, doordat er golven over liepen. Het dwarsprofiel is nu plaatselijk zoo gewijzigd dat de golfoploop meer wordt tegengegaan.

Toen na den noodlottigen stormvloed van Januari 1916 de dijken langs de westzijde van de Zuiderzee moesten

worden hersteld en verbeterd, is door den Provinciaal Waterstaat van Noordholland veel aandacht geschonken aan den golfoploop, daar al spoedig bleek, dat de rampen van 1916, in hoofdzaak aan het overloopen van golven waren te wijten.

Na een uitgebreid onderzoek werd aan die dijken, met het oog op den golfoploop, een kruinshoogte gegeven boven den hoogst bekenden stand, als in fig. 3 is aangegeven. Het schema geldt voor een buitenloop van 1 op 3.

In verband met het al of niet aanwezig zijn van voorland en de gesteldheid daarvan, de diepte nabij den dijk, de diepe geulen in de nabijheid, de ligging ten opzichte van naburige kusten, de vorm en het regime van het aangrenzend gedeelte zee, de helling van het buitenbeloop enz. werden nog correctie's ingevoerd. Voor het dijkvak Medemblik—Enkhuizen gold het schema niet. Daar was de golfoploop 1.10 m grooter dan de grootste golfoploop benoorden Medemblik en is de overhoogte op 3.60 m bepaald.

Sedert zijn door het leggen van den afsluitdijk de omstandigheden belangrijk gewijzigd, zoodat niet kan blijken of het schema en de toegepaste correcties juist waren.

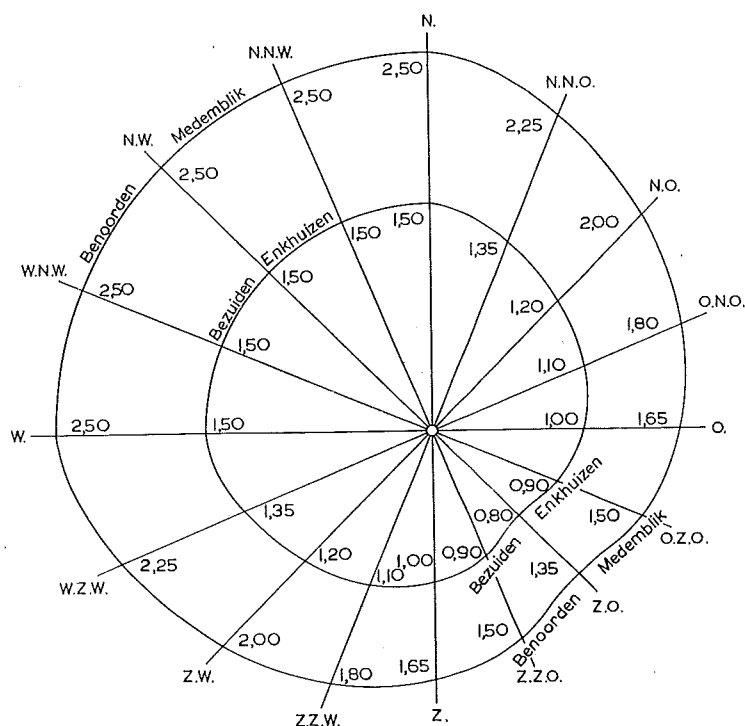


Fig. 3. Overhoogte voor den golfoploop van de Zuiderzeedijken in Noordholland volgens de verhooging na den stormvloed van Januari 1916.

Daar, zooals boven reeds werd opgemerkt, de hoogte van den golfoploop ook verband houdt met de helling enz. en de wijze van verdedigen van het buitenbeloop, is verhooging van een dijk niet het eenige middel om den golfoploop minder gevaarlijk te maken.

In verband met den aanleg van den dijk van den Noordoostpolder is b.v. bijzondere aandacht gewijd aan den invloed van buitenbermen; door proeven in het waterbouwkundig laboratorium te Delft en door aanleg van proefvakken aan den Afsluitdijk kwam men tot de conclusie, dat,

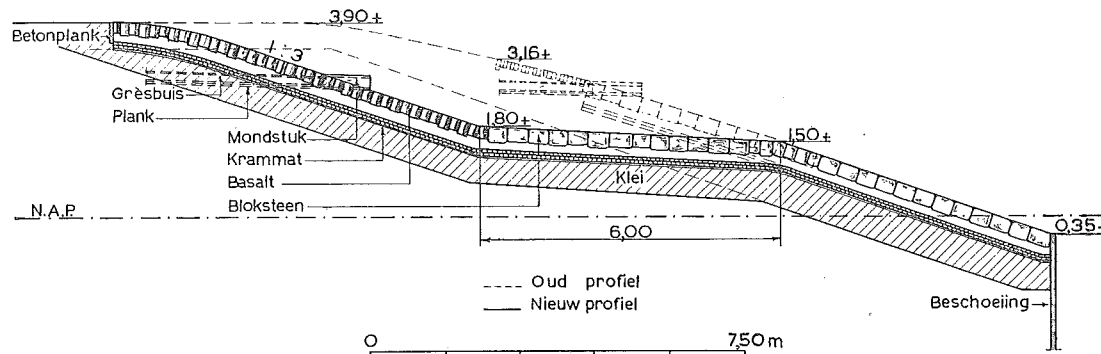


Fig. 4. Wijziging van een vak binnenbeloop van den Afsluitdijk van de Zuiderzee ter beperking van den golfoploop.

door toepassing van een buitenberm, de hoogte van den Noord-oostpolderdijk, gemeten boven N.A.P., 15% minder zou kunnen bedragen dan zonder dien berm.

Dat de golven minder hoog oploopen, als het buitenbeloop door een ongeveer horizontaal gelegen berm is onderbroken, is toe te schrijven aan den langeren weg, die de golf moet doorloopen om eenzelfde hoogte te bereiken als op een ongebroken beloop en in vele gevallen zal de oplopende golf daardoor ook meer worden gehinderd door het teruglopend water van de vorige golf, terwijl door het tweemaal plotseling veranderen van richting de kracht van de golf ongetwijfeld ook min of meer wordt uitgeput. Fig. 4.

Schieten golven omhoog over ruwe oppervlakken, of worden ze gekeerd door meer of minder hooge steile kanten, door palen, enz. dan wordt de kracht door botsingen, wervelingen, enz. voor een deel uitgeput en bereikt de golf een geringere hoogte. Het is in sommige gevallen

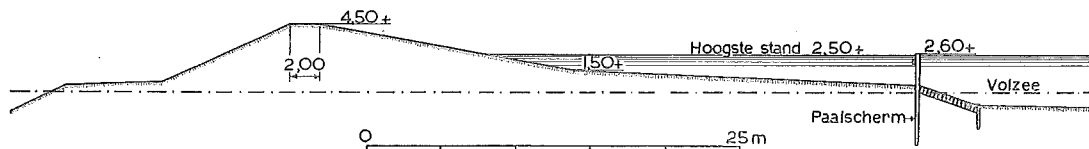


Fig. 5. Dijk met paalscherm.

zelfs mogelijk de golven volledig te dempen en zoo alle andere factoren, die anders den golfoploop beheerschen, uit te schakelen. Het beste middel daartoe is het plaatsen van nagenoeg verticaal staande wanden langs den teen van den dijk of op eenigen afstand zeewaarts daarvan, zooals vroeger o.a. langs vele Friesche dijken zijn toegepast en nu nog aan de zuidkust van Friesland en de noordkust van Wieringen in stand worden gehouden. Fig. 5 en 6.

Waar men deze paalschermen heeft opgeruimd en door meer duurzame steenglooïngen heeft vervangen, bleek het noodig den dijk belangrijk te verhoogen.

Aan de noordkust van Wieringen, waar de dijk dank zij de aanwezigheid van een paalscherm, volstaat met eene geringe hoogte, wordt het scherm van grenen palen, geleidelijk vervangen

door een ongeveer even hoog en wand van beton. Fig. 7 en 8.

Al kent men dus middelen om den golfloop te beperken, op vele plaatsen is, door het ontbreken van voorland, van een berm of van ondiep water, de toepassing daarvan te kostbaar

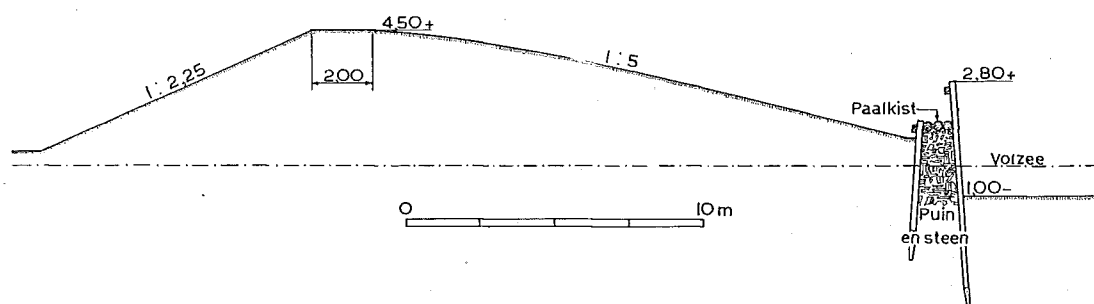


Fig. 6. Dijk met paalkist.

of slechts op beperkte schaal mogelijk. Daar blijft het bepalen van den hoogsten voor den dijk nadeeligen of gevaarlijken golfloop, een moeilijk vraagstuk en kan een te lage schatting noodlottig worden.

§ 6. Daling van den bodem of geleidelijke verhooging der zeestanden.

Er zijn tal van aanwijzingen, dat langs onze kusten de bodem ten opzichte van de gewone vloedhoogte, in den loop der eeuwen is gedaald, die daling in historische tijden een voor de zeekeringen beteekenende afmeting heeft aangenomen en er alle reden is, om aan te nemen, dat die daling nog steeds doorgaat, al is men het over de eventuele oorzaak of oorzaken en de hoegrootheid niet eens.

Verhooging van de zeestanden door het noordwaarts terugtrekken van de grens van het poolijs en het daardoor naar zee vloeien van groote massa's smeltwater, maar ook het dalen van den bodem door inklinking van dikke lagen die nog niet hun dichtste pakking hebben bereikt en bewegingen in de vaste aardkorst, worden als oorzaken genoemd.

Bij tal van grondboringen heeft men op vrij groote diepte veenlagen gevonden, die niet anders dan op eertijds droge of ondiepe plaatsen kunnen zijn ontstaan. Bij het graven van sluisputten, o.a. te Hansweert, Terneuzen en IJmuiden vond men 5 à 6 m beneden de tegenwoordige gemiddelde H.W. standen, veen met veel wortels van boomen, die kennelijk ter plaatse waren gegroeid. Sedert het ontstaan van die veenlaag moet de bodem ten opzichte van den zeespiegel stellig meer dan 6 m zijn gedaald. In hoeveel eeuwen dit geschiedde is moeilijk te schatten.

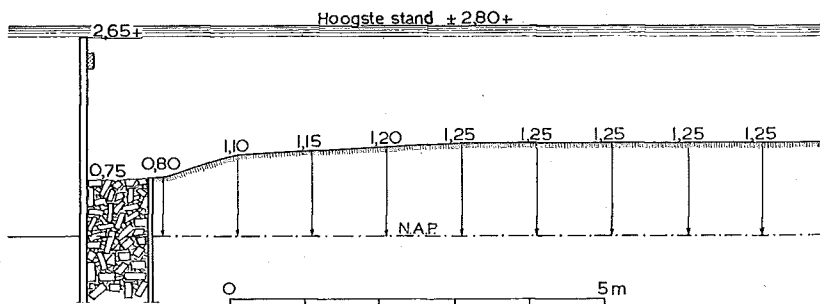


Fig. 7. Paalscherm op Wieringen.

Verschillende onderzoekers hebben getracht uit de hoogteverschillen tusschen oudere en

nieuwere polders, een maat voor de bodemdaling in de laatste eeuwen af te leiden.

Zoowel in Zeeland als in Groningen liggen de oudste polders belangrijk lager dan de nieuwste en daarin ligt een stellige aanduiding dat de bodem ook nog in de laatste eeuwen is gedaald, want op het oogenblik van bedijking moet de hoogte ten opzichte van gem. H.W. of van half tij van alle wel ongeveer gelijk zijn geweest. Door verandering van het regime der stroomen en zeegaten kan de hoogte van H.W. echter ook veranderd zijn en dan doet zich

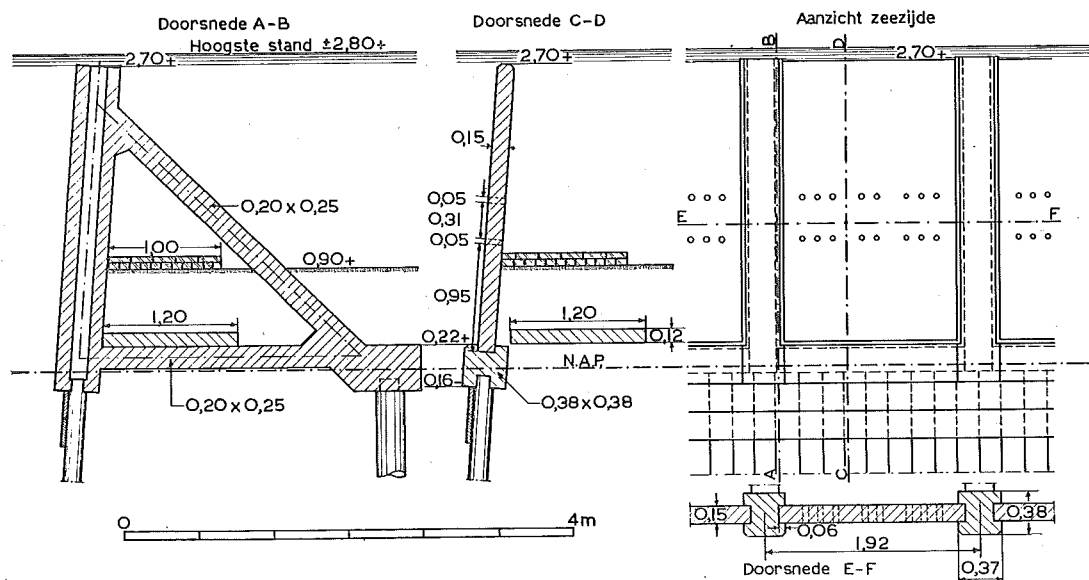


Fig. 8. Betonscherm op Wieringen.

bij polders ook nog de omstandigheid voor, dat de grond inklinkt door uitdrogen van de bovenlaag enz., en dat dit inklinken in hooge mate afhangt van de grondsoort en dus niet op alle plaatsen gelijk is.

Door een en ander geven de hoogteverschillen van polders, geen betrouwbare maat voor de daling van de kusten in het algemeen.

Ook uit de hoogte van den zool van terpen is getracht de bodemdaling te berekenen, doch ook daar stuit men op de onzekerheid omtrent de inklinking terwijl men het oneens is over de hoogte, die de zool van de terpen moet hebben gehad ten opzichte van H.W., toen de eerste bewoners zich daarop vestigden. De geregelde waarnemingen aan vele peilschalen in ons land geven de stellige aanduiding, dat de bodem daalt. Ofschoon die geregelde waarnemingen nog slechts over het korte tijdvak van omstreeks $\frac{3}{4}$ eeuw loopen en men van den ongewijzigden stand van sommige peilschalen niet zeker is, worden die waarnemingen door velen toch beschouwd als de minst onzekere gegevens ter bepaling van de maat der daling. Vrij zeker is de daling langs onze kusten niet overal gelijk.

De meeste schattingen van de bodemdaling varieeren voor ons land van 10 tot 30 cm per eeuw.

Het is voordeliger, beter en veiliger een dijk zoo hoog aan te leggen, dat hij, ondanks bodemdaling enz. voldoende hoogte behoudt, dan dat periodieke verhoogingen op betrekkelijk korten termijn, noodig zouden kunnen zijn. Het verdient daarom alle aanbeveling, bij aanleg of verzwaring in elk geval op bodemdaling te rekenen en daarvoor b.v. 25 of 30 cm aan de noodig bevonden hoogte toe te voegen.

§ 7. Inklinking van de zate en van den dijk. Overhoogte.

De belasting, die door aanleg van een dijk op de zate wordt aangebracht, kan zeer aanzienlijk zijn en meer of minder samendrukking van de grondlagen onder de zate is daarvan het gevolg.

Bestaat de ondergrond uit zand, dan is de samendrukking gering, veel groter wordt die, als de ondergrond slappe klei- en veenlagen bevat vooral als die lagen nabij de oppervlakte voorkomen.

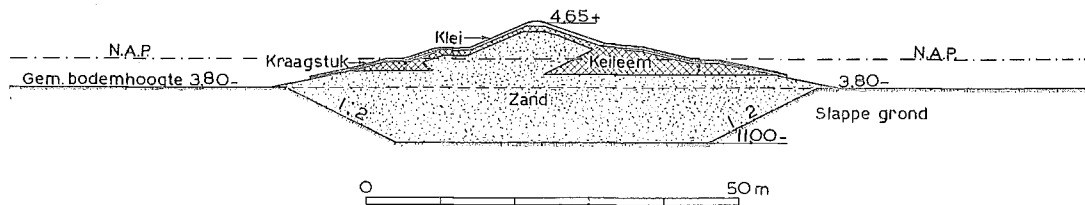


Fig. 9. Dijk van den N.O.polder op grondverbetering.

De samendrukking begint zodra met den aanleg van den dijk is aangevangen en bij sommige grondsoorten eindigt die, als de ophooging is voltooid, of zal althans na de oplevering van den dijk, geen beteekenende vergroting meer ondergaan.

In die gevallen behoeft voor die inklinking dus op geen extra hoogte te worden gerekend bij het bepalen van de kruinshoogte, waarop de dijk moet worden opgeleverd.

In andere gevallen zullen tijdens de uitvoering de slappe lagen geheel of gedeeltelijk worden weggeperst en zal alleen later nog eenige inklinking kunnen optreden voor zooveel de niet weggeperste maar saamgedrukte grond, nog niet de maximum dichtheid heeft bereikt.

Het kan echter ook voorkomen, dat slappe lagen onder de zate te diep liggen of te dik zijn om te kunnen worden weggeperst, tijdens den aanleg van den dijk of dat b.v. een niet zeer stijve kleilaag aanwezig is, waarvan het samenpersen slechts langzaam verloopt en nog door gaat, lang nadat de dijk is voltooid en opgeleverd.

In die gevallen zal uit grondboringen en beoordeeling van den grond op het oog en het gevoel, die latere inklinking moeten worden geschat.

Beter is, ongeroerde grondmonsters te doen onderzoeken op het laboratorium voor grondmechanica te Delft, waar men de maat en den duur van de inklinking kan bepalen. Het zakken van den dijk tijdens den aanleg, kan tot groote vermeerdering van het grondverzet en tot ernstige bemoeilijking van de uitvoering leiden. Het daarna nog jarenlang blijven zakken is mede een groot bezwaar. Door zwaarder en hooger aanleg is het soms definitief te ondervangen, in andere gevallen is, als de zakkingsgrens gaat overschrijden, verhooging en verzwarend noodig. De kosten daarvan zijn altijd veel hoger, dan verzwarend bij eersten aanleg, vooral als bestortingen, paalregels, steenglooïngen enz. mede wijziging behoeven. De verhooging is daarbij niet zelden oorzaak van nieuwe verzakking. Als slappe grondlagen voorkomen, die bovengenoemde gevolgen moeten doen vreezen, verdient het daarom ernstige overweging, onder de zate, de slappe lagen door graven of baggeren te verwijderen en ze te vervangen door steviger grond. Als steviger grond komt, vrijwel uitsluitend zand in aanmerking.

Waar men een grondverbetering door middel van zand toepast, zal er op moeten worden gelet, dat dit niet mag kunnen leiden tot kwel.

Tot z.g. doorpersen van slappe lagen en tot het verwijderen van slappe grond uit de zate, is men eerst in de laatste jaren overgegaan. Het laatste geschiedde o.a. onder gedeelten van den dijk van den Noordoostpolder, Fig. 9.

Op een vak onder dien dijk, waar de te verwijderen slappe laag een dikte had van 15 m, heeft men

ter beperking van het grondverzet, maar een deel van de slappe grond verwijderd. De rest is door de ophoogingen zooveel samengeperst, dat geen langdurig nazakken van den dijk wordt gevreesd. Fig. 10.

Een dergelijke werkwijze, waarbij de slappe grond het minst of in 't geheel niet wordt verwijderd ter plaatse van den zwaarsten druk van den dijk, kan licht tot mislukking leiden, als

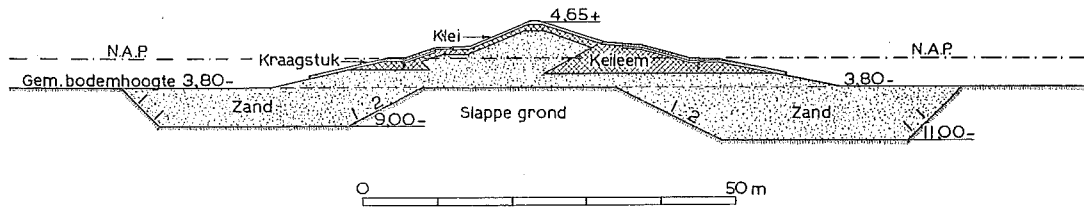


Fig. 10. Dijk van den N.O.polder op grondverbetering.

niet van te voren door een uitgebreid en deskundig onderzoek, alle mogelijkheden zijn nagegaan en de werkwijze en omvang der grondverbetering nauwkeurig zijn bepaald en de nazakking is berekend.

Niet alleen onder de zate heeft inklinking plaats, ook de dijk zelve zal inklinken, daar verwerkte grond aanvankelijk geen dichte pakking heeft en door belasting, waterbeweging enz. op den duur dichter wordt.

Voor een belangrijk deel verloopt de verdichting van de grond ook hier al tijdens of kort na de uitvoering.

Bij het bepalen van de hoogte van den dijk wordt gewoonlijk geen overhoogte voor deze inklinking in rekening gebracht; de dijk wordt eenvoudig een zeker percentage hoger dan de bepaalde maat, aangelegd. Dat percentage wordt in den regel ter keuze van den aannemer van het werk gelaten, want hoeveel de klink zal bedragen, hangt vooral af van de wijze en duur van de uitvoering en den aard van den te verwerken grond.

Bij misschatting is de aannemer toch, volgens par. 110 der A.V. gehouden, de dijk op de bepaalde maat of op die maat plus een bepaalde overhoogte, op te leveren. De inklinking van de zate, tot aan het tijdstip van oplevering, is dus mede in dat risico begrepen.

De daarna nog optredende klink valt echter niet te verwaarlozen. Zoo zakte b.v. de in 1908 aangelegde dijk bij de Nieuwe Statenschutsluis aan den Dollard, die geheel van klei is gemaakt — voor een deel was die vrij week — in den loop van de eerste 30 jaren na den aanleg nog 45 à 50 cm, d.i. 8 à 9% van de hoogte boven de zool.

Zooals in par. 3, sub 2 al is vermeld, moet bij dijken nog op een blijvende overhoogte worden gerekend, omdat de bovenste laag van de kruin zelden zóó dicht is, dat die als waterkeering de volle waarde heeft, terwijl door mechanische invloeden eenige hoogte verloren kan gaan.

Waar de golfoploop niet is onderschat en dus geen golven over de kruin lopen, is de ondichtheid van die bovenlaag geen groot bezwaar. Wel is dat het geval als er wel golven over den dijk zullen kunnen lopen. Dan kan de losse grond door die golven worden weggespoeld en dus plaatselijk verlaging van de kruin ontstaan op een moment, dat dit het meeste gevaar oplevert.

De vermindering van de kruinshoogte door mechanische invloeden als wegwaaien, afrollen, aftrappen enz. neemt bij goed onderhoud en bij niet te geringe kruinsbreedte en niet te steil binnenbeloop, geen groote afmetingen aan. Met 5 à 10 cm overhoogte is in deze kruinsverlaging veelal wel te voorzien.

De totale hoogte van de kruin wordt dus bepaald door de volgende factoren:

- 1°. de hoogste bekende stand;
- 2°. de maaat waarmee de hoogste bekende stand nog kan worden overschreden bij het meer dan tot dusver samenvallen van alle omstandigheden, die een hoogen vloed kunnen veroorzaken, als vermeld in par. 4,;
- 3°. voor sommige plaatsen nog een extra verhooging van de waterstanden tengevolge van uitgevoerde werken, o.a. voor die benoorden den afsluitdijk van de Zuiderzee tot Nieuw Bildt en Terschelling;
- 4°. de golfoploop, varieerend van 0.75 tot 5.— m;
- 5°. de bodemdaling of verhooging van den zeespiegel, waarvoor 25 à 30 cm in rekening zal zijn te brengen;
- 6°. de inklinking van de zate, na de voltooiing en eerste oplevering;
- 7°. de inklinking van den dijk na de voltooiing en eerste oplevering;
- 8°. de compensatie van verlaging door mechanische invloeden, waarvoor 5 à 10 cm kan worden aangenomen, mits de kruin een niet te geringe breedte heeft en de beloopte niet te steil zijn. Is dit wel het geval, dan 15 cm of meer.

§ 8. De zate of het staal en de zool.

In verhouding tot de hoogte, heeft de zate bij zeedijken altijd een belangrijke breedte. Bij de schraalste dijken is de verhouding 1 : 4, bij de zwaardere kan die 1 : 12 of meer bedragen.

Die groote breedte is van veel belang. Van verschuiving door waterdruk van den dijk over de zate, waarvoor men vroeger wel vreesde of waaraan men doorbraken toeschreef, is nimmer sprake.

De grond waarvan de dijk wordt opgeworpen is meer of minder waterdoorlatend en tengevolge van het bij doorstroomen of doorsijpelen van water door den dijk optredende drukverlies, zullen de nadeelen daarvan te geringer zijn naarmate de zate breeder en de kwelweg langer is.

De aard en dikte van de verschillende grondlagen onder den dijk zijn voor de waterkeering van groot belang. Toch wordt de plaats van den dijk bijna altijd door andere factoren dan door de eigenschappen van de zate bepaald; men aanvaardt dus de zate ook al is die minder geschikt en tracht bezwaren te ondervangen.

Die bezwaren kunnen zijn:

- 1e te geringe draagkracht;
- 2e te groote doorlatendheid voor water.

Door veenlagen kunnen beide bezwaren tegelijk optreden, door slappe kleilagen alleen het eerste, door zand- en grindlagen alleen het tweede bezwaar.

Bij aanleg van zeedijken komt het zelden voor, dat een veenlaag zich aan de oppervlakte bevindt. De veenlagen, als die ter plaatse voorkomen, zijn daar, bijna zonder uitzondering, door eene laag zand, door klei of door beide bedekt. Het hangt nu van de dikte en de stijfheid (bij klei) van de deklagen en van de dikte en stevigheid van de veenlaag af, hoeveel zakking zal optreden, of de bovenlaag daarbij zal breken, of de veen al of niet zal uitwijken en of de veen of een deel daarvan, zooveel zal worden samengedrukt, dat niet alleen de draagkracht maar ook de dichtheid voldoende wordt.

Het vergrooten van het draagvermogen van de bovenlaag, door er een rijzenbed op te leggen, — een oud middel, dat bij aanleg van wegen en spoorwegen, en ook bij ringkaden en meerdijken, meermalen is toegepast —, is bij den aanleg van zeedijken niet bijzonder aan te bevelen.

Een rijzenbed kan de kwel verergeren en boven water is het vergankelijk zoodat zetting en holten z.g. zuigers daar te eeniger tijd zullen kunnen ontstaan.

Het goed, zoo mogelijk tot waterdichtheid samenpersen van de slappe laag, is van meer belang dan besparing op het grondverzet.

Toch wordt rijshout — voor zinkstukken en pakwerk — ook wel in het lichaam van zeedijken verwerkt, doch gewoonlijk slechts dan, wanneer bij de uitvoering de grond tegen wegspoelen door fellen stroom, als b.v. in sluitgaten, moet worden beschermd. Men neemt dan de nadeelen op den koop toe en tracht die onschadelijk te maken, door het rijswerk niet in doorgaande lagen over de geheele breedte van het profiel aan te brengen en het met zand of slik vol te wasschen en met klei af te dekken.

Zijn de bovenste grondlagen niet voldoende draagkrachtig en heeft de veenlaag een groote dikte, dan kan het aanbeveling verdienen tot grondverbetering over te gaan door de bovenlaag en een deel van het veen te verwijderen en door betere grond te vervangen. Verwacht mag dan worden, dat de betere grond het veen zijwaarts zal dringen en, voor zooveel dit niet het geval is, het restant onder de zate zoozeer zal worden samengedrukt, dat geen gevaar zal blijven bestaan voor kwel of verdere hinderlijke verzakkingen. Om dit resultaat met de minste kosten te kunnen bereiken, zal een nauwkeurig onderzoek van de grondlagen vooraf moeten gaan.

Beperking van het grondverzet, met de kans, dat later, b.v. als hooge waterstanden den druk op het buitenbeloop vermeerderen of hevige golfstooten den dijk doen trillen, zich verzakkingen of afschuivingen zullen voordoen, is zeer ongewenscht omdat dan het gevaar van doorbraak meteen op zou kunnen treden.

Bevindt zich onder de zate eene laag slappe vette klei of spier, dan moeten soms maatregelen worden beraamd om het daarover afschuiven of wegglijden van een deel van het dijksprofiel, te voorkomen. Soms kan de laag worden blootgelegd om uit te drogen en op te stijven. Lukt dat niet, dan kan drainage soms tot het doel leiden. Door den druk op de laag langzaam op te voeren, b.v. door den dijk in dunne lagen met lange tusschenpoozen op te hoogen, kan soms water zonder evenwichtsverstoringen uit de klei worden geperst en zoo de noodige stevigheid worden verkregen. Meestal moet het tempo dan echter al te langzaam zijn en zit er niets anders op, dan de slappe klei geheel of gedeeltelijk te verwijderen en te vervangen door zand.

Heeft de slappe kleilaag eene groote dikte, dan is laten uitdrogen, draineeren of het binnen een beperkten tijd samenpersen, in 't geheel niet mogelijk.

Bij een zeer zorgvuldige uitvoering zal het soms kunnen gelukken, zonder ernstige afschuivingen buiten de zate en zonder plotselinge daarmee gepaard gaande verzakkingen, die de uitvoering ontwrichten, den dijk op hoogte te brengen. Het is dan in elk geval noodig, ruim overhoogte aan te brengen, omdat het nazakken nog lang — allicht vele jaren — zal aanhouden.

Maar in vele gevallen zal het niet gelukken de slappe grond regelmatig weg en samen te persen, is een groot onberekenbaar grondverzet noodig en kan de uitvoering onaangename verrassingen opleveren.

Grondverbeteringen, als aangegeven in fig. 9 en 10 komen dan in aanmerking. Treft men onder de zate geen slappe lagen aan of bevinden die zich op groote diepte, en bestaat de bovengrond uit zand, dan is er geen of maar geringe inklinking te verwachten, doch dan kan de kwel later bezwaren opleveren, waartegen voorzieningen noodig zijn. Of dit al dan niet het geval zal zijn, hangt vooral af van de meer of mindere doorlatendheid van het zand en het al of niet aanwezig zijn van een deklaag van slib of klei van niet te geringe dikte.

Is het zand goed doorlatend en kan het water buitendijks gemakkelijk in dat zand toetreden, dan is de kans op kwel zeer groot.

Of die kwel meer of minder gevaarlijk en nadeelig zal zijn, hangt van verschillende omstandigheden af.

Gevaar voor den dijk kan ontstaan als het kwelwater, niet gekeerd door een waterdichte laag grond, op kan stijgen in den dijk en deze week maakt en dan uit het binnenbeloop gaat vloeien. Kan het kwelwater nabij den hiel wellen vormen, dan kan, als met het water zand wordt meegevoerd, de draagkracht van de zate achteruitgaan en kunnen dientengevolge verzakkingen ontstaan.

Door in het binnenbeloop en landwaarts van den hiel het uittreden van water te beletten, of door daar een dikke dichte kleilaag aan te brengen of daar met drainagemateriaal te voorkomen, dat met het water, zand uittreedt, kunnen de gevaren, die de kwel voor den dijk oplevert, worden bestreden.

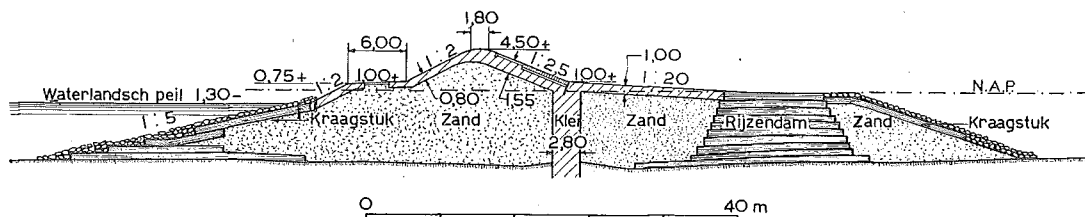


Fig. 11. Dijk met kleikist (ter plaatse van een doorbraak).

Het kwelwater zelf kan in vele gevallen nog bezwaren geven. Bij zeedijken kan het zout en de bodemverzilting, die erdoor optreedt of er door wordt verergerd, zeer nadeelig zijn voor den land- en tuinbouw. Soms kunnen door de kwel binnendijs ook te hooge waterstanden ontstaan. Komt het kwelwater terecht in polders, die worden bemalen, dan worden de bemalingskosten erdoor verhoogd. Het is daarom alleszins aan te bevelen, kwel door de zate te bestrijden, beter nog, die geheel te voorkomen.

Verschillende middelen kunnen daartoe worden aangewend. Gewoonlijk wordt daarmee niet bereikt, dat alle kwel wordt belet maar alleen dat de lengte van den kwelweg wordt vergroot en de kwel daardoor vermindert of de gevaren eraan worden ontnomen.

De middelen zijn o.a.:

- 1e. het zeewaarts langs den teen aanbrengen van eene laag slib of klei, desnoods van veengrond. Fijne deeltjes van de deklaag worden door de kwel meegevoerd tot in de zandlaag en verstoppen deze hoe langer hoe meer;
- 2e. het aanbrengen van een kleikist in de zate nabij den buitenteen. Noodig is, dat de keikist met het buitenbeloop één doorgaande keering vormt.

Wordt de kleikist aangebracht onder de kruin, zooals bij sommige dijken wel is geschied, dan dreigt — tenzij de geheele dijk van klei is opgeworpen — het gevaar, dat het door de kleikist opgekeerde water in den dijk opstijgt, over de kleikist vloeit en zoo zijn weg naar binnen kan vervolgen. Hoe dieper de kleikist reikt hoe meer de kwelweglengte wordt vergroot, hoe beter dus. Kan men de kleikist tot den onderkant van de open grondlaag doen reiken, dan vormt ze met den ondergrond en het buitenbeloop een doorgaande afsluiting, die bij goede uitvoering, alle kwel belet; Fig. 11.

- 3e. in plaats van een kleikist kan ook een dichte damwand worden aangebracht, waarvoor hetzelfde geldt, wat onder 2e is opgemerkt. Het zal van de hoogte van den bovenkant ten opzichte van de waterstanden afhangen, of de damwand van hout zal kunnen worden gemaakt of dat ijzer of gewapend beton moeten worden verkozen;
- 4e. het binnendijs langs den hiel aanbrengen van eene laag dichte grond. Hoe breder de laag hoe langer de kwelweg wordt, of althans zal kunnen worden als het middel niet faalt. De dichte laag moet hier eene belangrijke dikte hebben, want de omstandigheden zijn heel wat ongunstiger dan bij de bekleeding aan de zeezijde. Daar wordt de afsluiting door de met het kwelwater meegesleepte kleideeltjes steeds dichter, binnendijs echter geschiedt

het meevoeren van grond gemakkelijker en die vloeit met het water weg en gaat verloren. De deklaag wordt daardoor steeds opener terwijl uitdrogen en daardoor scheuren, begroeiing, het wroeten van dieren enz. op andere tijden daaraan meehelpen. Buitendijks zal in sommige gevallen de bedekking van den berm door golfslag kunnen worden beschadigd, doch de bovengenoemde beschadigingen binnendijks komen veel meer voor en zijn nadeeliger. Een dichte afdekking aan de binnenzijde kan, als de berm niet breed is en deze wordt begrensd door een diepe sloot, zooals langs tal van dijken het geval is, nog het nadeel hebben, dat het uitvloeien van water uit het sloottalud tijdens hooge zeestanden zoo sterk wordt, dat dit talud afkalft en de berm nastort. Het op grooteren afstand van den dijk leggen van de sloot, of(en) aan het sloottalud een flauwe helling geven, soms ook het aanbrengen van drainage in den vorm van een grofzand- of grindkist langs den hiel, met afvoerbuizen naar de sloot, zijn de verweermiddelen daartegen. Beter is echter de kwel tegen te gaan, door de vorengenoemde middelen aan de zeezijde. Is de bovenlaag van de zate een slecht waterdoorlatende laag b.v. een kleilaag en zal de dijk grootendeels worden opgeworpen van zand, zo dat kwel door den dijk zal kunnen optreden, dan zal het kwelwater niet naar den ondergrond kunnen wegzakken, doch over die dichte laag naar den hiel van den dijk vloeien en dan de stabiliteit van het binnenbeloop bedreigen. Om dit te voorkomen zal nabij den hiel de dijk moeten worden gedraineerd met een puin- of grindkist die door buizen of puinsleuven dwars door den binnenberm kan afwateren, of wel, onder het binnenbeloop zal de dichte grondlaag uit de zate moeten worden verwijderd en vervangen door zand, opdat het kwelwater naar den ondergrond zal kunnen afvloeien. Dit laatste middel heeft het reeds genoemde bezwaar, dat nu omgekeerd ook kwelwater uit de zate in den dijk kan opstijgen en het gevaar voor het binnenbeloop nog zal kunnen verergeren. Welke oplossing de beste is, hangt dus af van den aard en de ligging van de grondlagen in de zate, maar bescherming van het binnenbeloop door afleiding van het kwelwater is in elk geval noodzakelijk, overal waar kwel kan optreden.

De inrichting en afwatering der bermen zullen in volgende par. worden besproken.

§ 9. Voorland.

Een breed boven H.W. gelegen voorland is voor de veiligheid van den dijk van groote waarde. De golfbeweging is bij storm boven voorland minder hevig dan op diepere plaatsen en zoowel de hoogte van den golfoploop als de kracht der golfstooten en de vernielende invloed van golven en stroom worden door voorland verminderd.

Is de ondergrond waterdoorlatend, dan zal het voorland van belang zijn voor het beperken van de kwel, vooral als de grond door een, zij het ook vrij dunne, laag klei of slib is bedekt zoodat de toetreding van water slechts kan geschieden op geruimen afstand van den dijk.

Op plaatsen waar diepe geulen nog al eens van richting veranderen wordt door het voorland het gevaar verminderd, dat zoo'n geul te eeniger tijd den dijk te dicht zal naderen.

Te breed is voorland dan ook nimmer, doch bij het ontwerpen van nieuwe bedijkingen zit veelal de bedoeling voor, zooveel mogelijk geschikt terrein binnen te dijken, omdat het op de lengte van den dijk en daardoor vaak ook op de totaalkosten der bedijking, van weinig invloed is of de polder breder of smaller wordt genomen. In andere gevallen zal een dijk, hoe verder die zeewaarts wordt gelegd, des te meer grondverzet vorderen, wegens de lagere ligging van het voorland naarmate men den rand nadert en door de grootere hoogte, die de dijk behoeft met het oog op den grooteren golfoploop.

Ook komt het vaak voor, dat hoe verder men zeewaarts komt, hoe minder geschikte dijkspecie het terrein oplevert en hoe zwaarder de eischen zijn, die aan de verdediging van het buitenbeloop zullen worden gesteld.

Waar overwegingen omtrent meer grondverzet en minder geschikte dijkspecie enz. niet of

maar in beperkte mate in het geding komen, is het van belang, de minste breedte van het voorland te kennen, waarmee zal kunnen worden volstaan, of waar beneden men niet kan gaan, zonder de kosten voor den dijk onevenredig te vergrooten. Tal van beschouwingen zijn over de meest gewenschte breedte al ten beste gegeven; algemeene regelen zijn echter, waar de omstandigheden zoozeer uiteenloopen, moeilijk te stellen en kunnen hier dan ook niet worden gegeven.

Minder dan 50 m uit de laagwaterlijn zal de dijk wel nimmer met voordeel kunnen worden gelegd. Als een diepe geul aanwezig is, — zij het ook zoo gebogen dat de bolle oever aan de landzijde ligt —, als de nieuwe dijk onbeschut op de stormstreek ligt of als het voorland dikke lagen fijn zand en weinig goede dijspecie bevat, dan kan een minste breedte van 300 à 400 m noodig zijn. Uit den aard der zaak golden voor den afsluitdijk en de dijken om de polders in de afgesloten Zuiderzee geheel andere overwegingen bij het bepalen van de plaats, wijl van voorland daar in het geheel geen sprake is.

Vele der bestaande dijken, die oorspronkelijk voorland hadden, hebben dit door afslag verloren. Om te verhoeden, dat ook de dijk door de zee zal worden verzwolgen, zijn dan voorzieningen noodig, die over het algemeen kostbaar zijn en de kosten van een dijk van grond vaak ver te boven gaan. Ook het verhoogen van den dijk is gewoonlijk daarbij noodig, omdat het naderbij komen van de diepte hooger golfoploop medebrengt. Waar men maar half kan vermoeden, dat de oever later zal gaan afnemen, dient men dus een nieuwen dijk zoo te leggen, dat een breed voorland overblijft. Op een dergelijke plaats brengt een nieuwe bedijking toch nog veel risico met zich mee. In Zeeland is het herhaaldelijk voorgekomen, dat een diepe geul zich verlegde, waardoor in korte jaren al het voorland langs een dijk verloren ging ook al was dat eerst honderden meters breed.

Een treffend voorbeeld geeft o.a. de geschiedenis van den Zimmermanpolder op Zuid-Beveland, waar al kort na de inpoldering een diepe geul snel naderde en vallen ontstonden, waarbij ook een vak dijk in de diepte verdween.

Bij aanleg en verbetering van dijken wordt de benodigde grond, zoo mogelijk, uit het voorland gestoken en het is daarbij veelal niet te vermijden, dat waterdoorlatende grondlagen worden blootgelegd. Voor de veiligheid van den dijk, maar ook met het oog op kwel is het daarom noodig, met die ontgravingen den dijk niet dicht te naderen. Met ontgravingen of het losmaken van den grond voor andere doeleinden is dit eveneens het geval.

In keuren, reglementen enz. is veelal de bepaling opgenomen, dat geen grond mag worden gestoken binnen den afstand van 10 m uit den buitenteen. Dit is wel een minimale maat; in vele gevallen is het wenschelijk een grootere breedte langs den teen onvergraven te laten en is die maat op 20 m bepaald. Waar buitendijs ondicte lagen worden blootgelegd, is het nuttig, door het aanbrengen van een laagje slib of klei, de grootste ondichtheid weg te nemen. In de ontgravingen, de z.g. dijkputten bezinkt gewoonlijk al spoedig eene laag slib, die de grond weer dicht maakt. Hoe dikker de laag hoe beter; slibben de putten geheel vol, dan is meteen weer land teruggewonnen.

Om opslibbing in de putten te bevorderen, worden deze met nauwe greppels langs open slooten of rechtstreeks met de zee verbonden, opdat bij vallend water de put langzaam geheel kan leegloopen en bij elken vloed nieuw slibhoudend water kan toetreden.

Stroomingen door de putten in langsrichting van den dijk over groote lengte, zijn voor slibafzetting nadeelig en brengen zelfs het gevaar mee, dat de put wijder en dieper wordt en de buitenberm afneemt. Men geeft veelal aan de dijkputten daarom geen grooter lengte dan 100 m, laat tusschen 2 putten een dam, z.g. spekdam, onvergraven van ten minste 6 m. breedte en geeft aan de taluds daarvan een flauwe helling. De helling van het talud aan de dijkzijde van de putten, wordt bij voorkeur niet steiler gemaakt dan 1 op 3.

§ 10. Het buitenbeloop.

a. Vorm van het beloop.

Het buitenbeloop van zeedijken komt in directe aanraking met stormvloed en moet daarom bestand zijn tegen de hevige stooten van golvend water en drijvende voorwerpen als ijs-schotsen, wrakken enz. en tegen den fellen stroom, die bij oplopende en aflopende of „halende” golven op dat beloop ontstaan.

De kracht van golfstooten hangt af van de hoogte der golven, maar neemt tevens toe in reden van den sinus van den hoek, die het beloop maakt met een horizontaal vlak. De golf-oploop en de snelheid van de halende golven nemen eveneens toe naarmate genoemde hoek grooter is. Een steil beloop wordt dus heviger aangevallen, dan een flauw beloop.

Daar de golfbeweging sterker is naarmate de waterdiepte grooter is, zal bij dijken, die niet vlak langs diep water zijn gelegen en waar verhooging van de waterstanden verhoudings-gewijs dus een grooter toename van de waterdiepte veroorzaakt, de golfbeweging sterker zijn bij hoge standen dan bij lage, ook al zijn windrichting en windkracht in beide gevallen gelijk.

Aangenomen wordt, dat de uitwerking van de golfbeweging toeneemt in reden van de tweede macht der waterdiepte. Ter hoogte van den waterstand, of wellicht iets daarboven, is de kracht het grootst; op geringe diepte beneden het golfdal doet de golfbeweging geen schade.

Moet de weerstand tegen beschadiging door golven, van den grond en (of) de bekleding

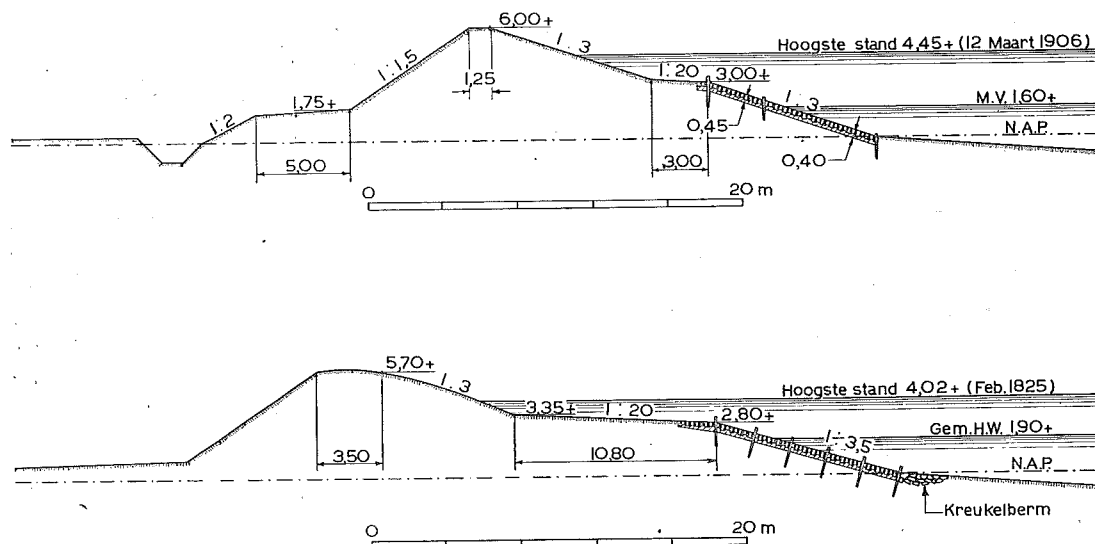


Fig. 12. Dijken met een hoogen buitenberm in Zeeland.

van een beloop, overal gelijk zijn, dan zal dat beloop nabij den teen steiler kunnen zijn dan ter hoogte van de hoogste standen, omdat bij lagere standen de waterdiepte kleiner en mede daardoor, de golfslag gewoonlijk minder hevig is; boven die hoogste standen zal het beloop steiler kunnen zijn, naarmate men de kruin meer nadert, omdat, als de dijk hoog genoeg is, de golven nabij de kruin zijn uitgelopen, hun kracht naar boven dus tot 0 afneemt. Volgens dit beginsel zou het buitenbeloop dus omgekeerd S-vormig moeten zijn. In Zeeland vindt men vele dijken, waarvan het buitenbeloop dien vorm benadert, doordat het talud is onderbroken door een hoog gelegen buitenberm, fig. 12.

De bedoeling daarvan is echter niet, het beloop overal even sterk te maken, maar veel meer om den golfloop te beperken. Het benedengedeelte, het z.g. waterbeloop wordt veelal met steenglooing verdedigd daar het elk tij door zeewater wordt bespoeld en er dus geen gras op wil groeien, terwijl op het bovenbeloop met een grasnerf kan worden volstaan. De weerstand tegen golfslag is dus zeer ongelijk.

Volgens Woltman (Beitrage zur hydraulischen Architectur) moet het buitenbeloop een bol gebogen parabolisch vlak zijn om overal even grooten weerstand tegen golfslag te bezitten. Hij noemt voor de beschrijvende lijn een andere kromme, die gemakkelijk is uit te zetten, waarbij de tangens van den hoek, die de raaklijnen met de horizontale maken, aangroeien van boven naar beneden volgens een rekenkundige reeks. A. Caland beveelt die lijn in zijn „Dijksbouw en Zeeweringkunde” warm aan, ter verkrijging van beloop, die overal in verhouding even sterk zijn en geeft een voorbeeld, waarbij voor een dijk van 7 m hoogte boven den teen, het beloop van 1 op 12 aan de kruin, geleidelijk overgaat in de helling van 1 op 5 aan den teen. Die constructie heeft, hoewel men Caland als dijkbouwkundige zeer hoog aansloeg, toch niet veel navolging gevonden, al noemt Caland zoo'n lijn niet moeilijk te berekenen, noch uit te zetten. In Duitschland heeft men Woltman in deze ook niet gevolgd. Daar maakt men integendeel het buitenbeloop zeer hol. Volgens het algemeene reglement van 1803 voor

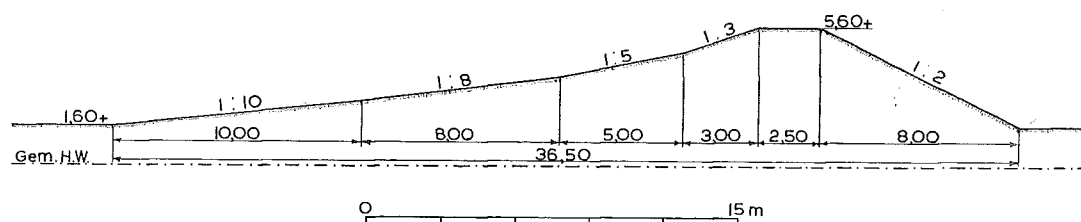


Fig. 13. Dijk aan den mond van de Elbe met hol buitenbeloop.

de dijken langs de Noordzeekust en op de eilanden daarlangs in Duitschland, moesten de dijken daar een buitenbeloop hebben van 1 op 10 bij de hoogste en van 1 op 8 (soms 1 op 6) bij de minder hoge dijken. Dit flauwe beloop reikte echter niet hoger dan tot ongeveer 2.50 m onder de kruin (verticaal gemeten). Daarboven tot aan de kruin is het beloop 1 op 3.

De plotselinge overgang van een flauw beloop in een steil, gaf aanleiding tot beschadiging door golfslag ter hoogte van of even boven het knikpunt.

Bij later aangelegde of verhoogde dijken heeft men daarom overgangshellingen gemaakt van 1 op 6 of 1 op 5, of wel men heeft het buitenbeloop achtereenvolgens 1 op 10, 1 op 8, 1 op 5 en 1 op 3 doen hellen, fig. 13 — zoodat de oplopende golven beter worden geleid en minder afslag voorkomt.

Een hol buitenbeloop komt ook aan enkele dijken in Nederland voor. Die vorm is daar echter niet te danken aan voorkeur, maar is ontstaan door het op zuinige wijze uitvoeren van een verhooging van den bestaanden dijk.

Alle theoriën omtrent beloop van overal gelijke sterkte zijn zeer aanvechtbaar. Het is niet alleen de hevigheid van den golfslag, die aan de sterkte eischen stelt, maar tevens de duur van den golfslag op een bepaalde strook van het beloop. Dit geldt vooral voor onverdedigde beloop; daarvan gaat de weerstand tegen beschadiging belangrijk achteruit als de waterstand of de golfloop ertegen lang aanhoudt. Dit laatste is geheel afhankelijk van het verloop van den storm en de astronomische getijbeweging, omtrent den duur valt niets te berekenen.

Stormvloed van geringe hoogte boven gem. H.W. komen veel vaker voor dan de zeer

hooge vloeden en het benedengedeelte van een buitenbeloop wordt in elk geval dus veel vaker door golven bespoeld dan het bovengedeelte. Daarin kan, maar behoeft lang niet overal, een reden te zijn gelegen om aan het benedengedeelte een flauwe helling te geven.

Is door groot tijverschil ter plaatse en eene beschutte ligging van den dijk, de duur der hoogste standen daarbij beperkt en de golfslag niet hevig, dan is voor het bovendeel geen zeer flauwe helling noodig, zoodat een hol profiel het meest in aanmerking komt. Ligt het benedengedeelte van het beloop zoo laag, dat het te vaak door zout water wordt bespoeld om een dichte grasmat te krijgen of te behouden, of is bij de lagere stormvloeden de aantasting van een flauw beloop al van dien aard, dat een verdediging noodig is of aanbeveling verdient, dan vervalt daarmede de aanleiding, dit gedeelte van het beloop zeer flauw te doen hellen, wat in de meeste gevallen er weer toe leidt, dat niet een hol doch een bol en soms een vrijwel recht beloop, het meest geschikt is.

Traditie geeft bij de bepaling van den algemeenen vorm en de hellingen vaker den doorslag, dan wel verantwoord is, berekeningen geven echter zelden of nooit den goeden vorm. Ervaring en praktisch inzicht alleen kunnen de beste oplossing geven.

Beloopen worden zelden als plat of als hol gebogen vlak uitgevoerd; men geeft ze z.g. tonronde. Heeft het buitenbeloop van den teen tot de kruin eenzelfde gemiddelde helling dan wordt daarboven een tonronde aangebracht, die in par. 118 der A.V. is bepaald op $1/40$ der breedte, schuin gemeten. Als beschrijvende lijn wordt soms een cirkelboog genomen, met de pijl in het midden van het beloop, waarbij de tonronde op $1/4$, $1/2$ en $3/4$ der hoogte, achter-eenvolgens $3/4$, $4/4$ en $3/4$ van de pijl bedraagt. Par. 118 der A.V. bepaalt echter, dat de tonronde wordt gemeten op $2/3$ der hoogte. De beschrijvende lijn wordt daarbij, bij benadering, een rechte lijn over het benedenste $1/3$ gedeelte en een cirkelboog over het bovenste $2/3$ gedeelte, terwijl de tonronde, als die op $2/3$ van de hoogte $1/40$ der totale breedte moet worden, op $1/3$ van de hoogte, bij benadering $1/50$ dier breedte dient te zijn.

b. Grondwerk.

Een groot watergehalte heeft op alle grondsoorten een verzwakkenden invloed. De onderlinge samenhang der korrels wordt er geringer door, of gaat geheel verloren, zoodat er gemakkelijker deeltjes loslaten van de massa; het natuurlijk talud wordt flauwer, het draagvermogen geringer, enz.

Het in den grond dringen van water moet dus zooveel mogelijk worden voorkomen. Daartoe wordt de dijk aan de buitenzijde voor een zoo groot mogelijk gedeelte en in elk geval het buitenbeloop, tot niet te geringe dikte, van slecht waterdoorlatenden grond gemaakt. Om niet gemakkelijk door golfslag te worden ontleed en door golfbeweging en stroom niet te worden weggevoerd, moet ze tevens goed samenhangend en taai zijn. Keileem en klei komen daardoor alleen in aanmerking en deze moeten dan nog vet zijn.

Daar keileem niet begroeit kan die niet worden gebruikt voor de bovenlaag tenzij die met steenglooïing wordt bekleed. Voor niet met steenglooïing te bekleeden beloop komt voor de bovenlaag dus alleen klei in aanmerking.

Vette klei heeft samenhang genoeg om eenigen tijd aan golfbeweging weerstand te bieden, doch enkel als het talud niet te steil is en de klei een dichte massa vormt, die tegen uitdrogen beschermd is.

Versch opgeworpen, niet begroeide beloop missen de benodigde dichtheid. Stampen, vasttrappen door vee, neerslaan met grijpers of sleepschoepen enz., bevorderen wel de dichtheid, en het is wenschelijk, veelal zelfs zeer noodig, die bewerking zeer deugdelijk uit te voeren, maar pas als het beloop tevens met een dichte mat van fijn gras is begroeid, zal het golfslag kunnen weerstaan.

Moeten nog nieuwe en niet of onvoldoend begroeide belooopen een stormvloed keeren, dan loopt dat zelden zonder belangrijke beschadiging af. Vroeger ging men die belooopen tegen den winter veelal tijdelijk verdedigen (met krammat of rijsbeslag). Ook nu geschiedt dit nog wel maar veel meer dan vroeger gaat men het meest aangevallen deel van buitenbelooopen terstond definitief verdedigen met steenglooïing. De kosten daarvan zijn belangrijk, maar het beloop kan steiler zijn dan zonder die verdediging en men bespaart dus wat op het grondwerk, Belangrijker dan die besparing is echter de vermindering van het gevaar voor doorbraak en ernstige beschadiging, niet het minst gedurende de eerste jaren na de uitvoering als de grond nog niet zijn grootste dicht- en vastheid heeft verkregen.

Opgemerkt moet hierbij worden, dat voor zooveel zeewater dikwijls het beloop bespoelt, geen goede grasnerf is te verkrijgen.

Beneden 0.50 m à 1.— m + Gem. H.W. (gemiddeld hoogwater), Gew. H.W. (gewoon hoogwater), M.V. (middelbare vloed) of V.Z. (volzee), valt op een grasmat niet te rekenen. Daar

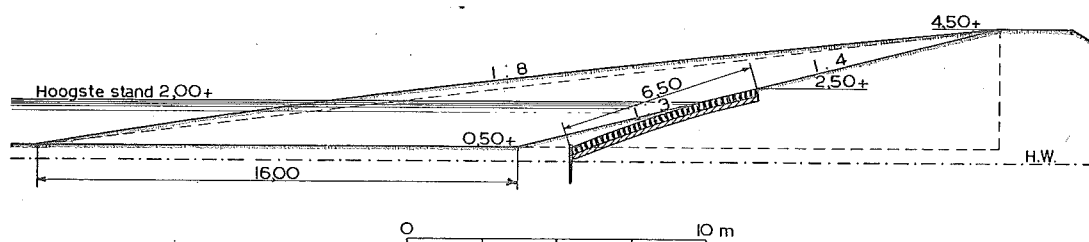


Fig. 14. Vergelijking van een versterking met grond of met steenglooïing.

is dus een verdediging altijd noodig. Slechts in enkele gevallen worden daar lichte tijdelijke verdedigingen toegepast. Regel is, het beloop daar te voorzien van een duurzame verdediging van natuursteen, gebakken steen of beton.

Het toepassen van verdediging op het buitenbeloop is in de laatste eeuw geweldig toegenomen; men gaat er nu soms al te licht toe over, want steenglooïingen hebben, afgezien van de hoge kosten, nog enkele nadeelen. Het beloop kan er steiler door zijn, waardoor de dijk lichter wordt, wat ongunstig kan zijn met het oog op kwel en aan eventueele beschadiging van het beloop nabij de kruin, een ernstiger karakter geeft, maar ookeen grootere kruinshoogte vordert. Steenglooïing begroeit niet, terwijl een goede grasmat voor hooiwinning en beweiding vaak vrij veel waarde heeft.

Voor het bedrag, dat een steenglooïing kost, kan veel grond worden verzet en kan, bij gelijke uitgaven, de dijk dus veel zwaarder worden.

Een voorbeeld geeft fig. 14.

Bij dezen dijk ligt de teen op 0.50 m + H.W. en het beloop wordt dus niet vaak door zeewater bespoeld; grasbegroeiing is derhalve mogelijk. De kruin is 4.50 m + H.W.; de hoogste waterstand 2.— m + H.W. Het buitenbeloop van 1 op 4 is niet voldoende tegen afslag bestand. Een middel daartegen is steenglooïing. Deze kan 1 op 3 zijn, reikende tot 0.50 m boven den hoogsten stand en wordt breed 6.50 m. Tegen een eenheidsprijs van f 10.— alles inbegrepen, zijn de kosten per m dijk $6.50 \times f 10. = f 65. —$. Laat men de steenglooïing achterwege, doch geeft men in plaats daarvan aan het buitenbeloop een helling van 1 op 8, waarbij geen beschadiging zal zijn te vreezen, dan zijn de kosten te zamen op:

40 m ³ grondverzet, alles inbegrepen	ad f 1.25 = f 50.—
35 m ² bezoding	ad f 0.20 = f 7.—
Totaal	f 57.—

Niet alleen dat nu de golfoploop geringer is, maar mocht te eeniger tijd toch nog verhooging van den dijk noodig worden, dan is die op dit verzwaaard beloop niet moeilijk uit te voeren en op dat met steenglooïng wel.

Als de benoodigde grond van elders moet worden aangevoerd, dan wordt de kostenverhouding minder gunstig, wat uit den aard der zaak de voorkeur voor steenglooïng zal versterken.

In tal van gevallen zal het niet mogelijk zijn de teen van den dijk zeewaarts te verplaatsen.

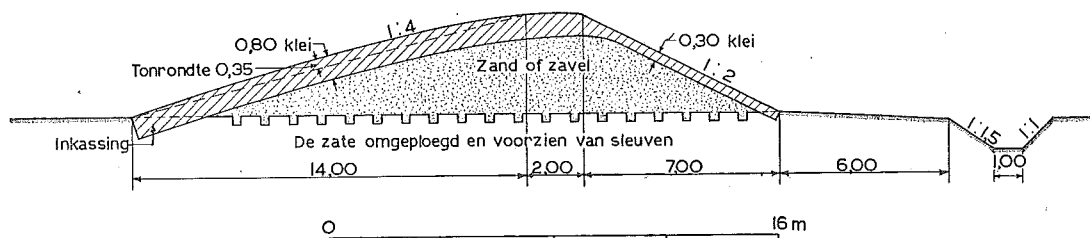


Fig. 15. Dijk met kleibekleding.

Verzwaring aan de binnenzijde geeft dan soms een goede oplossing, maar onteigening van terrein en soms van gebouwen, grondhaling uit den polder, omlegging van een weg en (of) een vaart vormen dan toch dikwijls zulke groote beletselen tegen deze oplossing, dat aanbrengen van een steenglooïng goedkooper en veel eenvoudiger is.

Boven werd opgemerkt, dat de dijk aan de buitenzijde voor een zoo groot mogelijk deel en in elk geval het buitenbeloop tot niet te geringe dikte, van dichte taale grond moet worden gemaakt.

Het komt veel voor, dat men bij dijkaanleg maar over een zeer beperkte hoeveelheid van dien grond kan beschikken. Deze wordt dan uitsluitend voor bekleding bestemd en dan rijst de vraag, met welke minimale dikte kan worden volstaan. Op het buitenbeloop gaat het gewoonlijk om dikten, die tusschen 0.40 en 1.50 m liggen. Fig. 15 en 11.

Te dunne bekledingen hebben ernstige nadeelen. Hoe dunner ze zijn hoe meer ze in droge perioden aan uitdroging en scheuren lijden. Geraken die scheuren gevuld met zeer magere grond of met zand uit de kern van den dijk, dan leiden ze tot blijvende ondichtheid. Het ergste is wel, dat bij beschadiging door golfslag, de minder goede grond bloot kan komen, waarna en de beschadiging en de ondichtheid van den dijk snel kunnen verergeren.

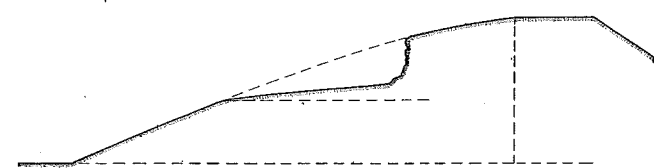


Fig. 16. Door golfslag beschadigd buitenbeloop.

De beschadiging door golfslag neemt veelal een vorm aan als in fig. 16 is aangegeven. Wordt de hoogte van den steilen rand groter dan de dikte der bekledingslaag, dan vloeit de grond onder de bekleding toe en zakt deze na; waarna ze snel door de golven wordt opgeruimd. Zakt daarbij ook de kruin weg,

dan kan dit overstorten van water en verder tot doorbraak leiden. Welke dikte van de bekleding in een bepaald geval als minimum is te beschouwen, hangt van allerlei omstandigheden af, als: de doorlatendheid en samenhang van de bekledingsgrond en ook van die in de kern van den dijk, de helling van het beloop, — want hoe steiler het beloop is hoe groter de gevaren,

die een te dunne bekleeding aankleven—, de aard en dichtheid van de verdediging (grasmat, steenglooïng, enz.), de hevigheid van den golfslag bij stormvloeden en den duur, die de hevige golfslag op eenzelfde strook van het beloop aanvalt.

De opvatting omtrent de minst toe te laten dikte der bekleeding kan nogal uiteen loopen, daar het gewicht der factoren moeilijk is te schatten, doch waar het maar even kan, dient men zich steeds aan den veiligen kant te houden en liever het grondverzet wat duurder te maken, dan de dikte der bekleeding aan den zuinigen kant te nemen.

Bij bedijking van een nieuwen polder is het vrijwel regel, dat de beste bekleedingsgrond aan de oppervlakte wordt gevonden. Om geen te bedijken terrein te verliezen, wordt geen of althans zoo weinig mogelijk grond gestoken binnen den nieuwen dijk. De buitendijks gestoken grond wordt allereerst besteed om er een kade van te maken, ter plaatse van het beneden gedeelte van het buitenbeloop; in Zeeland wordt die kade de voorversching genoemd.

Ter plaatse van de zate is in den regel ook een bovenlaag goede grond aanwezig, die men in elk geval onder de voorversching onvergraven laat. Meer binnenwaarts zal de kleilaag kunnen worden ontgraven, om er de voorversching van te maken, zoodat buitendijks meer klei voor de bekleeding beschikbaar blijft. Geheel zonder gevolgen is voor den dijk dat ontgraven niet.

Is de ondergrond zoo toegankelijk en doorlatend, dat bij hooge vloeden het water daarin onder druk komt, dan heeft uitvloeïng plaats, treedt dus kwel op uit de belopen en den bodem, maar wel het meest uit het beloop aan de dijkzijde van de binnenbermsloot, waardoor het voor kan komen, dat dit beloop afkalft of afschuift en de binnenberm nastort. Is echter een deel van de dichte laag uit de zate verwijderd, dan stijgt tijdens hooge vloeden het water, dat nu van uit den ondergrond kan toetreden in den dijk. Dit kan bij te steile binnenbelopen leiden tot afschuiving van dit binnenbeloop. Fig. 17.

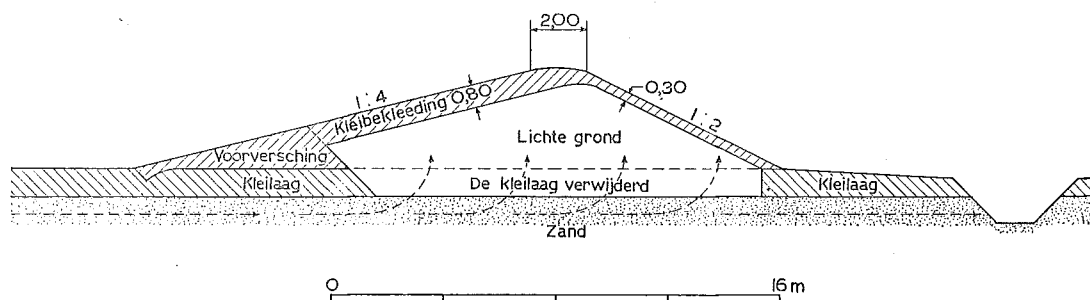


Fig. 17.

Ook al is de dichte laag nog in de zate aanwezig, dan kan dat afschuiven wel voorkomen, vooral als de bekleeding van het buitenbeloop ondicht is, te eerder als zich tijdens een regenperiode al veel water in den dijk heeft kunnen verzamelen.

Dit laatste is nu weer niet mogelijk, als de dichte laag uit de zate is verwijderd, want dan zakt het water geregeld weg naar den ondergrond.

Zoo zijn er dus zoowel voor- als nadeelen aan de dichte laag in de zate verbonden en het zal lang niet altijd gemakkelijk zijn voor elke plaats uit te maken, welke het zwaarste wegen.

Aan de voorversching een zoodanige hoogte te geven, dat deze reikt tot de hoogte van den hoogsten waterstand is alleszins aan te bevelen. De dijk is dan beter dicht tegen kwel en het gevaar, dat beschadiging van het beloop zal leiden tot doorbraak, is minder groot.

Bij aanleg van den Afsluitdijk van de Zuiderzee en van de meerdijken was van een voorversching wel geen sprake maar heeft men het beginsel toch toegepast, beneden den hoog-

sten waterstand niet te volstaan met een bekleding van het beloop, doch de buitenkant van de dijken daar geheel van dichte taaie specie — in dit geval keileem — op te werken. Het beloop van de keileem in den dijk is het natuurlijk talud van de (weeke) keileem, 1 op $1\frac{1}{2}$ à 1 op 4. Fig. 18.

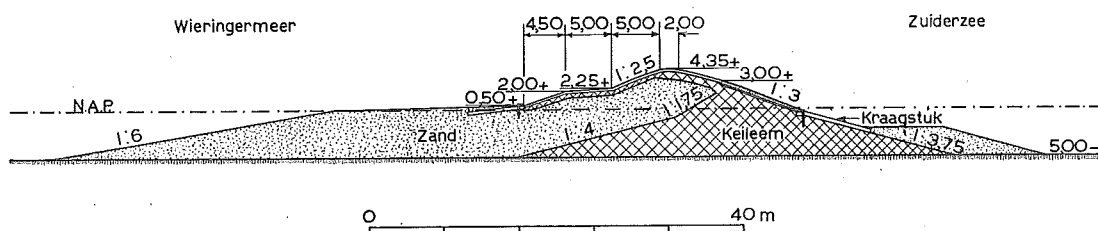


Fig. 18. Wieringermeerdijk.

Bovenwaarts van dezen keileemdijk is het talud bekleed met een laag keileem en klei ter dikte van 1.50 m naar de kruin verminderend tot 1.— m, een dikte, die zeer gunstig afsteekt bij die van de kleibekleding aan tal van Zeeuwsche dijken, die niet meer dan 0.50 à 0.40 m bedraagt, maar waar de golfslag ook minder hevig is en niet zoolang is gericht op eenzelfde plaats.

c. Begroeiing en bekleding.

Boven werd al opgemerkt, dat een onbegroeid aarden beloop niet tegen golfslag bestand is. Voorzoo veel het buitenbeloop niet van een sterkere bekleding wordt voorzien, wordt het bij aanleg en herstel bezood, met de bedoeling er zoo spoedig mogelijk grasbegroeiing op te doen ontstaan. Voorzoo veel niet over zoden kan worden beschikt, wordt het beloop met gras bezaaid, maar dan duurt het veel langer, eer een dichte, sterke grasnerf is verkregen.

Gestreefd moet worden naar een dichte begroeiing van fijn gras, zonder onkruid. Vooral planten, waaronder het gras verstikt of verwildert, moeten geregeld worden verwijderd.

Om een dichte grasnerf te behouden moet deze op gezette tijden worden gemaaid en vooral beweid. Toch zijn er vele besturen, die het beweiden van hun dijken verbieden, daar zij vreezen, dat het vee de kruin zal aftrappen en de beloop en zal beschadigen. Het gevolg van dat verbod is doorgaans, dat grovere grassoorten de overhand krijgen, en de grond min of meer los en rauw wordt.

Door beweiding wordt de grond vaster, het gras dichter, maar het komt inderdaad ook voor dat het vee (vooral koeien en paarden) diepe gaten in het beloop trapt en sommige plekken daardoor vrijwel geheel kaal worden enz. Door in natte tijden alleen schapen op den dijk toe te laten, kunnen de bezwaren meestal worden ondervangen, doch daartegen verzetten zich dan soms de belangen van de veehouders, die juist dan den dijk als weidegrond behoeven.

Is er voor beweiding geen zoodanige regeling te treffen, dat de nadeelen worden voorkomen, b.v. door zwaar vee alleen in den zomer op den dijk toe te laten, dan zal het in de meeste gevallen de voorkeur verdienen, den dijk toch wel te doen beweiden. Op den duur worden de beloop en daarbij vast genoeg om daarna niet ernstig meer door beweiding te worden benadeeld. Varkens, konijnen en kippen moeten steeds van de dijken worden geweerd; deze doen weinig of geen goed en wel veel kwaad aan de beloop en door hun wroeten en krabben.

Grasbeloop en moeten in voorjaar en zomer door het slechten van mest- en molshoop en, het uittrekken van stekels, het veelvuldig afmaaien van brandnetels, hoog gras enz., het spoedig verwijderen van vee of vloedmerk en voorwerpen, waaronder het gras zou kunnen ver-

stikken, het bezoden van rauwe plekken en het aanvullen en bezoden van plaatsen, die van golfslag hebben geleden, enz. geregeld worden onderhouden, opdat tegen het najaar overal dicht, vastgeworteld kort gras aanwezig is.

Op de belooien, die niet beweide, dus alleen gemaaid worden, is het gras tegen het najaar veelal vrij lang. Oogenschiijnlijk zal het dan een goede bescherming van den grond geven. Bij hevigen golfslag worden de stengels echter uit- en afgerukt en dan komt een losse zode bloot, die evenmin veel weerstand biedt.

Waar de grasnerf niet geheel voldoende is om afslag te voorkomen, waar het gras slecht aanslaat of waar het tegen het najaar nog niet stevig geworteld is, kan krammat dikwijls de noodige versterking geven.

Krammat bestaat uit een laagje stroo of riet dat met beugels van stroo aan den grond wordt bevestigd. Al naar den duur, die de mat moet dienst doen, onderscheidt men een dunne zomerma en een dikkere winterma.

Om nieuwe zoden vast te leggen, worden soms alleen de beugels aangebracht. De beschrijving van krammat vindt men in zooveel boeken, dat ze hier niet zal worden herhaald, doch daarvoor wordt verwezen naar de Algemeene Voorschriften voor de uitvoering en het onderhoud van werken onder beheer van het Departement van Waterstaat — de z.g. A.V. Waterstaat 1938 — art. 40.

Krammat wordt thans veel minder toegepast dan vroeger. In sommige gevallen gebruikt men nu voor hetzelfde doel verzinkt ijzergaas, z.g. kippengaas, dat met krammen aan paaltjes wordt bevestigd. In verreweg de meeste gevallen echter, geeft men nu de voorkeur aan een meer duurzame verdediging van steenen of beton. Waar een krammat de beschadiging van het beloop door golfslag niet kon voorkomen, werd vroeger vrij algemeen rijsbeslag toegepast. De samenstelling daarvan wordt beschreven in Art. 39 der A.V.

Ook rijsbeslag is niet duurzaam; het hout is na enkele jaren bros geworden of verteerd en door hevige golfslag komt er vaak schade aan. De toepassing bepaalt zich nu voornamelijk tot tijdelijke werken en tot bescherming van reeds door storm beschadigde belooien, waarvan de definitieve verdediging eerst in een volgend gunstig seizoen kan worden uitgevoerd.

Zooals reeds werd opgemerkt hebben steenglooïngen op het buitenbeloop van zeedijken steeds meer toepassing gevonden. Ze worden gemaakt van allerlei soorten natuursteen, van baksteen en van beton.

In de dikte en de samenstelling zijn daarbij vele variaties, zoodat het mogelijk is, overal waar een steenglooïng nodig is, deze geheel, wat sterkte betreft, aan de behoefte aan te passen.

Eenige van de meest gangbare constructie's zijn omschreven in Art. 42 der A.V., naar welke omschrijving hier moge worden verwezen, terwijl de steenglooïngen ook nog in deze par. zullen worden besproken.

In het algemeen zijn de sterkste en duurzaamste steenglooïngen ook de duurste en daar het aan dijken steeds om groote oppervlakten gaat, is het uit een kostenooipunt zeer gewenscht op iedere plaats van ieder buitenbeloop die verdediging aan te brengen, welke de zekerheid biedt, voldoende bestand te zijn tegen den zwaarsten en langdurigsten ter plaatse te verwachten golfslag, (en soms ook ijsgang) zonder al te overmatig sterk te zijn. Uit den aard der zaak moet daarbij, behalve met de aanlegkosten, nog rekening worden gehouden met de duurzaamheid van het materiaal, met de meer of mindere snelheid waarmede eventuele beschadiging zich kan uitbreiden, met de kans daarbij op materiaalverlies en met de geschiktheid van het materiaal om opnieuw gebruikt te kunnen worden, als de verdediging moet worden gewijzigd of hersteld.

Bij de gebruikelijke hellingen is een steenglooïing in den regel te sterker naarmate de helling flauwer is, zoodat ook nagegaan moet worden, of aan een flauwer hellende minder sterke verdediging, dan wel aan een steilere, daardoor smallere maar per m² duurdere steenglooïing, de voorkeur moet worden gegeven.

Voor het doen van een juiste keuze moet over veel kennis en ervaring kunnen worden beschikt.

Aan tal van dijken is men geleidelijk van te zwak gebleken en veel herstel vorderende steenglooïingen overgegaan naar steviger, al naarmate de ervaring de noodzakelijkheid daarvan deed kennen.

Bij sommige constructies is zoo'n geleidelijke ontwikkeling vrij eenvoudig, omdat op de te zwak gebleken plaatsen, de verdediging kan worden opgebroken en door een dikkere of dichtere (of beide) kan worden vervangen en het vrijkomende oude materiaal daarbij weer kan worden gebruikt of op minder zwaar aangevallen plaatsen kan dienen.

Bij andere constructies is ombouw veel moeilijker, of wordt van het bestaande systeem zoo zeer afgeweken, dat het oude materiaal niet meer gebruikt kan worden, de kosten dus bijzonder hoog zullen zijn. Een en ander zal hieronder nog nader worden besproken.

d. Steenglooïingen.

Steenglooïingen moeten voldoen aan den eisch, dat ze de grond volledig tegen wegslaan, wegspoelen, verplaatsing en ontleding beschermen en moeten daarbij zelve tegen beschadiging door den hevigsten golfslag ter plaatse bestand zijn, niet van hun plaats worden gebracht en zelfs niet van stand veranderen.

Wordt aan den eersten eisch niet voldaan, dan ontstaan in het ergste geval holten in het beloop van zoodanigen omvang, dat de nazakkende glooïing geheel of plaatselijk in het ongereede raakt en in minder erge gevallen, dat de glooïing wel in verband blijft, doch al zakkende een zeer onregelmatige oppervlakte verkrijgt.

Aan den eisch van grondichtheid voldoen de steenglooïingen — ook de zwaarste en duurste — maar in beperkte mate. Ook constructies die oogenschijnlijk zeer dicht zijn, laten in dat opzicht toch nog te wenschen over en in het algemeen geldt dan ook, dat geen enkele glooïing effen blijft, als niet de grond er onder taai en dicht is; deze moet dus uit vette klei of keileem bestaan. Wordt klei of keileem als bekleeding aangebracht op minder samenhangenden grond, als zand en zavel, dan zal men de dikte der bekleeding bij voorkeur niet dunner maken, dan die op een beloop zonder steenglooïing noodig wordt geacht. In geen geval mag de bekleeding dunner zijn dan 25 cm.

Ondanks die voorzorgen is eene bekleeding van natuursteen alleen nog niet dicht genoeg, daarvoor zijn de vorm en afmetingen van de steenen te ongelijk. Die steenen worden bij goed werk wel zoo dicht en vast mogelijk tegen elkander geplaatst, maar dan blijven toch nog openingen aanwezig, waardoorheen de golfslag te veel vat op den grond heeft. Men tracht de dichtheid van de steenbekleeding te bevorderen door die af te stoppen, nl. door in de openingen puinstukjes te doen en er bovenin een scherp steen klem te slaan, doch bij hevigen golfslag bewegen de steenen soms en geraken de z.g. stopstukken daarbij los, waardoor ze naar beneden zakken of uit de opening spoelen. In theorie kan het wegzakken van de stopstukken wel worden voorkomen door de openingen in de steenbekleeding over de geheele hoogte te volledig met stukken steen of puin te vullen, doch in de praktijk komt er zelden veel van terecht.

Glooïingen van natuursteen geeft men, om de dichtheid te bevorderen, daarom een onderlaag van puin, bestaande uit twee dichtgevloerde platte lagen (vlijlagen) waarop puin wordt gestort, zoodat de totale puindikte 20 cm wordt.

Op nieuwe belooien wordt gewoonlijk vooraf een krammat gelegd om den grond des te

beter tegen wegspoelen te beschermen. Die krammat is wel veel minder duurzaam dan de puin- en steenlaag, maar tegen den tijd, dat ze is vergaan, is de grond onder den druk der steenglooiing en het beurtelings nat en droog zijn, en bij door zeewater bespoelde belooopen ook door opname van zout, veel dichter geworden. Bij aanleg van den dijk om den Noordoostpolder in de voormalige Zuiderzee, is in plaats van krammat, op het benedendeel van de belooopen, cocosmat toegepast. De prijs daarvan is hooger dan van krammat, maar de duurzaamheid is ook veel grooter.

Tijdens het aanbrengen van de steenglooiing klinkt de grond vaak al belangrijk in en het is daardoor vrij lastig, den grondslag (de z.g. kip) op de juiste hoogte af te werken. In de dikte van de puinlaag wordt daarom eene speling van 10 cm toegelaten. Toch wordt op nieuwe belooopen de krammat of cocosmat en de puinlaag bij voorkeur in smalle strooken aangebracht om, bij mischatting van de klink, als de puinlaag dunner dan 15 of dikker dan 25 cm zou moeten worden, de grondslag telkens zooveel noodig te kunnen verlagen of aanvullen.

De vlijlagen worden in langsrichting van den dijk dichtsluitend gelegd van heele steenen (en) of van stukken, niet kleiner dan een halve steen in verband, zoodat de voegen dus verspringen, de lagen elkaar z.g. dekken. De gestorte puinlaag moet zoo dicht mogelijk worden, maar volgens de A.V. mag ze toch geen stukken bevatten, kleiner dan een klezoor. De puin mag niet zachter zijn dan boerengrauw. Te zachte puin vriest stuk, vergruizelt op den duur en spoelt dan allicht weg. Op de puinlaag worden de stukken natuursteen goed in verband en dicht tegen elkaar gezet. Daar ze ongelijk hoog zijn, moeten ze door onderstoppen met puin op de juiste hoogte worden gesteld. Toch moet de puinlaag goed tegen den onderkant der steenen aansluiten, want waar dat niet het geval is, kan de waterbeweging onder de steenen nog zoo heftig worden, dat steenen door den golfslag uit de glooiing worden gelicht, of grond wegspoelt.

Aan den eisch, dat de steenen overal goed moeten dragen en de puinlaag dicht is, valt niet gemakkelijk te voldoen, vooral niet als de steenen een groot grondvlak hebben. Het is, voor het verkrijgen van een dichte puinlaag zaak, te zorgen dat deze onder het zetten ruim aan de dikte is. Waar dat niet het geval is hebben de steenzetters steeds neiging iederen steen op één — en de zeer groote steenen op enkele — stapeltjes plat gelegde puinstukken te zetten tusschen welke stapeltjes dan al te groote ruimten worden opengelaten.

De steenen worden stuk voor stuk met een stootijzer of handhei neergestooten. Staan ze volop in de puin dan bevordert dat neerstooten de dichtheid van de puinlaag, doch dat is niet of in geheel onvoldoende mate het geval, als ze op stapeltjes staan. Afstoppen van de glooiing helpt dan ook maar weinig, daar de stopstukken spoedig in de puinlaag verdwijnen. De steenen moeten haaks op het beloop of iets achterover (dus minder hellend) worden gezet.

Door een juiste keuze van den steen, die de steenzetter op een bepaalde plaats gaat zetten, heeft hij het in de hand, de glooiing voldoende dicht op te leveren. Een zeer geoefend oog voor vormen en afmetingen heeft hij daarvoor noodig; bezit hij dat niet, dan zal hij ook met den besten wil geen goed werk maken. Een steenzetter, die herhaaldelijk een steen weer op zij moet leggen omdat deze op de plaats waarvoor hij uit den omringenden voorraad was gekozen, niet blijkt te passen, gaat vaak aan de steenen hakken, wat veel tijd vordert en maar matig resultaat oplevert.

De steenen moeten, om vast te staan, elkaar raken, liefst zooveel mogelijk. Een steen, die niet klem staat tegen zijn burens, kan door den golfslag uit de glooiing worden gelicht. De eisch is dan ook, dat geen enkele steen in een nog niet afgestopte glooiing, met den voet moet kunnen worden bewogen. Bij steenen, die een groote oppervlakte hebben in verhouding tot hun dikte, laat die inklemming nogal eens te wenschen over. Platen van geringe dikte slaan veel gemakkelijker van hun plaats dan kleine steenen van dezelfde hoogte of dikte. Voor een deel is dat waarschijnlijk te wijten aan het bij groote steenen zoo moeilijk — en daarom vaak

onvoldoende — onderstoppen met puin, maar stellig is de inklemming ook te gering in verhouding tot de, op het groote ondervlak, soms optredende opwaartschen druk.

Sterk springt dit in het oog bij glooiingen van gekloofde Drentsche of Noorsche steenen. Door hun ronde vormen raken deze elkaar maar weinig en over geringe hoogte. Al zijn ze van boven goed vlak en al hebben ze deels een groote dikte, toch kunnen ze maar moeilijk zoo worden gezet, dat ze bij stormvloed niet kantelen, terwijl op hetzelfde beloop op overeenkomstige plaatsen, een glooiing van b.v. basaltzuiltjes van nog geringer gemiddelde dikte, geen schade lijdt.

Van steenen, die een kopvlak hebben dat kleiner is dan het kwadraat van de hoogte of dikte en waarvan de zijkanten vlak zijn en haaks staan op het kopvlak, kan men in het algemeen de sterkste glooiingen zetten. Mede is van groot belang, de hoogte of dikte der steenen. Hoe grooter die is, hoe sterker de glooiing kan zijn.

In de hoogte der steenen mogen geen groote variaties voorkomen. Meer dan door de gemiddelde dikte, wordt de sterkte van een steenglooiing door de steenen met de kleinste hoogte bepaald. Ongelijke hoogte of dikte der steenen geeft ook aanleiding, dat de puinlaag minder dicht wordt dan nuttig of noodig is.

Een hoog s.g. van de steen is wel goed maar niet van zoo'n groot belang als de vorm en de afmetingen. Bij de steensoorten die voor steenglooiingen worden gebruikt, varieert het s.g. tusschen omstreeks 2 (baksteen) en 3 (basalt).

Glooiingen van zware steenen, die één man niet kan tillen, worden gezet met de steentang, bevestigd aan een takel, die is opgehangen aan een bok. Steenen, die door een man vertild kunnen worden, zet men uit de hand met behulp van een zwaar stootijzer en een zwaren hamer met langen steel.

Het stootijzer dient o.a. voor hefboom om de steen nadat die op zijn plaats is gezet, tot iets boven de bepaalde hoogte op te tillen, waarbij een brok steen of puin, vaak ook een klomp aan den voet van den steenzetter, als steunpunt dient. Na het onderstoppen met een schilfer steen of met puin, waarvoor dikwijls een halve steen door slaan op een scherp steenrand wordt gekloofd, wordt de steen met het stootijzer neergestooten tot hij op de juiste hoogte staat en zijwaarts aangedreven tegen of tusschen reeds geplaatste steenen gewrongen.

De hamer dient om hinderlijke hoeken of kanten van den steen te slaan. Voor de goede aansluiting van de onderste rij tegen de paalrij langs den teen is dit noodig en ook als het beloop in een berm overgaat en de steenen om goed te sluiten, van onderen smaller moeten zijn dan van boven, maar overigens moet de hamer bij voorkeur niet veel dienst doen, vooral niet om steenen te behakken voor plaatsen waarin geen enkele steen past. Een goed steenzetter zorgt, dat zulke „gaten" niet ontstaan.

Steenzetters die veel hakken, zijn, zooals reeds werd opgemerkt, niet de beste.

De hoogte van de glooiing wordt aangegeven op staken, die om de paar meter breedte, te lood in het talud zijn gezet. De steenzetter vergewist zich van de goede hoogte van zijn werk door over de laatste langsrij te kijken, door zijn stootijzer op de glooiing te leggen en af en toe achter een staak over het gemaakte werk naar beneden te zichten en daarbij rekening te houden met de vermoedelijke klink. Het opvullen van de openingen met stukjes puin en van boven met een vast ingeslagen scherp steen — het afstoppen — geschiedt gewoonlijk door een helper, veelal een leerlingsteenzetter of jongen.

Het afstoppen mag onder het werk den rand van het gezette deel niet dicht naderen, daar anders de voorste rijen voorover gedrukt zouden kunnen worden, waarbij de dichtheid achteruit zou gaan.

De sterkte en dichtheid van een steenglooiing kan in hooge mate worden vergroot, door in

plaats van stopstukken, beton in de openingen te werken. De beton wordt gewoonlijk samengesteld uit 1 cement, 3 zand en 5 grind (maatdeelen). Hoeveel beton nodig is hangt af van de soort, dikte en dichtheid van de glooiing en varieert van 50 tot 150 l per m². Hoewel deze bewerking vrij kostbaar is, wordt ze veel toegepast. Toch is ze niet zonder bezwaren. Kan de grond nog nazakken of inklinken, of kan grond aan den teen wegspoelen, dan ontstaan ruimten onder de steenglooiing, die nu te stijf is om regelmatig mee te kunnen zakken, waardoor deze op een, meestal zeer ongelegen oogenblik — tijdens stormvloed — zal kunnen instorten en dan geen voldoende verdediging meer vormt en in elk geval moet worden hersteld, wat nu door de beton ver van gemakkelijk is. Op nieuwe belooften is het aangieten met beton daarom in geen geval raadzaam.

Als door het hol klinken van de steenglooiing of bij onderzoek door peilen in buisjes die daartoe opzettelijk in de glooiing zijn ingebetonneerd, blijkt, dat onder de glooiing ruimte is ontstaan, dan is het noodig, deze vóór het stormseizoen aan te vullen. Blijkt, dat grond kon wegslaan doordat de paalrij of beschoeiing aan den teen on dicht is, dan dient daarin allereerst te worden voorzien. Soms is aanvullen met grind en (of) geklopte puin daar toereikend, in erger gevallen zal een damwand of dichte paalrij moeten worden geslagen.

De ruimte onder de glooiing kan men het beste vullen met grind, slappe beton of cementmortel, na daarvoor gaten in de glooiing te hebben gehakt.

Steenglooiingen moeten langs den onderrand stevig worden gesteund. De druk door het eigengewicht van de glooiing wordt bij vrij steile glooiingen niet geheel gecompenseerd door de wrijving tusschen de steenlaag en de puin of den grond en vooral, als er bij hevigen golfslag eenige beweging in de steenen komt, kan de druk aan den teen vrij belangrijk worden. Wijkt de teen uit, dan gaan de steenen z.g. keperen of tanden, of er komt ruimte tusschen, zoodat herzetten noodig wordt. Ook moet aan den teen geen grond kunnen wegspoelen, welk wegspoelen onregelmatig nazakken van een deel der glooiing ten gevolge heeft.

Is er voorland of een breede buitenberm aanwezig, dan kan de glooiing daarin worden ingekast, zonder meer, maar dan dient de inkassing zoo diep te zijn, dat bij eenige afslag geen gevaar ontstaat, dat de onderrand zijn steun verliest.

Gewoonlijk wordt er de voorkeur aan gegeven, de breedte der glooiing te beperken door de inkassing zeer ondiep te maken en langs den teen een door paaltjes gesteunde plank te plaatsen. Het hout daarvoor wordt gecreosoteerd.

Valt de onderrand van de steenbezetting in een bestorting of bezinking, waar het slaan van palen bezwaarlijk is, dan zet men een rij zware steenen, die dan steun moeten vinden in den grond of tegen de steenen der bestorting. Fig. 19.

De in Nederland zeer veel toegepaste voorziening langs den teen, is eene rij perkoenpalen. De gewone lengte der palen is 1.60 m de dikte 0.30 m omtrek aan den kop.

De palen worden te lood ingeslagen. Volgens par. 200 der A.V. reiken de koppen ten hoogste 5 cm boven de steenbezetting. Een iets hooger stand is dikwijls echter nuttig.

Waar ongecreosoteerde perkoenen worden verwerkt, plaatst men die uit den aard der zaak zoo laag, dat ze geregeld door water worden bespoeld en liefst maar weinig boven L.W.

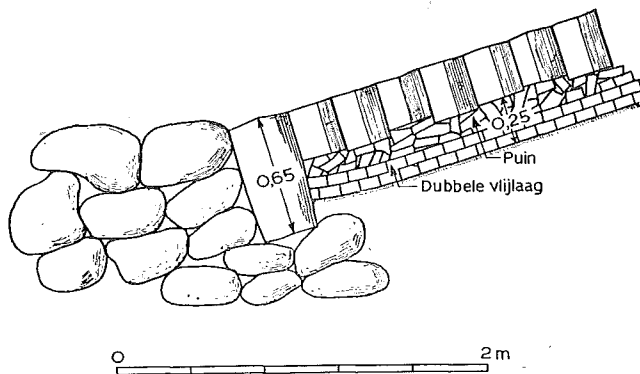


Fig. 19. Steenglooiing met teensteenen.

De onderrand van de vlijlagen en eventueel de krammat vallen 45 cm of meer, lager dan de koppen van de palen en komen dus beneden L.W. Dat maakt het aanbrengen van den onderrand van de krammat, van de vlijlagen en ook van de steenbezetting vaak vrij lastig. De bezwaren nemen toe met de diepte, vandaar dat de bovenkant glooing maar weinig onder de koppen der palen komt.

Zal dit er niet toe leiden, dat bij palen, die bij het inslaan wat naar binnen uit de rij zijn geheid, de steenen er boven uitsteken en op den kop rusten en bij nazakken der glooing op de palen blijven hangen, dan moet aan het zuiver in de rij staan van den binnenkant der palen bijzondere zorg besteed worden, vooral bij steile glooiingen. Wat meer overhoogte van de palen geeft, waar het heien lastig gaat en daardoor allicht onregelmatigheden in de rij ontstaan, een groot gemak, fig. 20.

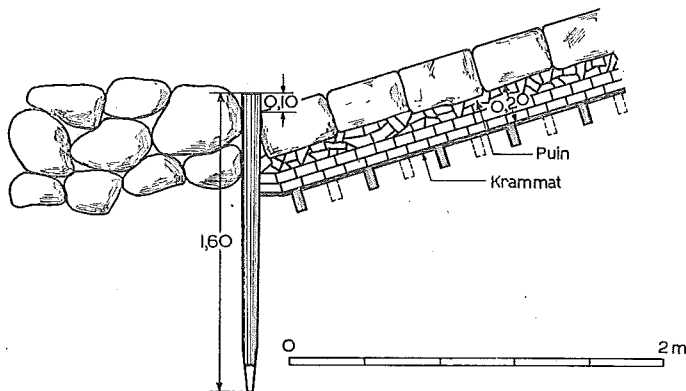


Fig. 20. Perkoenpalen langs den teen van steenglooïing.

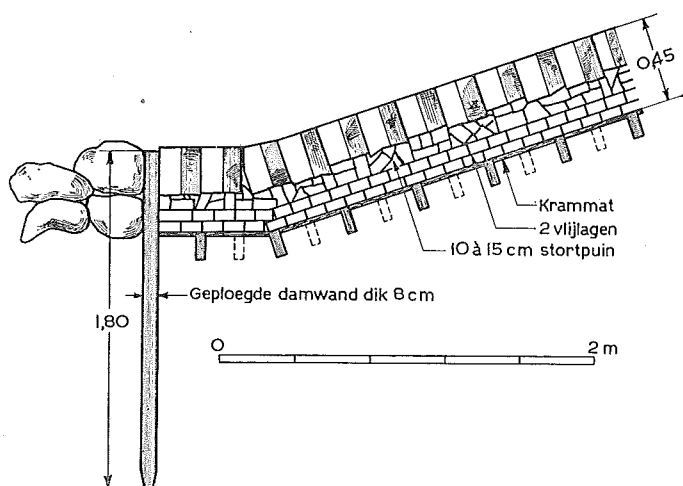


Fig. 21. Damwand langs den teen van steenglooïing.

derzeewerken veel toegepaste teenbeschoeiing waar tegen de glooing aansluit met een plat bermpje van $\frac{1}{2}$ à 1.— m breedte. Fig. 21.

De damplanken sluiten met messing en groef in elkaar, zoodat de wand dicht genoeg is om, zoolang de koppen boven water staan, de geul erachter droog te zetten, zoodat de krammat en de vlijlagen veel nauwkeuriger kunnen worden uitgevoerd, dan achter een perkoenrij

Het aantal perkoenpalen wordt dikwijls bepaald op 50 stuks per 10 m. Zijn de palen goed aan de maat, dan zijn de tussenruimten nog gemiddeld 10 cm, te wijd dus om puin, laat staan grond, voldoende te keeren. Daar komt nog bij, dat bij den verticalen stand van de palen en het haaks op het beloop staan van de steenen, achter de paalrij ruimten aanwezig zijn, die wel met steenstukken of puin moeten worden gevuld, maar die al te vaak open blijven, zoodat de golfbeweging daar onvoldoende wordt gedempt.

Een dichtere stand der perkoenen is op de meeste plaatsen dan ook zeer wenschelijk — b.v. 70 per 10 m, maar nog beter is een gesloten rij.

Om de ruimte tussen de perkoenrij en de onderste rij steenen te beperken, is het nuttig, het kopvlak dier steenen te versmallen. Met deze voorzorgen kan een perkoenrij voldoende steun aan den teen geven, maar veel beter is toch de bij de Zui-

mogelijk is en langs de onderste rij steenen de open ruimten geheel kunnen worden vermeden.

De damwand staat vrij, zonder gording; waar dit noodig mocht zijn, b.v. als de grond slap is, kan de wand worden versterkt met een gording en desgewenscht nog met steunpalen.

Beneden L.W. kan geen steenglooiing worden gezet. Ligt een deel van het buitenbeloop beneden L.W. dan wordt daar in den regel een verdediging van kraagstukken met steenbestorting aangebracht, behalve waar de diepte langs den dijk gering is en met enkel steenbestorting kan worden volstaan. De bestorting is minder dicht dan steenglooiing en krijgt daarom een grootere dikte.

Steenglooiingen worden zelden over hunne geheele oppervlakte even zwaar aangevallen en behoeven dus ook niet overal even sterk te zijn.

Bij sommige glooiingen, b.v. die van zuilenbasalt, kan in de dikte der steenbezetting gemakkelijk verschil worden gemaakt daar de zuilen in partijen van verschillende lengte verkrijgbaar zijn. De dikte kan dus worden aangepast aan den golfaanval ter plaatse. Fig. 22. In andere

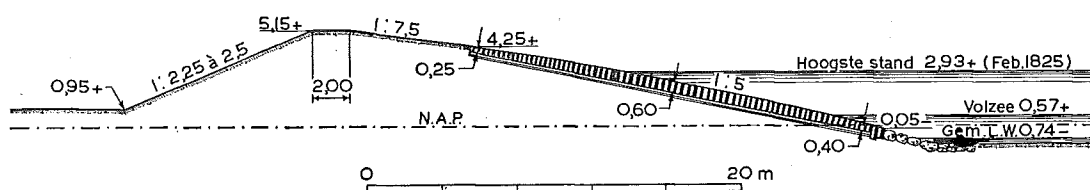


Fig. 22. Zeedijk bij Harlingen met steenglooiing van ongelijke dikte.

gevallen wordt ter plaatse van den zwaarsten golfaanval een dichter sluitende en daardoor sterker steenbekleding aangebracht dan beneden- en bovenwaarts daarvan b.v. Drentsche steen tot H.W., zuilenbasalt van H.W. tot den hoogsten stand, zetsteen van basalt, klinkers, of betonzuilen boven dien hoogsten stand.

Toch is op menigen dijk de aanpassing aan den golfslag ver van ideaal en laat die vooral aan den bovenrand te wenschen over. Steenglooiingen reiken maar zelden tot de kruin. Bijna overal heeft het bovenste deel van het beloop een grasmat. Dat is verklaarbaar want, als de dijk hoog genoeg is en dus geen golven over de kruin kunnen loopen, dan wordt het bovendeel van het buitenbeloop maar zelden door golven bespoeld en hebben deze nabij de kruin weinig of geen kracht meer.

Loopt de steenglooiing verder dan noodig is, naar boven door, dan zijn daaraan te hooge kosten besteed. Is de steenglooiing daarentegen niet hoog genoeg doorgetrokken, dan ontstaat herhaaldelijk afslag van het grondbeloop daarboven, te vaker en te erger als ook de aansluiting van het grondbeloop tegen de steenglooiing niet goed is opgelost.

Het is daarom niet aan te bevelen, een zware steenglooiing zonder overgang tegen het onverdedigde deel van het beloop te doen eindigen. Fig. 23. Waar dit wel het geval is, dient een tot de vlijlagen reikende betonband of een door paaltjes gesteunde gecreosoteerde plank te worden aangebracht om te beletten, dat de aansluitende grond door de puin- en steenlaag wegspoelt.

Meer rationeel is het, als overgang eene strook lichte glooiing langs den bovenrand te leggen, b.v. van betonzuilen van naar boven afnemende dikte, of wel een strook klinkers op den kop en daarboven nog een strook klinkers op den kant.

Na de overstroming van 1916 werd aan de Noordhollandsche dijken langs de Zuiderzee, algemeen een 2 à 2½ m breede bestrating van klinkers op den kant, afgesloten met een rollaag

langs den bovenkant der steenglooingen aangebracht. Fig. 24, en dit systeem is later ook toegepast aan den Afsluitdijk van de Zuiderzee.

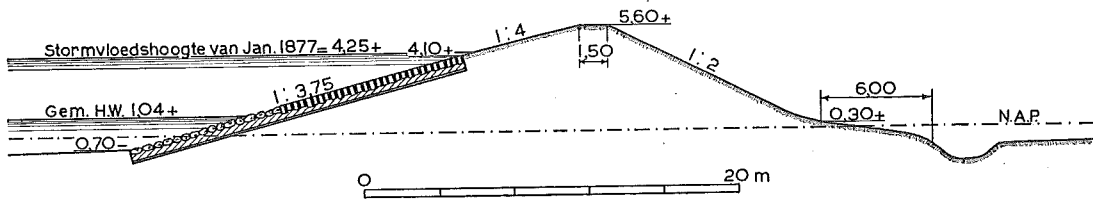


Fig. 23. Dijk nabij Delfzijl.

Het tusschen de zware steenglooing (van basalt of Doorniksche steen) en de halfsteensbestrating invoegen van een strook van 2 à 3 m breedte, klinkers op den kop, zou ongetwijfeld een oplossing hebben gegeven, waarvan de sterkte zich nog beter aan de aanvalskracht der golven zou hebben aangepast.

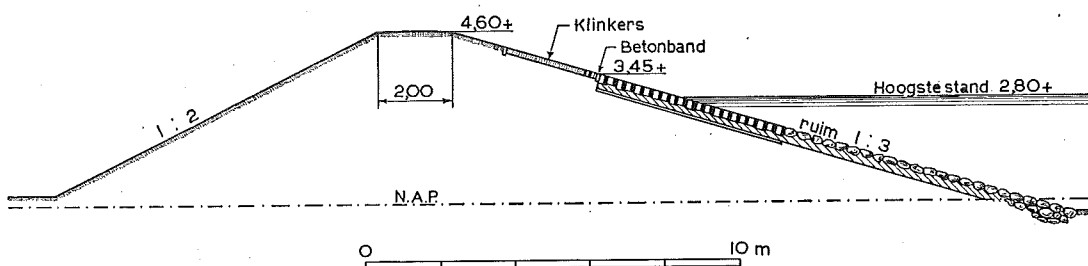


Fig. 24. Zuiderzeedijk in Noordholland, bij Volendam.

Aan enkele dijken langs de Groninger kust heeft men als overgang langs den bovenrand der steenglooing een z.g. kap gezet fig. 25.

Loopen de golven daar hoger dan deze kap, dan wordt de golfbeweging in het daarachter staande water gedempt en wordt daardoor schade aan het onverdedigd beloop voorkomen. Een nadeel is, dat na den vloed het water, dat achter de kap is blijven staan, maar langzaam wegzakt en de grasnerf veel van het zoute water heeft te lijden. Het water sneller af te voeren, b.v. met pijpen door de kap heen, heeft het nadeel, dat de stroom door die pijpen aan den in- en uitgang daarvan de grond doorweekt en soms meevoert.

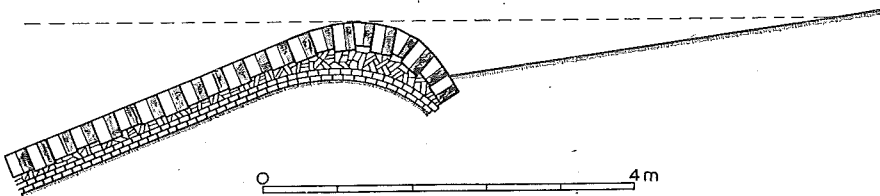


Fig. 25. Kapglooiing.

Door den vorm van de kap is het niet gemakkelijk, de steenen vast en dicht tegen elkaar te doen sluiten. Gewoonlijk wordt de steenbezetting

van de kap daarom met beton aangegoten, waarbij afvoerpijpen ook minder nadeel geven. In enkele gevallen zijn alle steenen (basaltzuilen) van de kap verticaal gezet, waardoor de oppervlakte zeer oneffen is en remmend werkt op den golfloop. Fig. 26.

De buitenberm, die men aan de meeste Zeeuwsche dijken aantreft, verdeelt het buitenbeloop in het beneden- of waterbeloop, dat in vele gevallen bij ieder H.W. door golven wordt bespoeld en daarom met steenglooing is verdedigd en het bovenbeloop, waarop alleen bij stormvloedden golfslag voorkomt.

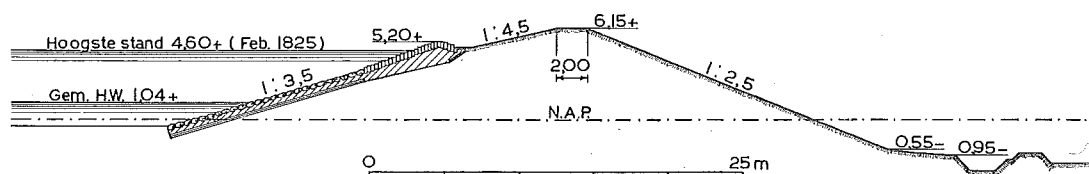


Fig. 26. Dijk langs de Eems bij Termunten.

Vele van die dijken liggen aflagdig van de stormstreek, aan andere komt de golfslag niet sterk tot ontwikkeling door voorland enz. Daarbij is, tengevolge van het groote tijverschil de golfslag steeds maar korten tijd op eenzelfde strook van het buitenbeloop gericht, zoodat vele van die bovenbelopen, ondanks een vrij steile helling (1 op 3 à 3½) niet met steenglooing zijn verdedigd.

Op het waterbeloop reikt de steenglooing tot den bovenrand daarvan en is daar meestal afgesloten met een rij perkoenpalen. Die afsluiting kan niet beletten, dat de berm wordt beschadigd waarom deze over 2 m en soms meer, breedte wordt voorzien van een z.g. steenstrook.

De steenstrook is een steenbezetting overeenkomstig die op het beloop of van wat lichter constructie. Het verschil met gewone steenglooing zit voornamelijk in de puinlaag. Bij den voorkant van de steenstrook komt de dikte van de puinlaag overeen met die van de glooing op het onderbeloop, maar de onderkant loopt naar achteren zooveel op, dat aan de achterzijde de puindikte niet meer is dan 5 cm (steen- en puinlaag te zamen 25 cm).

Eén vlijlaag van puin wordt gelegd en deze wordt ingeveegd met kruimelaarde. Daarop komt een stortsel van puin, vermengd met grond, welke laag aan den voorkant omstreeks 15 cm dik is en naar achteren te niet loopt. Deze laag wordt stevig aangestampt en daarop wordt de steenbekleding doorgetrokken. Deze laatste wordt met kruimelaarde ingeveegd en de grootste voegen met gescherfde graszoden aangevuld een en ander om de begroeiing en daardoor ook de dichtheid te bevorderen. Fig. 27.

Waar langs den rand van de beneden glooing geen steenstrook wordt aangebracht, legt men in den regel toch een 1 à 2 m breede strook steenglooing van dezelfde of soms iets lichtere constructie dan die op het beloop.

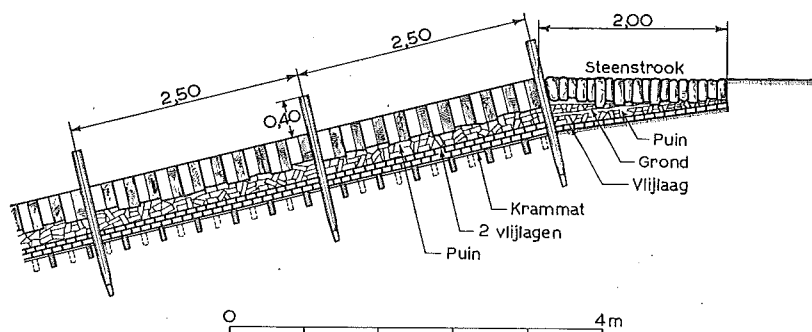


Fig. 27.

Het is gewoonlijk noodig, langs die strook een afsluiting te plaatsen van een plank met paaltjes of van betonbanden of wel de strook over een deel der breedte met beton vol te gieten.

Beschadiging van den berm wordt zoo toch niet steeds voorkomen. Bestrating van klinkers

op den kant op het resteerend deel van den berm of over 1 à 3 m breedte geeft dan gewoonlijk een goede oplossing. Fig. 28.

Bij het knikpunt van berm en bovenbeloop is de aanleiding tot beschadiging ook extra groot.

Op tal van dijkvakken kan daar ter plaatse eene verdediging niet worden ontbeerd, al kan veelal met een lichte constructie worden volstaan. Fig. 29 en 30.

Als uit een glooiing eenige steenen slaan, dan vallen de omringende om, slaan vaak ook weg, waar-

na weer andere omvallen en zoo neemt de beschadiging snel in omvang toe.

Om de schade te beperken heeft men, voornamelijk aan dijken in Zeeland, het beloop wel in strooken verdeeld door evenwijdig aan den teen geplaatste paalrijen op afstanden van 2.— à 2.50 m, zie fig. 27. Voor die paalrijen zijn in vele gevallen perkoenpalen gebruikt, die worden ingeslagen tot 0.05 m boven de steenglooiing. Dikwijls echter laat men de palen 0.40 m boven de glooiing uitsteken. Zij dienen dan tevens om den golfoploop te beperken.

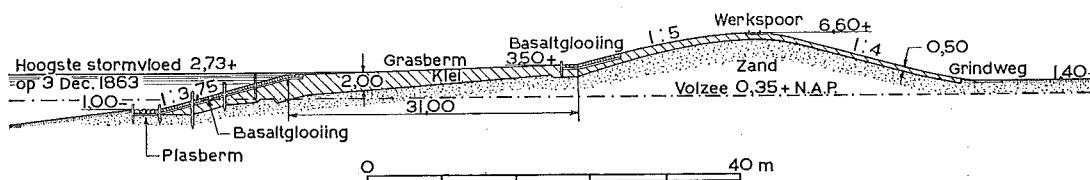


Fig. 29. Pettemer zeewering.

Per 10 m worden 45 palen geslagen. Deze zijn gewoonlijk 1.20 m lang, als de koppen 0.05 m en 1.60 m als de palen hoger boven de glooiing reiken. De palen worden iets steiler ingeslagen dan rechthoekig op het beloop. Ze gaan inderdaad uitbreiding van de beschadiging aan de steenglooiing tijdens storm tegen, maar ze hebben het nadeel, dat ze het dicht en vast zetten van de glooiingsteenen bemoeilijken en aanleiding geven tot het verhakken van steenen en het gebruiken van veel stopstukken. Daarbij zijn de palen niet zeer duurzaam, tenzij ze goed zijn gecreosoteerd.

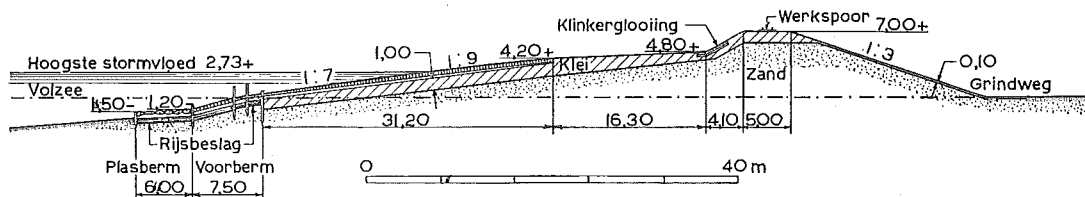


Fig. 30. Hondsbossche zeewering.

Op de hevigst aangevallen dijken als de Pettemer- en de Hondsbossche zeewering, zijn in het met steenglooiing verdedigde beloop, rijen zware 2.50 m tot 4.— m lange palen verticaal ingeheid. Deze dienen voornamelijk om den golfslag te breken en den golfoploop te beperken. Fig. 29 en 30.

Op een deel van het buitenbeloop van den Westkapelschen dijk staan in de steenglooijing open paalrijen op onderlinge afstanden van 2.50 m, tot 8 rijen achterelkaar. Ze zijn voorzien van gordingen en zijn onderling gekoppeld met door palen gesteunde kespen. Fig. 31.

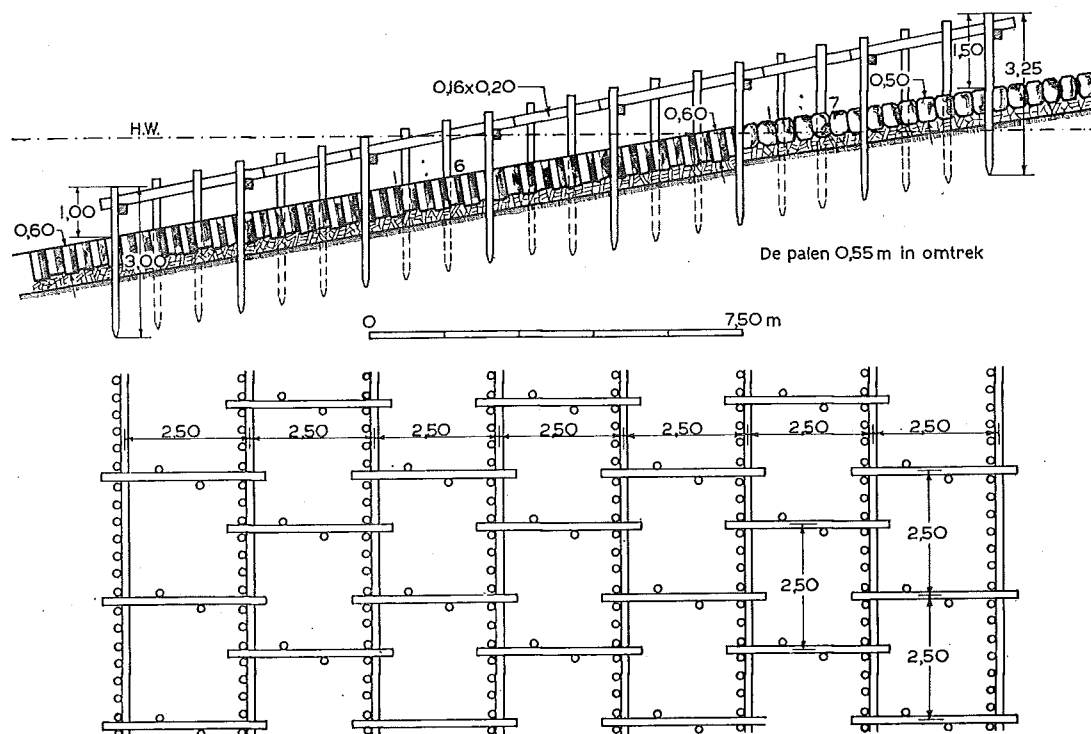


Fig. 31. Staketten op den Westkapelschen dijk.

De palen zijn van beslagen eiken hout, lang 3.— m à 3.50 m, zijn zwaar 0.55 m in omtrek en staan met den kop 1.— m à 1.50 m boven de steenglooijing. De onderlinge afstand der palen in elke rij is ongeveer 0.35 m hart op hart.

De gordingen en kespen zijn eveneens van beslagen eikenhout, zwaar 12×16 tot 16×20 cm en zijn bevestigd met spiebouten. Ook deze paalrijen, z.g. staketten, dienen niet alleen voor verdeeling van de steenbezetting in strooken maar vooral ook voor beperking van den golf-oploop. Open paalrijen zijn daartoe echter heel wat minder werkzaam, dan gesloten paalrijen of wanden.

e. Materiaal voor- en samenstelling van steenglooijingen.

In hoofdzaak worden steenglooijingen gemaakt van natuursteen, beton en baksteen.

Voor die van natuursteen wordt gebruikt:

1. Vilvoordsche steen.

Vilvoordsche steen is vroeger veel aan de Zeeuwsche dijken verwerkt en er zijn nu nog groote oppervlakten aanwezig.

Nieuwe glooijing wordt er zelden meer van gemaakt.

De steen komt uit de steenputten tusschen Vilvoorde, Leuven en Mechelen. De kleur is grijsgeel; de steen is vrij zacht. De voor glooijingen gebruikte wordt gesorteerd in „gesorteer-

de" en „gewone" steen. De gesorteerde is van vrij regelmatigen rechthoekigen- of trapezium-vorm. Bij dezen laatsten vorm mag de scherpe hoek niet kleiner zijn dan 45° .

Elke steen is ten minste hoog 22 cm lang 25 cm en dik 8 cm, wegende ten minste $7\frac{1}{2}$ kg.

De „gewone steen" is minder regelmatig van vorm, maar moet toch een vlakken kant hebben en verder wel gevuld zijn. Een steen moet minstens 6 kg wegen.

Onder de steenbezetting worden twee vlijlagen van puin gelegd en daarop ± 10 cm puin gestort (totale dikte van de puinlaag 20 cm). De steenen worden daarop in geregelde langsche rijen op den kant gezet, in het verband en dicht tegenelkaar. De grootste en vlakste kanten worden beurtelings onder en boven geplaatst. Hinderlijke hoeken en punten worden er afgeslagen. Zijn er steenen bij met een te groote hoogte, dan worden deze in de puinlaag en zoo noodig ook nog in de bovenste vlijlaag ingelaten. Voorts worden alle steenen goed vol met puin onder- en aangestopt en dan neergestooten en tegen elkaar gedreven en geklemd. Blijven daarbij nog geringe openingen open, dan worden die met scherven steen aangestopt, waarna het geheele bovenvlak vrij effen en geheel dicht moet zijn. De gemiddelde dikte van de steenlaag moet 25 cm zijn, de totale dikte van de puin- en steenlaag dus 45 cm.

2. Lessinesche steen.

Ook Lessinesche steen werd vroeger veel, thans weinig, verwerkt aan de dijken in Zeeland. Ze komt uit de groeven uit den omtrek van Lessines. De kleur is groenachtig grijs. Steenen uit de bovenste laag der groeven zijn ondeugdelijk en mogen niet worden geleverd.

Men onderscheidt *glooingsteenen*, *gewone steenen* en *afval*. De glooingsteenen moeten zoo regelmatig van vorm zijn, dat er een goed gesloten steenbezetting dik 20 cm van kan worden gemaakt. Een steen moet ten minste 25 kg wegen. De steenen worden gezet op een puinlaag, die uit 2 vlijlagen en ongeveer 10 cm gestorte puin bestaat. Voor het zetten geldt wat bij Vilvoordsche steen is opgemerkt.

De totale dikte van de puin- en steenlaag is 40 cm.

3. Maassteen.

Maassteen moet afkomstig zijn uit groeven in het Maasgebied. De steen is helder blauw van kleur, moet helder van klank, korrelig en kristallijn zijn. Hardsteen wordt in den regel met Maassteen gelijk gesteld.

De steenen worden zooveel mogelijk op het groefleger gesteld. De puinlaag is gelijk aan die van vorengenoemde steenglooingen. De steenen worden goed tegen elkaar gezet, zoodat ze elkaar zooveel mogelijk met een vlakke zijde raken. Zoo noodig worden ze daartoe met den zethamer bijgewerkt.

De dikte van de steenlaag wordt naar behoefte bepaald, maar is gewoonlijk 25 cm.

4. Doorniksche steen.

Doorniksche steen moet afkomstig zijn uit de kalksteengroeven van het bekken Doornik. Ze is donkerblauw van kleur. De steenen moeten gaaf en hard zijn. Op de breuk mogen ze niet lei- of schilferachtig zijn en ze mogen niet afkomstig zijn uit de bovenlaag der groeven. De puinlaag en de wijze van verwerken stemmen overeen met die voor Maassteen. Alleen worden steenen, die wel zwaar genoeg maar te dun zijn, op den kant gezet.

Vroeger werd Doorniksche steen bij voorkeur alleen beneden H.W. verwerkt met het oog op afschilferen, dat boven water eerder optreedt.

Bij de Zuiderzeewerken is men van dien regel afgeweken en in de A.V. wordt het nu niet meer voorgeschreven.

De dikte van de steenlaag wordt naar behoefte bepaald, maar is gewoonlijk 25 cm.

5. Bloksteen.

Bloksteen moet zijn Maassteen, Doorniksche steen of Lessinesche steen. Nadat Doorniksche en Lessinesche steen voor steenglooingen vrijwel in onbruik waren geraakt, hebben deze steensoorten bij de uitvoering der Zuiderzeewerken opnieuw toepassing gevonden, vooral als bloksteen. De blokken moeten een regelmatigen blokform hebben van 25, 35 of 45 cm dikte, waarbij een speling van 5 cm naar boven en naar beneden is toegelaten, bij een lengte van 30 tot 65 cm en een breedte van 20 tot 55 cm en een gewicht van ten minste 40 kg per stuk.

De steenen worden in overlansche rijen in verband op hun plat gelegd, maar ook worden de rijen wel om den ander op plat en op den kant gezet. In dat geval moeten de op hun plat gelegde steenen ten minste 25 cm dik zijn en mogen de op hun kant gestelde niet breeder (in dit geval hooger) dan 40 cm zijn. De puinlaag onder de bloksteenen bestaat uit 1 tot 4 vlijlagen al naar gelang van de dikte der steenen.

Voordat een rij wordt gezet, moet de voorgaande dicht en vast met puin en steenstukken worden onderstopt en opgesloten.

6. Graniet.

Bij de uitvoering der Zuiderzeewerken zijn ook vrij regelmatig behakte blokken graniet voor steenglooingen verwerkt op de wijze als boven voor bloksteen is vermeld.

7. Noorsche of Drentsche steen.

De soort is graniet. De steenen worden meest verwerkt in de afmetingen en met de afgeronde kanten zooals men ze aan kusten, stroomen en in den grond vindt. Alleen de grootste worden gekloofd.

Noorsche steen werd langen tijd, veelal als ballast aan de Noorsche kust ingeladen om aan de Noordhollandsche, Friesche en Groninger dijken te worden verwerkt als stortsteen. Omstreeks 1800 begon men van deze steenen ook glooingen te zetten.

In de hooge gronden van ons land vindt men zwerfsteenen van dezelfde soort en vorm als uit Noorwegen werden aangevoerd en in enkele streken, voornamelijk in Drente, is het uitgraven of verzamelen en vervoeren van die steenen ter hand genomen, in hoofdzaak in tijden van werkeloosheid of als aanvoer uit het buitenland moeilijk of onmogelijk was.

In het begin van de vorige eeuw werd het graven en vervoeren van deze steen zelfs een van de groote voordeelen genoemd, die door het graven van kanalen in Drente zouden worden bevorderd.

Hoewel aan tal van dijken in het noorden van ons land nog steenglooingen van Noorsche en Drentsche steenen te vinden zijn, heeft aanvoer van nieuwe steenen niet meer of althans slechts bij uitzondering plaats. Voor nieuw werk is deze steen geheel door andere soorten verdrongen. Ze is voor zetwerk dan ook niet bijzonder geschikt door de ronde vormen waardoor de steenen elkaar maar over geringe oppervlakten kunnen raken en elkaar dus niet goed steunen.

De steenen worden zooveel mogelijk in langsrijen gezet, met de grootste en vlakste zijden beurtelings boven en onder. Onder de naden en openingen aan de bovenzijde, zijn er steeds vele, waarin stopstukken niet klem geslagen kunnen worden. In verhouding tot de sterkte heeft de glooing dan ook eene groote dikte. Van de zeer groote steenen, die men in Noorwegen heeft gekloofd, zijn de splijtvlakken goed vlak, maar overigens zijn ze veelal zoo rond, dat de kanten elkaar al op heel weinig plaatsen raken.

Vele van de steenen zijn te zwaar om ze te tillen, zoodat ze slechts met een bok en een steentang kunnen worden gezet.

De puinlaag krijgt de normale dikte van die onder vorengenoemde glooingen maar voor onderstoppen en aanvullen is betrekkelijk veel puin noodig.

Aangegoten met beton kan deze steen wel een sterke glooing geven.

8. Basalt.

Basalt, die hier voor steenglooingen wordt gebruikt, is afkomstig uit de basaltgroeven langs den Rijn in Duitschland. Nadat basalt omstreeks of even voor het midden van de vorige eeuw in Nederland aan de markt kwam, heeft de toepassing o.a. aan zeedijken al spoedig een hoge vlucht genomen. Men onderscheidt de in horizontale en schuine lagen afgezette tafelbasalt en de ongeveer verticaal in prisma's gespleten zuilenbasalt. Tafelbasalt wordt voor glooiingsteen zelden of nooit meer toegepast, zuilenbasalt zooveel te meer. Deze heeft voor glooiingen dan ook een bijzondere geschiktheid, doordat de steenen zich dicht laten zetten, de zijvlakken elkaar daarbij over vrijwel de geheele hoogte raken, zoodat, bij goed zetwerk, de steenen elkaar stevig steunen en ook omdat de zuilen in velerlei lengten zijn te verkrijgen, zoodat men de dikte der glooiing geheel aan de behoefte kan aanpassen.

Basalt is grijs tot blauw-zwart van kleur. Uit sommige groeven is de kleur licht grijs maar heeft de buitenlaag ter dikte van 2 à 5 cm een roestkleur. Aan de kwaliteit doet dit kleurverschil niets af. Ook is er basalt waarvan de kern bijna zwart, de buitenkant roestkleurig is. De buitenkant zit vaak vol scheuren: de kwaliteit is dan slecht.

Deze, maar ook wel zuilen zonder roestrand hebben soms losse korsten, wat ze voor glooiingsteen ongeschikt maakt. Ook zijn er zuilen, waarin losse groeflagen, kwade aderen of plekken, zoutgaten, zachte gedeelten enz. voorkomen. Zoutgaten en zachte plekken maken de steenen, als ze niet al te veel voorkomen, niet onbruikbaar; losse groeflagen, waarop de zuilen later veelal stukspringen, wel.

De beruchte kwaal van basalt uit sommige groeven of groefgedeelten, is zonnebrand. Zonnebrand openbaart zich gewoonlijk maanden, soms pas jaren, nadat de steen is verwerkt. De steenen vallen dan in kleine korrelvormige stukjes van soms niet grooter dan een erwt en in fijn gruis uiteen. Zoolang deze steenen nog maar kort uit de groef zijn, veelal ook nog als ze op de werken worden aangevoerd, is er van zonnebrand gemeenlijk nog niets te bespeuren.

Er zijn zuilen, die op het breukvlak grijze (z.g. witte) sterretjes vertoonen, die men vooral kan waarnemen als men de steen iets vochtig maakt, b.v. die beademt. De steen wordt dan donkerder, de sterretjes behouden hun kleur, zoodat de kleurtegenstelling grooter wordt. De sterretjes zijn meest rond met een diameter van één tot enkele millimeters, zoowel op verticale als op horizontale doorsneden en het betreft hier dus grijze in donkerder steen opgesloten bol- of ongeveer bolvormige korrels. Door velen wordt aangenomen, dat die witte sterretjes zonnebrand aanduiden. Inderdaad vindt men die sterretjes ook vaak op steenen, waaraan de kwaal zich al duidelijk heeft geopenbaard, zie afb. 32 en 33.

Door anderen wordt echter ontkend, dat witte sterretjes zonnebrand aanduiden; deze zouden ook wel op basalt, vrij van die kwaal, voorkomen.

Normaalblad N 532, Basalt, vermeldt als opmerking „stervormige vlekjes behoeven geen reden tot afkeuring te zijn”.

De A.V. van 1938 bepaalt in par. 311, dat omtrent basalt de voorschriften gelden van Normaalblad 532, met die afwijking, dat het basalt geen stervormige vlekjes mag vertoonen, voorzeker in deze het veiligste en daardoor juiste standpunt.

De versche breuk van basalt moet schelpvormig-stralig zijn. Het volumegewicht moet ten minste 2.85 bedragen. De zuilen moeten in het algemeen den vorm van een vijf- of zeszijdig-prisma bezitten met overkruis gemeten, eene doorsnede tusschen 15 en 35 cm. De zijden van eenzelfde prisma loopen in breedte gewoonlijk ver uiteen. Daardoor en door het verschil in doorsnede is het dicht ineenzetten van de zuilen niet eenvoudig. Elke zuil moet echter door zijn burens worden ingeklemd. Geen enkele mag los staan, zoodat men hem b.v. met den voet kan bewegen. Groote openingen mogen niet voorkomen. Men stelt wel den eisch, dat een stuiter van normale grootte aan den bovenrand van de nog niet afgestopte glooiing losgelaten naar den teen moet kunnen rollen en niet onderweg in een gat moet verdwijnen. Eischt men

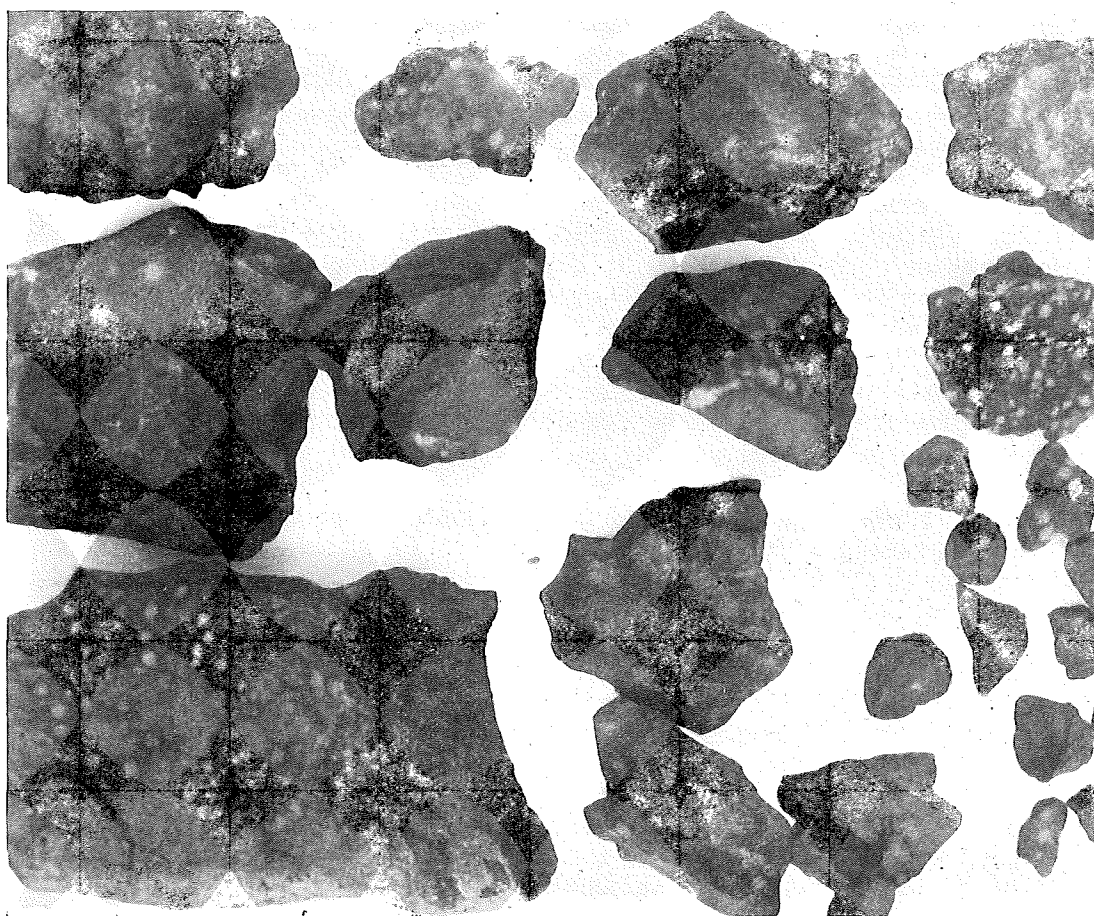


Fig. 32. Basalt met witte sterretjes en zonnebrand (ware grootte).

bijzonder groote dichtheid, dan komt het zetten in verhouding zeer duur uit.

In de groef hebben de prisma's eene groote hoogte, doch bij het losbreken en neervallen breken ze in stukken van allerlei grootte.

Voor glooiingen worden de zuilen geleverd in lengten van gemiddeld 20, 25, 30, 35, 40 en 45 cm maar zoo noodig kan men ook nog langere steenen verkrijgen.

In de lengte is een speling geoorloofd van 5 cm naar boven en naar beneden, met dien verstande echter, dat voor $\frac{2}{3}$ der partij een speling geoorloofd is van ten hoogste 5 cm naar boven en voor het overige $\frac{1}{3}$ gedeelte een speling van ten hoogste 5 cm zoowel naar boven als naar beneden, waarbij de gemiddelde lengte van de partij ten minste moet overeenkomen met de bepaalde gemiddelde lengte.

Zuilen worden nu nooit anders dan op den kop in de glooiing gezet. Aanvankelijk heeft men zuilen van 1.— m en langer in langsrijen op den kant gelegd. O.a. het dammetje langs de Oostzijde van Schokland, dat daar in de plaats is gekomen van den bekenden gesloten paalregel met loopplank, was zoowel aan de binnen- als aan de buitenzijde op die wijze met lange zuilen belegd. Deze glooiingen waren wel dicht maar toch niet sterk daar de meeste zuilen niet met een zijvlak doch slechts met een rib tegen elkaar sloten en ze elkaar daardoor maar weinig steunden. Op een weinig aangevallen plaats als de oostzijde van Schokland voldeed de



Fig. 33. Door zonnebrand tot gruis geworden basalt.

glooiing vrij goed, maar deze wijze van verwerken heeft toch zelden navolging gevonden.

Aan de op den kop te zetten zuilen moeten de onder- en bovenzijden ongeveer haaks op de zijvlakken staan; voor ten hoogste $\frac{1}{5}$ gedeelte eener partij mag één eindvlak met de zijvlakken een scheven hoek maken. In sommige groeven breken de zuilen met haaksche kopvlakken of zijn die koppen met enkele hamertikken haaks en vrij vlak te maken; in andere echter is de breuk vaak schuin, geeft het bijhakken moeite en zijn de koppen daarna ruw en oneffen.

De basaltsteen, die door hun vorm of afmetingen niet als zuilenbasalt konden worden afgeleverd, dienden vroeger vooral voor bestortingen. Voor sommige werken, b.v. de kribben in de rivieren, die voor een deel werden bezet en overigens bestort, werden veelal voor het zetswerk geen zuilen bepaald, doch werden de mooiste of beter gezegd, de minst onregelmatige, steenen uit de stortsteen gezocht.

Aan de stortsteen ging men daarvoor soms hooger eischen stellen en zoo is een sorteering basaltsteen ontstaan, onder de benaming „zetsteen" die nu ook aan zeedijken wel toepassing vindt.

De aan die sorteering op het Normaalblad 532 gestelde eischen zijn:

1. Zetbasalt moet behoorlijk zetbaar en eenigszins regelmatig van vorm zijn met ten minste

- één vlakke werkzijde van ten minste 2 dm² oppervlakte, welke ongeveer haaks op de lengterichting moet staan;
2. de dikte der zuilen moet, over kruis gemeten, zijn gelegen tusschen 15 en 35 cm;
 3. het gewicht van elke zuil moet ten minste 20 kg bedragen;
 4. de lengte der zuilen zal in het bestek of de overeenkomst worden bepaald;
 5. in de lengte der zuilen is voor 2/3 der partij een speling geoorloofd van ten hoogste 5 cm naar boven; voor het overige 1/3 gedeelte een speling van ten hoogste 5 cm naar boven en naar beneden, met dien verstande, dat de gemiddelde lengte der zuilen ten minste overeenkomt met de maat bedoeld sub. 4.

De normale lengten van zetbasalt komen overeen met die van zuilenbasalt.

In hoofdzaak worden echter de korte maten, van 20 en 25 cm, verwerkt. In die zetsteen komen er soms voor, waarvan de oppervlakte te groot is in verhouding tot de dikte, te meer, als tevens de eene kop erg schuin is. Bij voorkeur zet men deze op den kant, vooral als een der zijanten een vlak is met geringe afschuiningen. Par. 204 der A.V. laat dit dan ook toe.

Van zetsteen is veelal een mooie glooiing te maken, die soms van een van zuilenbasalt niet is te onderscheiden dan alleen door de enkele steenen, die op den kant zijn gezet, maar die meestal toch wel minder sterk is dan een van zuilenbasalt van dezelfde dikte, omdat er steenen in voorkomen waarvan, door den schuinen onderkant, de hoogte aan één zijde gering is.

Basalt wordt ook nog geleverd in de sorteering: gesorteerde stortsteen. De steenen zijn minder van vorm dan zetsteen en op zeedijken vinden ze voor glooiingen weinig toepassing.

9. Beton.

Het spreekt haast vanzelf, dat beton en gewapend beton, naast de zeer vele toepassingen voor bouw- en waterbouwkundige werken ook voor verdediging van het buitenbeloop van dijken, ruime toepassing hebben gevonden en het soms den schijn heeft, dat deze materialen ook hier de van ouds bekende, radicaal zullen verdringen.

Een beletsel daarvoor is alleen, dat niet alle beton tegen de inwerking van zeewater bestand is, daardoor de levensduur wordt beperkt en de glooiingen er soms spoedig haveloos gaan uitzien. Dit is vooral het geval, als versche beton met zeewater in aanraking komt, in de eerste plaats dus bij constructies waarvan de beton in het werk wordt gestort, beneden H.W. en iets daarboven. Door het gebruiken van bepaalde cementsoorten en van toeslagstoffen als tras, puzzolaanaarde, pudlo enz., is het mogelijk beton te maken dat niet of weinig door zeewater wordt aangetast, maar toch verdient het ook nog de voorkeur dat beton eenige maanden te laten verharden alvorens ze aan het veelvuldig bespoelen door zeewater bloot te stellen.

Enkele constructies waarbij dit niet mogelijk is, zooals bij de betonglooiing systeem de Muralt, hebben ondanks het bezwaar, dat ze ter plaatse worden gemaakt en beneden H.W. slechts door zeer zorgvuldig geconstrueerde bekistingen tegen directe beschadiging kunnen worden beschermd, toch veel toepassing gevonden.

Dit is voornamelijk het geval in Zeeland. Van toepassing beneden H.W. heeft men, om de bezwaren bij de uitvoering en bij herstellingen, thans echter vrijwel geheel afgezien. Bij dit systeem wordt de glooiing door balken en dwarsbalken van licht gewapend beton in vakken van ongeveer 2 bij 3 m verdeeld. De balken reiken 30 cm in den grond, de teenbalk echter ongeveer 55 cm. De sleuven voor die balken worden nauwkeurig op maat uitgegraven. De balken zijn van boven 6 cm uitgekraagd, welke uitkragingen grijpen over gewapende betonplaten, die de vakken tusschen de balken ineens overspannen. De oppervlakte van deze platen is trapvormig, om daardoor den golfoploop te beperken. Bij de uitvoering worden eerst de platen gestort op het vooraf effen gemaakte en bekramde beloop in bekistingen, die vooral

beneden H.W. zeer dicht moeten zijn. Na het verharden van de platen worden daartusschen de sleuven voor de balken gegraven en dan die balken gestort, eveneens in extra dichte bekistingen, die op de platen aansluiten.

Door de verdeeling in vakken waarvan de onderdeelen los in elkaar grijpen, wordt het ontstaan

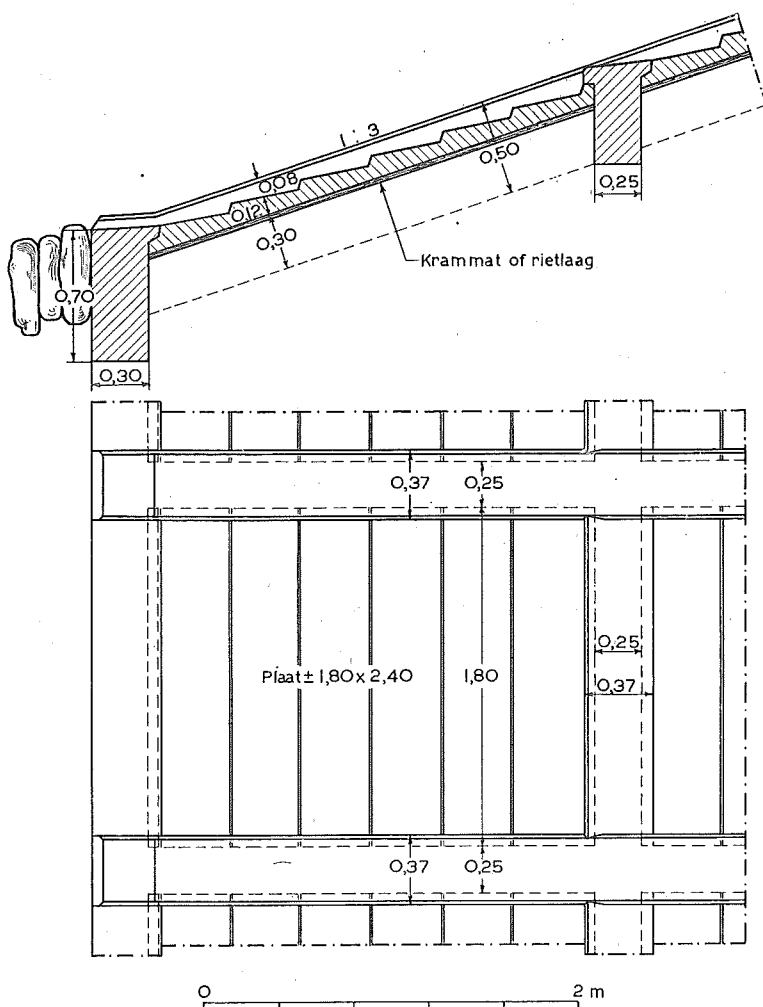


Fig. 34. Betonglooiing, systeem de Muralt.

van puin is in vele gevallen niet noodig of zelfs niet wenschelijk en ook op nieuwe gronden kan met een krammat als onderlaag worden volstaan.

Naden, voorzooveel die iets openstaan, worden met slik volgewasschen. De voorziening aan den teen moet zeer dicht zijn. Gewoonlijk zijn daar betonbanden noodig van bijzonderen vorm, waartegen de zuilen goed aansluiten. Ook waar knikpunten in het beloop zijn en langs den bovenrand, worden betonbanden aangebracht. De oppervlakte is zeer glad waardoor elke afsplintering en verzakking duidelijk in het oog springt en aan de glooiing al spoedig een haveloos aanzien geeft. Een bezwaar is soms ook dat de glooiing door die gladheid niet beloop kan worden.

van krimpscheuren en door het overkragen van de balken, het ontstaan van naden, waardoor grond zou kunnen wegspoelen, voorkomen althans op oude beloop. Fig. 34. Op versche beloop ontstaat door het nazakken van den grond, ruimte onder de platen. Het is dus zaak, de toestand periodiek te controleren en zoo noodig door het aangieten met dunne mortel onder de platen, die ruimten te vullen, opdat deze niet zullen zakken en breken.

Beton wordt verder vrij veel toegepast in den vorm van zuilen. Veelal maakt men ze zeshoekig met 15 cm zijde, dus 30 cm overkruis en hoog 15, 20 en 25 cm. Wordt gezorgd voor stevige nauwkeurig uitgevoerde mallen, dan kunnen uit den aard der zaak van deze zuilen op rechte beloop zeer dichte glooiingen worden gezet. Op gebogen beloop is dat niet het geval, tenzij ze er op zijn gemaakt. Een onderlaag

Dit laatste bezwaar is opgeheven bij de diaboolglooiing systeem I. Streefkerk, fig. 36 en 37, welke glooiing bestaat uit vierkante zuilen met geknikte zijvlakken, waarvan de helft of een vierde van het aantal met een kop van 10 cm of meer boven de glooiing uitsteken. Die koppen dienen vooral om den golfoploop te beperken. Door den geknikten vorm der zijanten grijpen de zuilen of blokken zeer vast inelkaar, zoodat de zwaarder golfaanval geen bezwaar oplevert, de glooiing ook bij betrekkelijk geringe dikte nog bijzonder sterk is en ze ook op niet te sterk gebogen vlakken toepassing kan vinden.

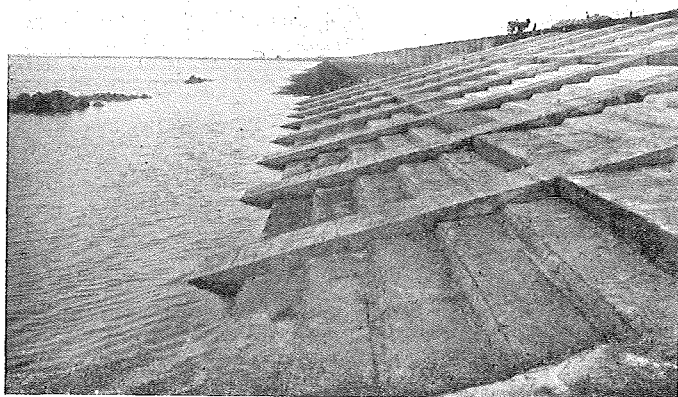


Fig. 35. Zeedijksglooiing van gewapend beton, nabij Zierikzee.

Foto J. v. d. Valk Lzn.

gezet. Ze vonden o.a. toepassing aan den Afsluitdijk van de Zuiderzee om den golfoploop te beperken. Ze zijn daar gezet op een krammat waarop 2 vlijlagen van puin en 5 cm geklopte puin. De onder- en bovenrand moeten met bijpassende betonbanden worden afgesloten.

Een glooiing van betonblokken, waarvan het ondervlak schuin is naarmate het beloop helt en het bovenvlak bijna horizontaal loopt, zoodat elke rij aan de benedenzijde boven de vorige rij uitsteekt en zoo een trappenglooiing wordt gevormd, is die volgens het systeem Leenderse. Fig. 38.

De blokken zijn 50×50 cm de opstaande kant boven elke vorige rij is omstreeks 10 cm. De blokken grijpen aan alle kanten met sponningen in elkaar. Ze worden in rechte rijen in halfsteensverband

Een zeer lichte betonverdediging is de z.g. spijkerglooiing. Deze bestaat uit vierkante betonplaten van 40 cm zijde dik 6 of 8 cm. Ze grijpen met sponningen onder elkaar. De platen hebben om den ander een vierkant gat, om ze met een z.g. spijker, een paaltje van gewapend beton, zwaar 8×8 cm en lang 40 à 50 cm, aan den grond te kunnen vastpennen. De boven- en onderrand worden afgesloten met een bijpassenden betonband. De geringe dikte van de platen is een nadeel en toch is, ten opzichte van een even sterke glooiing van betonzuilen, de besparing aan beton niet zoo groot, dat de meerdere kosten van fabriceren en leggen daardoor worden gedekt.

Een bezwaar is daarbij, vooral op nieuwe gronden, dat de platen niet altijd regelmatig met den grond meezakken en het neerdrijven van platen en paaltjes vooral in den eersten tijd af en toe noodig is, waarbij het gevaar bestaat, dat platen breken of de sponning-kanten er afspringen. Voor zeedijken is deze verdediging dan ook maar in weinig gevallen aan te bevelen.

10. Baksteen.

Baksteen heeft voor steenglooiing het groote voordeel van niet te worden aangetast door zeewater, terwijl de middelharde en harde sorteeringen (miskleurige klinker en straatklinker-kwaliteit) niet stukvriezen en niet verweeren. In dit opzicht is baksteen sterker dan natuursteen,



Fig. 36. Diaboolglooiing systeem I. Streefkerk.

want in natuursteenglooiingen treft men na korter of langer tijd altijd steenen aan die gescheurd, afgeschilferd of geheel vergruisd zijn, in die van graniet wellicht alleen uitgezonderd.

Ondanks de goede eigenschappen van baksteen heeft deze lang niet in die mate als natuursteen aan de zeedijken toepassing gevonden. Voor een deel is dit te wijten aan den prijs, maar meer nog aan den tegenzin van de beheerders van dijken, om kleine eenheden, als het gewone formaat baksteen, toe te passen. Aan een groot eigengewicht van iederen steen wordt, vaak ten onrechte, groote waarde toegekend, hoewel de ervaring met b.v. Noorsche en Drentsche steen, voldoende heeft geleerd, dat het nadeel van in verhouding groote kopvlakken en van kleine aanrakingsvlakken van de steenen onderling, niet wordt goedge maakt door groote afmetingen en dat kleine eenheden een sterke glooiing geven, als de zijvlakken elkaar maar goed raken. De eerste pogingen om baksteen op nogal zwaar aangevallen belooien voor verdediging te gebruiken, geschieden omstreeks 1808 met blokken van 42×42 dik 19 cm die met sponningen in elkaar grepen en die ± 61 kg wogen. Ze zijn toegepast o.a. op den dijk bij Vollenhove, op 3 vlijlagen van puin en op enkele plaatsen in Zeeland en hebben daar uitnemend voldaan. Een vak langs de Westerschelde aan den Biezelingschen Ham, o.a. ligt er nu na ruim 100 jaar nog en de blokken hebben nog niets geleden. Aan de glooiing is in al dien tijd geen onderhoud geweest. Ook zijn omstreeks dien tijd blokken gebakken zonder sponningen, van $40 \times 30 \times 20$ cm, waarmee dus glooiingen van drie verschillende dikten konden worden gemaakt.



Fig. 37. Diabolglooiing systeem I. Streefkerk.

Dat de blokken na de zoo gunstige ervaringen niet veel meer zijn toegepast, is te wijten aan de moeilijkheid ze te vormen, te drogen en te bakken. Zelfs nu de bak-techniek sedertdien groote vorderingen heeft gemaakt, is het niet eenvoudig zulke blokken te fabriceren zonder al te groote verliezen aan gescheurde en misvormde. In dien tijd moet het percentage verlies wel zeer groot zijn geweest, zoodat daardoor de prijs van de goede steenen te hoog werd ten opzichte van de natuursteen.

Wanneer de omstandigheden daarvoor gunstig mochten worden zullen de vlamovenfabrikanten ongetwijfeld pogen, door een juiste menging en bewerking van de klei, zonder al te veel afval weer blokken te vormen en te drogen. Het bakken levert geen te groote bezwaren meer op.

Zooals boven reeds werd opgemerkt vinden klinkers op den kant veel toepassing voor een overgangsstrook van een zwaarder steenbekleding naar de grasmatt.

Langs vele dijken is daarvoor geen harder kwaliteit verwerkt dan miskleurige klinkers, de hardste metselsteen dus, en deze blijkt daar vrijwel onvergankelijk te zijn.

De steenen worden in langsrijen in halfsteensverband gestraat in fijn gekruimelde klei of koud gezet op de effen uitgegraven kip. De glooiing wordt met kruimelgrond of met slik ingewasschen. Soms wordt, om begroeiing te bevorderen, daarna gras gezaaid.

Begroeiing ontstaat in elk geval vrij spoedig en het gras en de wortels maken de glooiing zeer stevig in verhouding tot de dikte. Niet alleen nabij de kruin, maar ook op het benedendeel

van sommige dijken, wordt halfsteens bestrating toegepast, voornamelijk daar, waar het be-
loop te dikwijls door zout water wordt bespoeld om een dichte grasmat in stand te kunnen
houden.

De klinkers worden daar al naar behoefte, koud op de effen afgevlakte kip, op een dun
laagje kruimelaarde of op een laag
vette klei gestraat en met die klei of
met slik goed ingewasschen en dan
aangestampt. Fig. 39. Ook wordt wel
een krammat gelegd, waarop de
klinkers koud, of op een dun laagje
kruimelaarde, worden gestraat.

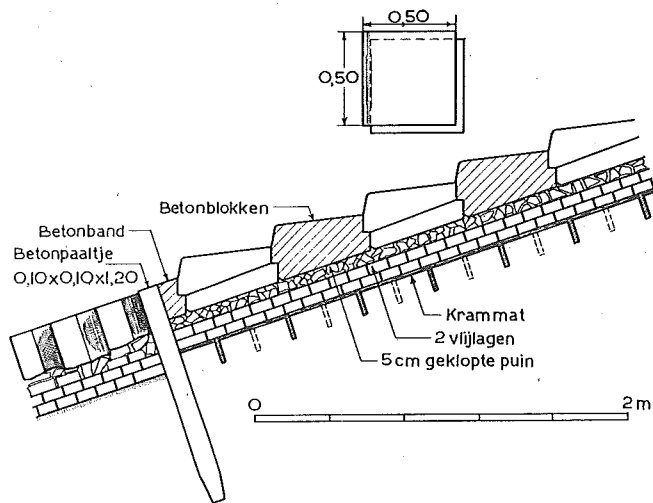


Fig. 38. Trappenglooiing, systeem Leenderse.

De glooiing wordt door rijen kribpalen in vakken verdeeld van 2 m lengte en 1 m breedte,
waartusschen op een vlijlaag van puin of 5 cm geklopte puin, en daarop 5 cm kleigrond, klinker-
puin op den kop wordt gestraat. Voor de beschrijving van de constructie moge naar genoemde
paragraaf der A.V. worden verwezen.

Par. 209 der A.V. omschrijft een
glooiing van baksteen op
platte lagen, die bestaat uit
twee vlijlagen van puin, waarop klin-
kers op den kant worden gestraat en
met klei ingewasschen.

Een ouderwetsche, nu maar zelden
meer toegepaste constructie van
klinkers op den kant, aan Zeeuwsche
dijken, is de glooiing van
puin tusschen kribpalen
vlg. par. 212 der A.V.

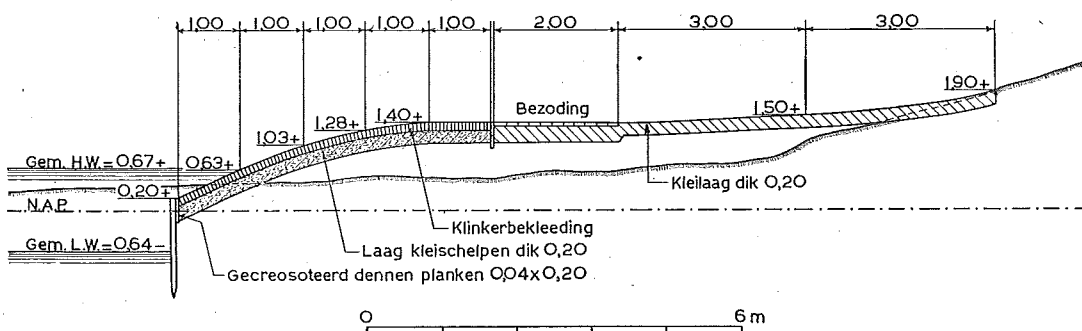


Fig. 39. Oeververdediging van klinkers op Terschelling.

Een veel sterker glooiing dan van klinkers op den kant, is die, van klinkers op den kop, ter dikte
dus van ongeveer 20 cm. Omstreeks 1880 is men begonnen deze toe te passen op dijken in
Friesland met zoo'n gunstig resultaat dat daar de oudste glooiingen nu nog onverlet liggen.
Fig. 40. Althans daar, waar ze werden toegepast op oude niet pas aangevulde belopen,
is nog nimmer herzetten of ander onderhoud noodig geweest. Het inklinken van nieuwe be-
loopen wordt, uit den aard der zaak, niet door de klinkerbekleding belet, het uitspoelen van
grond echter wel. De klinkers worden rechtstreeks op het aarden beloop in kopverband gezet

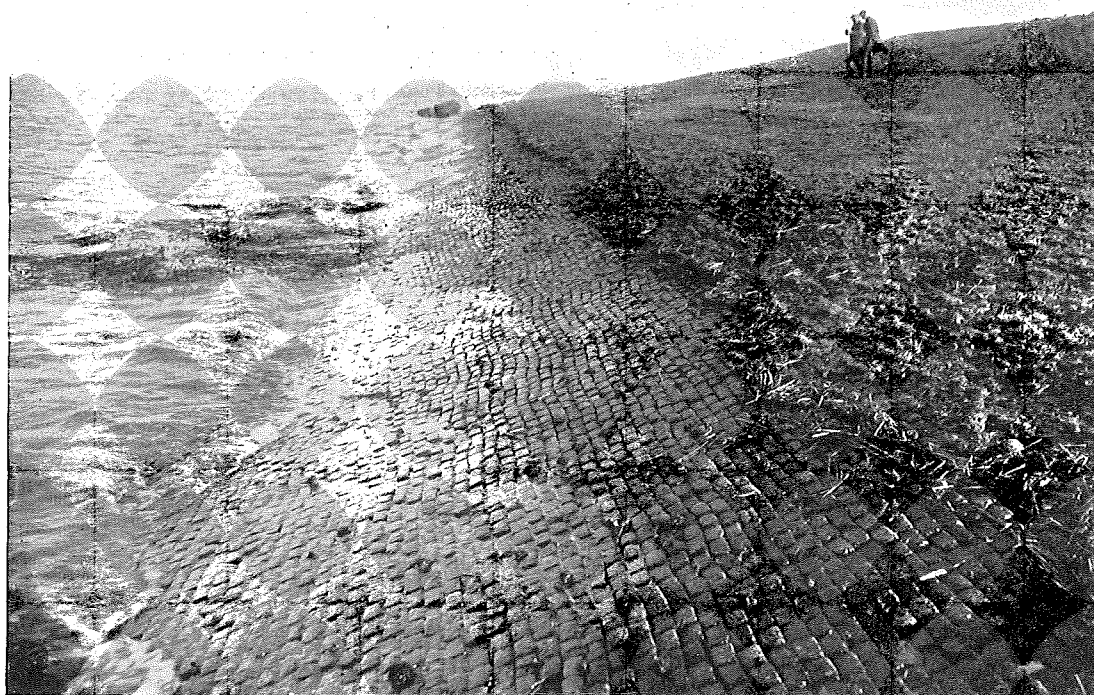


Fig. 40. Klinkerglooijing te Holwerd.

en met klei ingewasschen. Boven H.W. ontstaat spoedig een dichte begroeiing zie fig. 41.

Uit den aard der zaak geven vlakke klinkers een dichter bekleeding dan getrokken klinkers en veelal worden dan ook alleen vlakke gebruikt, van de hardheid van miskleurige klinkers, vaker nog vloerklinkers, of sorteering III of II.

Zoowel waalvorm en dikformaat als klinkerkeien worden gebruikt. Sommige directies hebben bepaalde voorkeur voor de grootste eenheden, dus voor de klinkerkeien. Alle oude glooiingen bestaan echter uit klinkers van den waalvorm. Het zetten van klinkers en klinkerkeien op den kop is zoo eenvoudig en de stevigheid, dichtheid en duurzaamheid van de glooiingen zijn zoo groot, dat deze constructie een veel ruimere toepassing verdient dan haar tot dusver mocht te beurt vallen.

Een bezwaar dat men er tegen kan aanvoeren is, dat, als tijdens storm er ergens een gat in mocht ontstaan, allicht meer materiaal zal wegslaan en misschien verloren gaan, dan met zwaarder eenheden het geval zou zijn.

§ 11. Het onderzeesche beloop.

Beneden de lage ebstanden kan geen steenglooijing worden gezet en om de gelegenheid tot het maken of langs de benedenrand herstellen van de steenglooijing niet al te zeer te beperken, wordt de teen veelal niet lager dan gemiddeld L.W. en soms nog hooger bepaald. Het is voor steun van de steenglooijing en de veiligheid van het beloop veel waard, dat ter hoogte van den onderkant der steenglooijing een berm van eenige meters breedte aanwezig is (kreukelberm of benedenberm), die zoo noodig met eene strook van het lager gelegen beloop, met kraag- of zinkstukken wordt afgedekt en met steen bestort, of alleen bestort.



Fig. 41. Klinkerglooïing te Holwerd. De boven H. W. met gras overgroeide glooïing is over een klein gedeelte bloot gemaakt.

Op eenige diepte beneden L.W. is de golfslag zelden hevig maar wel wordt het beloop op menige plaats aangevallen door sterken stroom en heeft daardoor uitschuring plaats tenzij het beloop daartegen wordt beschermd. Zink- en kraagstukken zijn daartoe het meest geschikt, terwijl ze, door ze in drijvende toestand te belasten met steen, ter plaatse kunnen worden gezonken. Rijsconstructies hebben het nadeel, dat ze door paalworm zoodanig kunnen worden vernield, dat ze hun samenhang verliezen en dan maar weinig dienst meer doen. Voor een der lagen van de constructie wordt daarom wel riet gebruikt. Riet geeft eene dichte afsluiting van den grond, terwijl het vrij van paalworm blijft.

Door het bestorten met schorkloeten en klei tracht men daarbij het rijshout voor den paalworm onbereikbaar te maken en het door steenbestorting verder te beschermen.

Bestortingen van steen zijn altijd minder dicht dan steenglooïing tenzij de bestorting een veel grootere dikte verkrijgt en met wieren, mossels enz. begroeid geraakt. De voor nabestorting van aan den grond gebrachte zink- en kraagstukken aangewende hoeveelheden steen wisselen tusschen $3/4$ en $5/4$ t per m^2 , bij regelmatige storting een laag vormend van 0.50 à 0.80 m dikte. Wordt geen rijswerk aangebracht, maar alleen steen gestort, dan is gewoonlijk meer steen noodig omdat het moeilijk is, de bestorting geheel regelmatig uit te voeren en de steenen vaak meer dan dienstig is, naar beneden rollen of in den grond wegzakken.

Waar diepe geulen den dijk dicht zijn genaderd, zooals b.v. bij den Helder en op tal van plaatsen in de Zeeuwsche stroomen het geval is, is de verdediging van den onderzeeschen oever een zaak van het grootste gewicht, waarvan het behoud van den dijk geheel afhangt. Belangrijke kapitalen, die de kosten van aanleg en onderhoud van den dijk zelve ver overtreffen, zijn er gewoonlijk mee gemeoid.

Is de oever flauw hellend, afwisselend afnemend en aanwassend onder den invloed van getijstroomingen en winden, zooals op de stranden langs en nabij de Noordzee, dan worden tot behoud van het onderzeesche beloop, rechthoekig op de oeverlijn, dammen van rijswerk en steen, de z.g. strandhoofden aangelegd, die reiken tot aan of iets verder dan de L.W. lijn. Hoewel ze ook langs dijken voorkomen — o.a. langs den Westkapelschen dijk en de Pettemer en Hondsbossche Zeewering — valt hun beschrijving buiten het bestek van dit boek.

De oevers en bodem van diepe geulen zijn zelden in rust. De grondverplaatsingen tengevolge van de golfbeweging vallen hier geheel in het niet, vergeleken bij die, veroorzaakt door de getijdestroomingen. Vooral in de Zeeuwsche stroomen is dit het geval door de daar voorkomende dikke afzettingen van uiterst fijn zand.

Meermalen wordt in betrekkelijk korten tijd een nieuw bed uitgeschuurd in grondlagen, die lang in rust waren of neemt een bestaande diepe geul nieuwe vormen aan. Daardoor zijn de oevers minder regelmatig, zijn de belooopen steiler en de diepten zeer veel grooter dan langs een gewoon strand.

Veelvuldige peilingen zijn noodig om wijzigingen in den toestand langs- en ook zelfs op grooten afstand van de dijken, tijdig te kennen, om zoo noodig verdedigingsmaatregelen te kunnen nemen, want die zijn hier soms al noodig, al is de dijk nog door voorland van 100 m en meer breedte van de diepe geul gescheiden.

Het is mede van belang te weten of en zoo ja, waar en tot welke grenzen, oude verdedigingen van het onderzeesch beloop aanwezig zijn.

De archieven van de dijksbesturen enz. verschaffen daaromtrent soms licht, doch veelal niet, als het zeer oude werken betreft.

Eerst in de 19e eeuw nam de verdediging van onderzeesche belooopen een beteekenenden omvang aan. In vroegere eeuwen bepaalde men er zich in hoofdzaak toe, langs den laagwater-rand en hooger, rijswerk aan te brengen en dat met puin steen en vooral schorkloeten te bezwaren. Per jaar werden geen groote bedragen verwerkt, doch in den loop der tijden schijnen hier en daar zoo toch niet onbelangrijke hoeveelheden verdedigingsmateriaal van den berm op het onderzeesch beloop terecht te zijn gekomen.

Zoo zijn b.v. langs den dijk van Baarland op Zuid-Beveland, bij duikeronderzoek uitgestrekte bestortingen gevonden, waarvan men het bestaan niet kende.

Voor een juiste beoordeeling van den toestand zijn naast peilingen en duikeronderzoek, vooral ook grondboringen van veel belang. Klei- en veenlagen worden door stroom niet sterk aangetast, maar in het beloop breken ze soms geleidelijk af, doordat er zand onderuit spoelt. Ook worden kleilagen wel aangetast door krabben, schelpdieren enz. maar over 't algemeen houden klei- en derriebanken het afnemen van een oever sterk tegen.

Waar de bodem uit grof zand bestaat, ontstaan bij afname van den oever gewoonlijk vrij steile maar regelmatige en niet erg onstabiele belooopen, die zelden onaangename verrassingen baren. In de soms tientallen meters dikke lagen zeer fijn zand, die in Zeeland langs en onder dijken op tal van plaatsen worden aangetroffen, kunnen echter bij afname van den oever groote en voor de dijken noodlottige afschuivingen ontstaan, zonder dat door sterke afname en het steil worden van het beloop, het gevaar tijdig kenbaar werd.

Die afschuivingen zijn de beruchte *dijkvallen* waarbij dijken over eenige lengte geheel of gedeeltelijk mede afschuiven, of *oevervallen* van hetzelfde karakter, waarbij echter de afschuiving den dijk nog onberoerd laat. In Zeeland zijn al vele polders door dijkvallen verloren gegaan, terwijl dijk- en oevervallen op tal van plaatsen noodzaakten tot den aanleg van kostbare voorzieningen als hoofden, bezinkingen, inlaagdijken enz.

Dijk- en oevervallen treden vooral op tijdens of kort na zeer lage ebstanden. De zee is dan vaak zeer kalm, soms spiegelglad en niets doet onheil vermoeden, tot eenige deining in het

water aanduidt, dat in de diepte iets gebeurt, waarna met korte tusschenpoozen, gedurende enkele uren, stukken voorland in de diepte verdwijnen, en dan, in de ergste gevallen, de buiten-

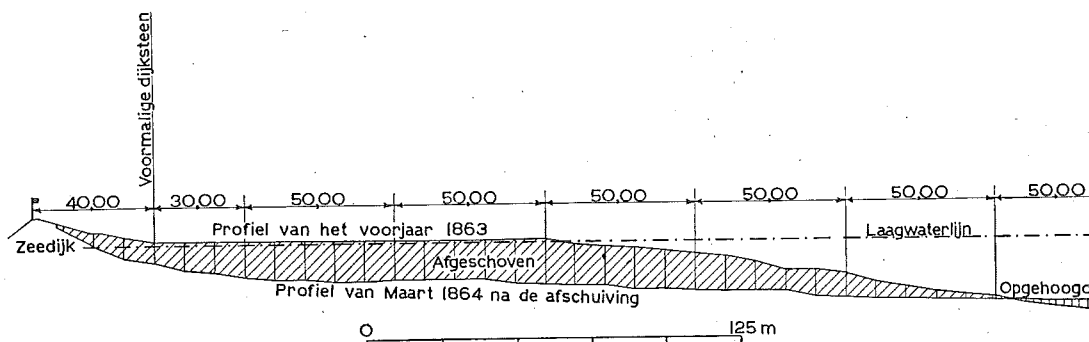


Fig. 42a. Val van 10 Maart 1864 aan den Vlietepolder op Noord Beveland. Dwarsprofiel Peilraai XVI.

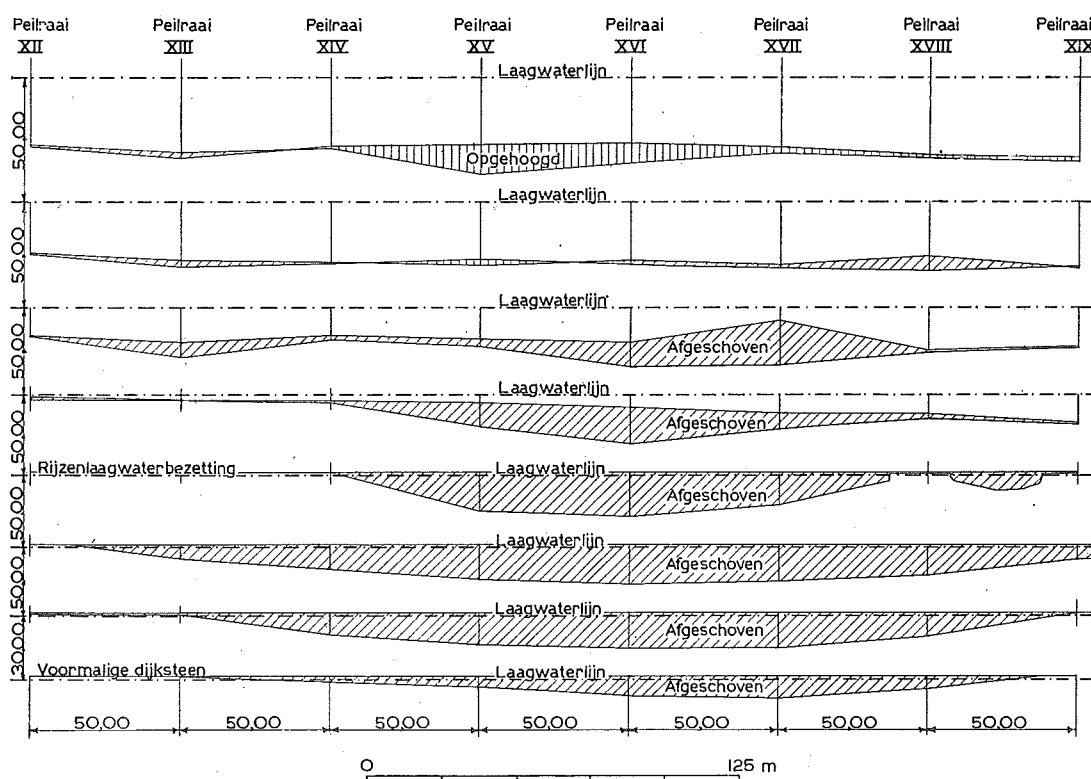


Fig. 42b. Profielen ongeveer evenwijdig aan den oever.

kant van den dijk en soms ook de geheele dijk wegzinkt zoodat dan de polder bij H.W. inundeert.

Waar elders de bodem uit zand bestaat, zijn de belooften onder een helling van 1 op 3 veelal stabiel, ook al liggen ze onder water, hier echter is dat niet het geval, maar is daarvoor 1 op 5,

1 op 7 en soms zelfs 1 op 10 noodig, zoodat dan al veel eerder gevaar bestaat, dan men geneigd is voor mogelijk te houden. Door de groote diepten die in de Zeeuwsche stroomen voorkomen, van 20 à 40 m en op enkele plaatsén 50 à 60 m kunnen de afschuivingen een grooten omvang aannemen. Is de grond eenmaal in beweging, dan gedraagt die zich vrijwel als vloeistof en verspreidt zich over een groote oppervlakte. Er blijft een beloop over, dat aan de landzijde over geringe hoogte vrij steil staat, maar dat voor het grootste deel bijna horizontaal ligt met eenige verhooging verder zeewaarts. Ook aan de einden van den val ontstaat veelal een overeenkomstig beloop, zoodat de val den vorm heeft van den binnenkant van een schelp, zie fig. 42 waarop een dwarsprofiel en eenige evenwijdig aan den oever gepeilde profielen den vorm en den omvang aanduiden van den val van 10 Maart 1864 aan den Vlietepolder op Noord-Beveland.

Fig. 43 geeft de vooroever van dezen polder weer nadat op 11 September 1889 opnieuw een deel was weggevallen. De val van 1864 was toen weer aangeslibd.

De val van 10 Maart 1864 is ontstaan toen het oeverbeloop een helling had van 1 op 7. De lengte van den val bedroeg ongeveer 350 m, de grootste breedte 320 m, de grootste diepte ruim 20 m; ongeveer 450.000 m³ grond was weggeschoven.

Vóór den val van Maart 1892 bij Wemeldinge, had het onderzeesche beloop aldaar een helling van gemiddeld 1 op 2. Deze val had een lengte van 260 m, een grootste breedte van 120 m en een grootste diepte van 20 m — L.W. Ongeveer 200.000 m³ grond schoof af. Bij den val van 29 Januari 1937 aan den dijk van den polder Oud en Nieuw Noord-Beveland langs de Ooster Schelde, schoof 337.000 m³ grond naar de diepte.

De grootste val, bleef langen tijd die bewesten Borsele aan de Wester Schelde van 4 October 1874. Daar schoof een beloop af, dat nog een helling had van 1 op 10, over 560 m lengte en 180 m max. breedte. Niet minder dan 1.600.000 m³ grond verdween in de diepe geul; 7,5 ha boven L.W. gelegen vooroever ging daarbij verloren.

De boringen 24 en 25, fig. 44, die nevens dien val op korten afstand landwaarts daarvan zijn uitgevoerd voor onderzoek van de grondlagen waarin vallen optreden, geven eenig inzicht in de dikte en de geaardheid dier lagen.

Op 9 April 1943 ontstond een dijkval aan den Wilhelminapolder naast de buitenhaven van Goes, van nog grooter omvang n.l. 560 m lengte en 180 m maximale breedte, waarbij ruim 2 miljoen m³ grond afschoof. Fig. 45, 46, 47 en 48.

Het oeverbeloop was daar, blijkens enkele maanden te voren verrichte peilingen, afgenomen tot omstreeks 1 op 5.

Twee dagen vóór den val kwam een hooge vloedstand voor van 2,24 m boven gem. H.W. gevolgd door een zeer hoogen ebstand van 2.60 m boven gem. L.W. waarna normale tijden volgden.

Voorzoo veel de voortgang van de afschuiving werd waargenomen, had die plaats bij mooten van ongeveer 0.75 m dikte en 5.— m lengte, nadat eerst verticale scheuren waren ontstaan.

De havendam en vrij uitgestrekte doch slechts tot 10 à 15 m onder L.W. reikende bezinkingen, schoven mede af.

Nog weer grooter is de dijkval, die in den nacht van 20/21 Januari 1945, een paar km westelijk van de bovengenoemde val, ontstond aan den Oost Beveland polder. De lengte van dezen val bedroeg 650 m maar langs den dijk gemeten, 800 m. De breedte, gemeten van de oude tot de nieuwe L.W. lijn bedroeg in de as van den val niet minder dan 290 m. De inscharing strekt zich uit tot 100 m landwaarts van den dijk; 400 m lengte dijk viel weg; door afkalving werd de opening al spoedig 470 m wijd.

Ter plaatse van den dijk werd na den val tot 12.20 m — L.W. gepeild. De grootste diepte in den val bedroeg 22.60 m — L.W. en op enkele plaatsen is de diepte 24 m toegenomen.

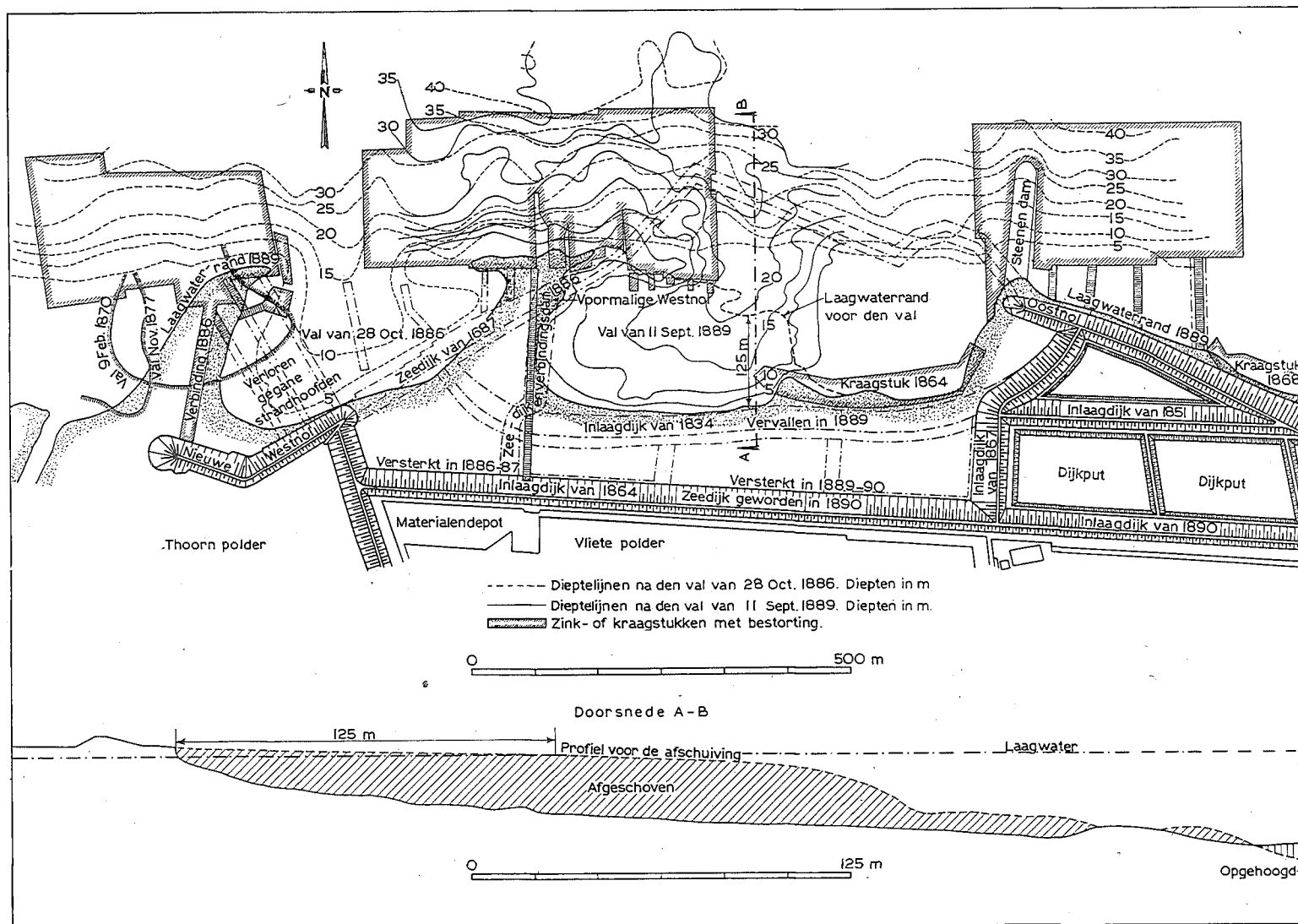


Fig. 43. Vooroever van den Vlietepolder na den val van 11 September 1889.

Van het boven L.W. gelegen terrein is 16 ha onder water verdwenen, waarbij ongeveer 3 miljoen m³ grond is weggeschoven.

Aan de Oostzijde strekte de val zich uit tot achter de daar aanwezige oeverbezinking. Het uiterste zinkstuk is aan de landzijde eenige meters gezakt maar overigens heeft hier, evenals bij de meeste andere vallen, de bezinking goed stand gehouden.

Op 300 m van den val was indertijd een grondboring verricht waarbij was bevonden, dat van 3.20 m tot 38.20 m — N.A.P. d.i. tot 36.56 m — L.W. de bodem uit zeer fijn zand bestaat.

Volgens de laatste peiling voor den val, in April—Mei 1944, bedroeg op 440 m uit de L.W. lijn de diepte 50.6 m — L.W. zoodat het onderwaterbeloop toen dus een gemiddelde helling had van ruim 1 op 8.

De bezinking ligt aan haar westelijk einde onder een helling van 1 op 4.

Het onverdedigde beloop westwaarts daarvan had van de L.W. lijn tot de dieptelijn van 25 m — L.W. vrijwel over de geheele lengte een helling van gemiddeld 1 op 5.

Vermoedelijk is dit beloop na Mei 1944, door den fellen — vooral bij eb sterk op den oever gericht — stroom, nog afgenomen en was het fijne zand bij een helling van iets steller dan 1 op 5, niet meer stabiel.

Na den val bleek, in de as, het beloop tot 40 m uit de nieuwe L.W. lijn een helling te hebben aangenomen van gemiddeld 1 op 5 en verder zeewaarts van 1 op 10 tot 1 op 100.

Bij de laatste eb vóór het ontstaan van den val, liep het water af tot 0.20 m beneden gem. L.W. dus niet bijzonder laag.

Van den val heeft men niets gemerkt vóór het ondervloeden van den polder.

Dat de twee laatste vallen de grootste zijn, die tot dusver in Zeeland zijn voorgekomen en de laatste nog weer grooter was dan de voorlaatste, behoeft niet te worden aangemerkt, als een aanwijzing, dat het gevaar van het optreden van groote vallen, met de jaren toeneemt.

Een geul van meer dan 50 m diepte — een diepte die in Zeeland ongewoon groot is — maakt hier een sterke kromming naar den oever, op een plaats waar, zooals boven reeds werd vermeld, de bodem een laag zeer fijn zand bevat van niet minder dan 35 m dikte. Die geheele laag is door den stroom ingesneden.

Het gevaar, dat het samenvallen van deze ongunstige omstandigheden zou gaan opleveren bij het verder naar den oever opdringen van de geul, werd wel ingezien, doch het uitbreiden van de bezinkingen zou bijzonder hoge uitgaven vorderen en o.a. groote hoeveelheden rijshout en stortsteen zouden daarvoor moeten worden aangevoerd. Gedurende den oorlog was er niet de minste gelegenheid daartoe te geraken. Men kon slechts hopen, dat het gevaar nog niet dicht voor de deur stond. Die hoop is ijdel gebleken; de vallen ontstonden nog eerder dan werd gevreesd en tot ongekenden omvang.

Verwacht mag worden, dat men in de toekomst wel de gelegenheid zal hebben, om op dergelijke plaatsen tijdig in te grijpen en dat, door het geleidelijk gaan verdedigen van sterk aangevallen plaatsen, het gevaar van het ontstaan van vallen van grooten omvang, eer geringer dan grooter zal worden.

De breedte van de vallen houdt verband met de diepte van de geul nabij den teen van het onstabiele beloop. De helling, die als de critieke is te beschouwen, hangt af van de samenstelling van den grond en vrij zeker ook van de hoogte van den vooroever boven de laagste eb, daar de grond, gelegen boven den zeespiegel niet alleen de bovenbelasting vormt op den ondergrond, doch tevens omdat daaruit water naar den ondergrond afvloeit, dat de waterbeweging in dien ondergrond onderhoudt en daardoor de spanningen in den grond beïnvloedt.

Ondanks de vroeger uitgevoerde onderzoekingen van den grond is omtrent de reden, waarom in het eene geval pas afschuiving optrad bij een beloop van 1 op 2 en in een ander geval reeds in een beloop van 1 op 10, nog niet genoeg bekend. Door de bij-omstandigheden kan dat verschil niet worden verklaard.

Het is genoegzaam gebleken, dat het percentage fijne korrels en ook het percentage klei of leem, zelfs als het klein is, op de gedragingen van waterhoudend zand van zeer grooten invloed zijn. Bij grondonderzoek kunnen de grovere bestanddeelen door zeeven worden afgescheiden, de allerfijnste door slijben, maar de korrels tusschen 0.010 en 0.100 mm kunnen met die middelen niet worden onderzocht en het zijn vermoedelijk juist deze, die op de stabiliteit van den grond den grootsten invloed hebben.

In zeer fijn zand is, ondanks het groote poriënvolume van 40% en hooger, de weerstand, die afvloeiend water ondervindt, zeer groot. De drukverandering in den grond blijft op eenigen afstand onder en achter het beloop dan ook ver achter bij de verandering van den druk van buiten tengevolge van het rijzen en dalen van den zeestand. Tot zekere diepte is er door het beloop — tenzij dit waterdicht is — voortdurend waterbeweging waarbij in gewone omstandigheden de grondkorrels in rust blijven, door inwendige wrijving. Op eenigen afstand binnen het beloop zal de grondwaterstand vrij constant de hoogte van halftij, of iets daarboven, behouden.

Is door afname van den oever een minder flauw beloop ontstaan dan kan een toestand zijn ingetreden, waarin bij normale tijbeweging, nog geen zandkorrels door uit het beloop vloeiend grondwater worden meegesleurd, maar dat bij een eb, die zeer laag afloopt, de uitvloeijing van water uit het beloop door het grooter drukverschil zooveel sterker wordt, dat nu wel zandkorrels worden meegevoerd. Achterliggende korrels krijgen dan ruimte, de korrelwrijving wordt kleiner wat de beweging in het zand vergemakkelijkt tot plotseling de korrelspanning geheel wegvalt en het mengsel van zand en water zich vrijwel gedraagt als vloeistof en bijna horizontaal wegvloeit.

Nadat zoo een stuk uit het beloop is gevallen, ondervindt het water binnen het versche beloop minder tegenstand, zoodat de afvloeiingssnelheid toeneemt en ook daar weer zand uitvloeit en de korrelspanning wegvalt waarna een deel van het beloop afstort en dit gaat met korte tusschenpoozen zoo door tot dat tenslotte bij de flauwere helling van het beloop en vaak mede door de rijzing van het water in zee, weer evenwicht is ontstaan. Fig. 49.

Dat de afgeschoven grond zich bijna als vloeistof gedraagt, blijkt wel daaruit, dat maar weinig aan den voet van het beloop blijft liggen. In hoofdzaak wordt ze met den stroom door de geul meegevoerd, een gering deel bezinkt in de nabijheid.

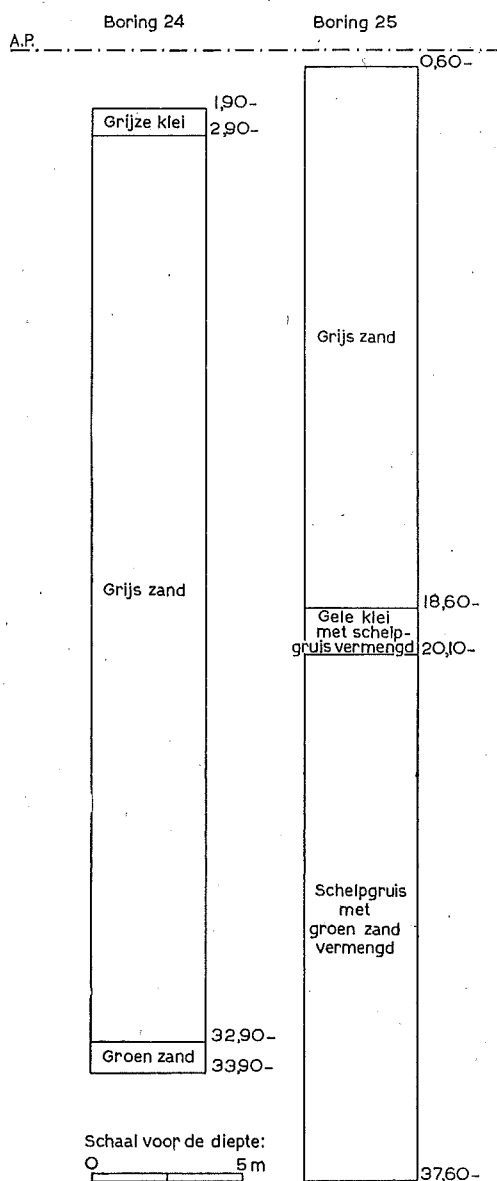


Fig. 44. Grondboringen nevens den val bewesten Borsele van 4 Oct. 1874.

Dat de afgeschoven grond zich bijna als vloeistof gedraagt, blijkt wel daaruit, dat maar weinig aan den voet van het beloop blijft liggen. In hoofdzaak wordt ze met den stroom door de geul meegevoerd, een gering deel bezinkt in de nabijheid.

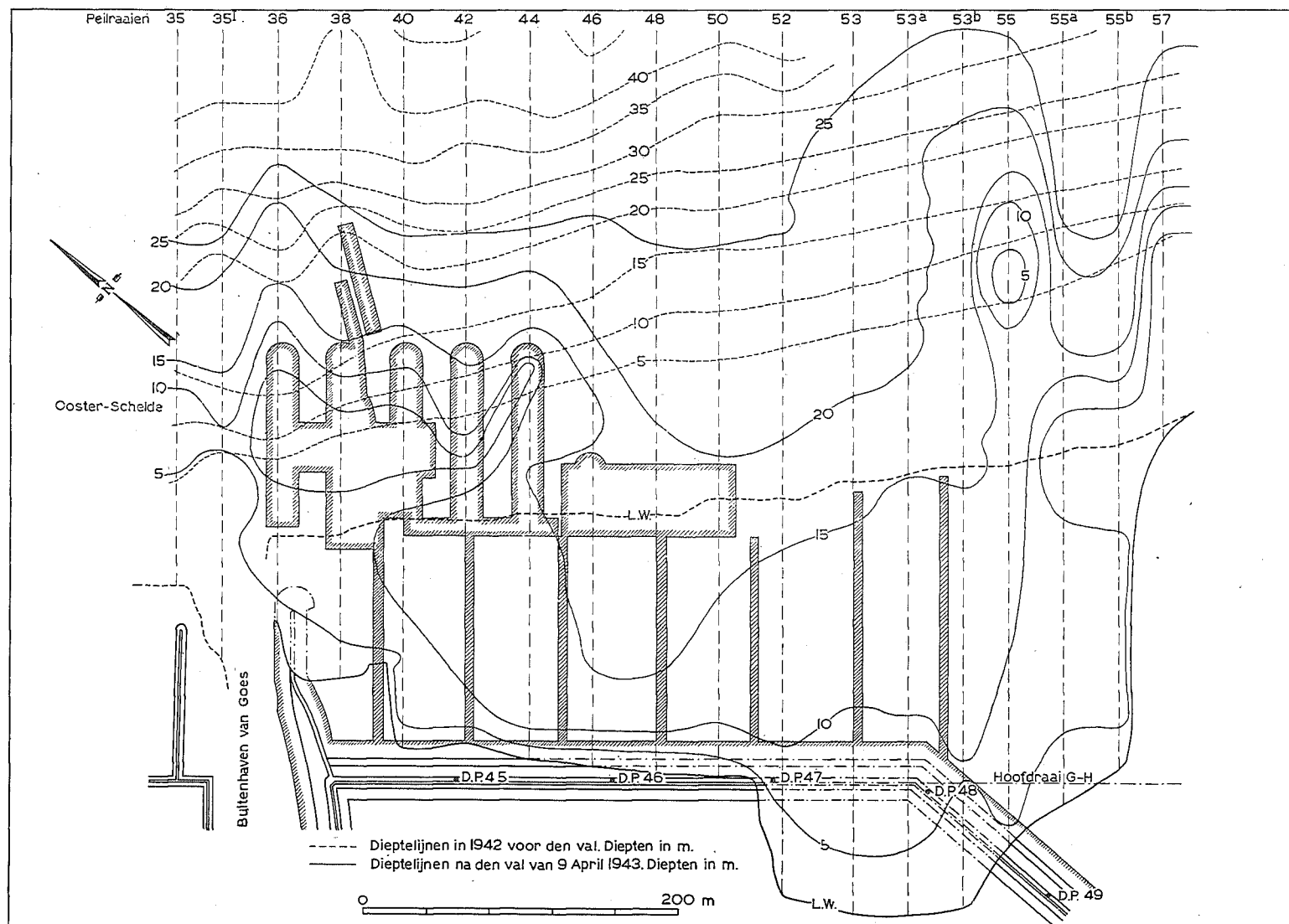


Fig. 45. Dijkval aan den Wilhelminapolder op Zuid-Beveland van 9 April 1943.

De bodem van den val volgens de lijn van afschuiving heeft een beloop van 1 op 10 tot bijna horizontaal.

Waar het beloop waterdicht of zeer slecht waterdoorlatend is, zal een val zich niet op de geschetste wijze kunnen ontwikkelen, maar zal voor het ontstaan van grooter poriën tusschen de zandkorrels, de dichte wand die het beloop daar vormt, òf moeten uitwijken òf uitwijken en doorbreken.

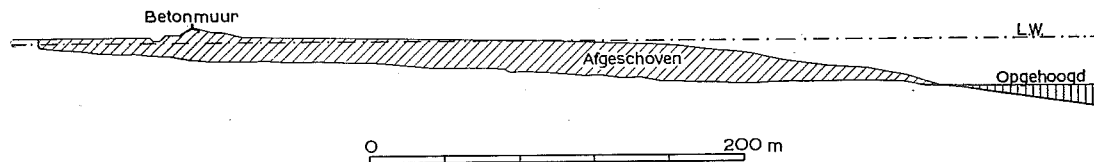


Fig. 46. Dwarsprofiel over den val aan den Wilhelminapolder van 9 April 1943.

Dat er langs diepe geulen in het uiterst fijne zand dichte natuurlijke belopen voorkomen, is niet zeer waarschijnlijk. Ze zouden door afzetting van slib moeten zijn ontstaan, maar in de geulen loopt een sterke stroom die slibafzetting belet en het zijn daarbij niet de aanwinende doch zonder uitzondering de afnemende oevers waarin vallen ontstaan. De dichte afsluiting wordt soms benaderd door bezinkingen, en deze zijn, volgens de ervaring, dan ook het middel om vallen te voorkomen.

Zetting van den ondergrond en het uitwijken van lagen veen en slappe klei, die bij ophoogingen gewoonlijk aanleiding zijn van het afstorten van belopen, kunnen niet de oorzaken van vallen zijn, omdat die slappe lagen in de Zeeuwsche stroomen, althans niet op groote diepte, worden aangetroffen.

Wel treft men op verschillende plaatsen in Zeeland een darie- of veenlaag of een kleilaag aan, ongeveer ter hoogte van L.W. Daaronder bestaat de bodem uit fijn zand. Die darie- en kleilagen zijn vrijwel ondoorlatend voor water.

Velen zijn van meening, dat die lagen het gevaar voor vallen belangrijk beperken. Theoretisch is die meening juist, als de dichte laag zich ver genoeg landwaarts uitstrekt, om de waterbeweging in den bodem binnendijs van allen invloed op die beweging buitendijs uit te sluiten.

Zoolang de waterstand in zee niet is gedaald tot den onderkant van de dichte laag, verandert het verschil in druk in en die buiten den grond wel, doch daar water onsamen-drukbaar is, kan bij hoogen druk in de besloten ruimte geen water in het reeds met water verzadigde zand toetreden en zal bij daling van den zeestand, derhalve bij drukvermindering, ook geen water uitvloeien. Het evenwicht in den grond wordt dus geen oogenblik verstoord.

Slechts als de eb lager afloopt dan die onderkant, zal water uit het beloop beneden de dichte laag gaan vloeien, doch daar het drukverschil veel geringer is dan bij afwezigheid van die laag en nu geen water van boven de uitstrooming en overdruk onderhoudt, zijn deze van veel geringer omvang en kennelijk zelden sterk en langdurig genoeg om zooveel zand met het water te doen mee voeren, dat binnen het beloop de grond in den vloeistoestand komt.

Het grooter worden van de bovenbelasting van den grond, naarmate het water in zee daalt, zou nu afschuiving kunnen teweegbrengen, doch kennelijk wordt die bovenlast daartoe zelden of nooit groot genoeg, zoodat hier vallen uitblijven, of althans veel minder voorkomen, dan waar de dichte laag ontbreekt.

Waar diepe geulen nog dieper worden en waar ze den dijk naderkomen, de vooroever dus smaller, en(of) de helling van het beloop steiler wordt, dringen zich de moeilijk te beantwoorden vragen op, wanneer en hoe moet worden ingegrepen.



Fig. 47. Oever- en dijkval van 9 April 1943 aan den Wilhelminapolder (Zuid-Beveland).
Rechts: de overstroomde polder.

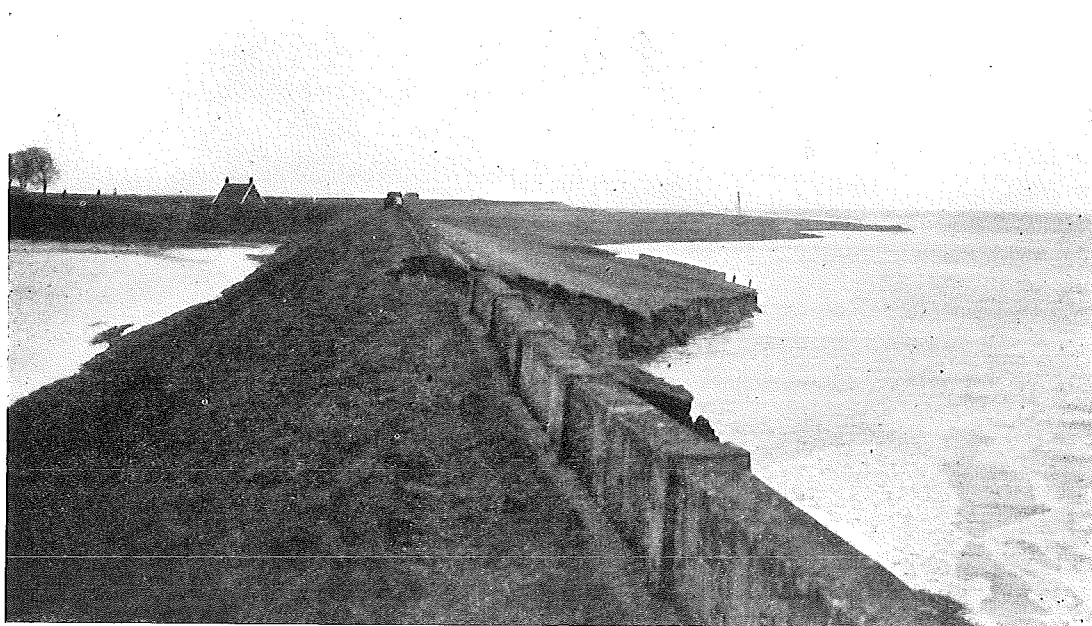


Fig. 48. Oever- en dijkval van 9 April 1943 aan den Wilhelminapolder (Zuid-Beveland).
Links: de overstroomde polder.

Geulen zijn oogenschijnlijk grillig. Soms wordt het gevaar dreigend en keert zich de toestand onverwacht weer ten goede, soms lijkt het gevaar nog veraf en plotseling is het er.

Geringe middelen helpen hier niets. Neemt men maatregelen, dan zijn deze altijd zeer kostbaar en gaan de kosten de waarde van den bedreigden polder soms ver te boven; zonder

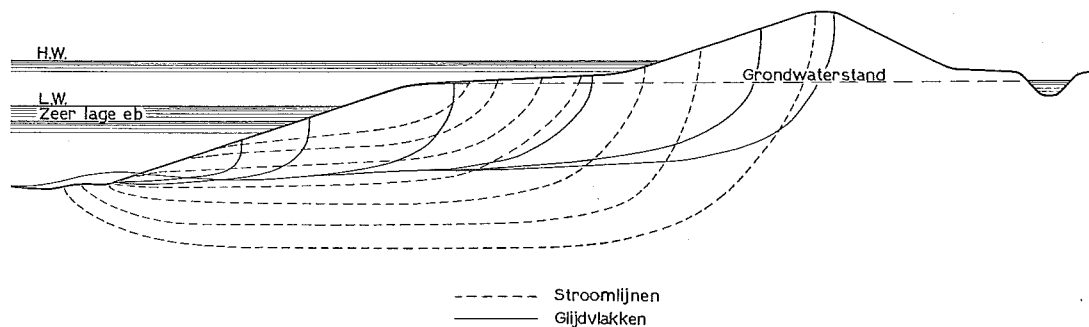


Fig. 49. Stroomlijnen en glijdvlakken.

dwingende reden gaat men uit den aard der zaak niet licht tot die maatregelen over. Eeuwenlang heeft men dan ook weinig anders gedaan, dan het noodlot aanvaarden, polders prijs gegeven of hoogstens met aanleg van een inlaagdijk, getracht, althans een deel te behouden.

Pas in het begin der vorige eeuw is men begonnen, de meer doeltreffende en kostbare voorzieningen tot behoud van polders systematisch en op uitgebreider schaal dan te voren, toe te passen.

Uit overweging, dat een oever, die nog niet aan vallen onderhevig is, stabiel zal blijven, als men afname van het beloop voorkomt, heeft men op vele aangevallen punten of vakken het beloop bekleed met zinkstukken en die bestort.

Voor de constructie, de materialen en het aanbrengen van zinkstukken moge hier worden verwezen naar de artikelen 38 en 43 en de paragrafen 313, 382, 383 en 384 der A.V.

De zinkstukken worden ongeveer rechthoekig op den oever gezonken. De breedte bedraagt 16 à 20 m. De lengte wordt bij voorkeur zoo groot genomen, dat een stuk de geheele breedte van het te verdedigen beloop beslaat. Veel meer dan 100 m lengte geeft men het echter niet, omdat de moeilijkheid, om het stuk op de juiste plaats aan den grond te brengen met de lengte sterk toeneemt. Een beloop van 1 op 10 heeft bij 20 m diepte al een breedte van ruim 200 m en op een dergelijk beloop reikt het stuk dus lang niet tot den bodem der geul. De kans bestaat nu, dat buiten den onderrand van het stuk het beloop afneemt hetzij door wegstroomen, hetzij door afschuiving. In het ergste geval zal het stuk nu met den grond meezakken en in het ongereede geraken, maar er is ook veel kans, dat het geheel of gedeeltelijk wat steiler gaat hangen en dan nog een zeer voldoende bekleeding vormt en nu wel tot de grootste diepte reikt. Ook is er kans, dat het beloop beneden den rand van het stuk rustig blijft liggen of zelfs weer wat aanwint en men met de helft der kosten van totale bezinking, toch tot een afdoend resultaat komt.

Op belopen, die al 1 op 4 of steiler zijn, komt een dergelijke speculatie niet in aanmerking, omdat het stuk, zou het nog steiler gaan hangen, allicht afscheurt of geen stabiele goed afsluitende laag zal blijven vormen. Bij 20 m diepte valt de lengte der stukken daarbij ook niet meer boven de gewone maat. Is een beloop al vrij steil en wordt de geul nog dieper, dan is het alleszins aan te bevelen, de stukken zoo lang te maken, dat ze 10 à 20 m voorbij de lijn van de grootste diepte reiken en dus ook nog eenige verdieping kunnen opvangen.

De onderlinge afstand der stukken kan niet groot zijn. Algemeen wordt aangenomen, dat de tusschenruimte hoogstens even groot als de breedte der stukken mag zijn. Toch waagt men

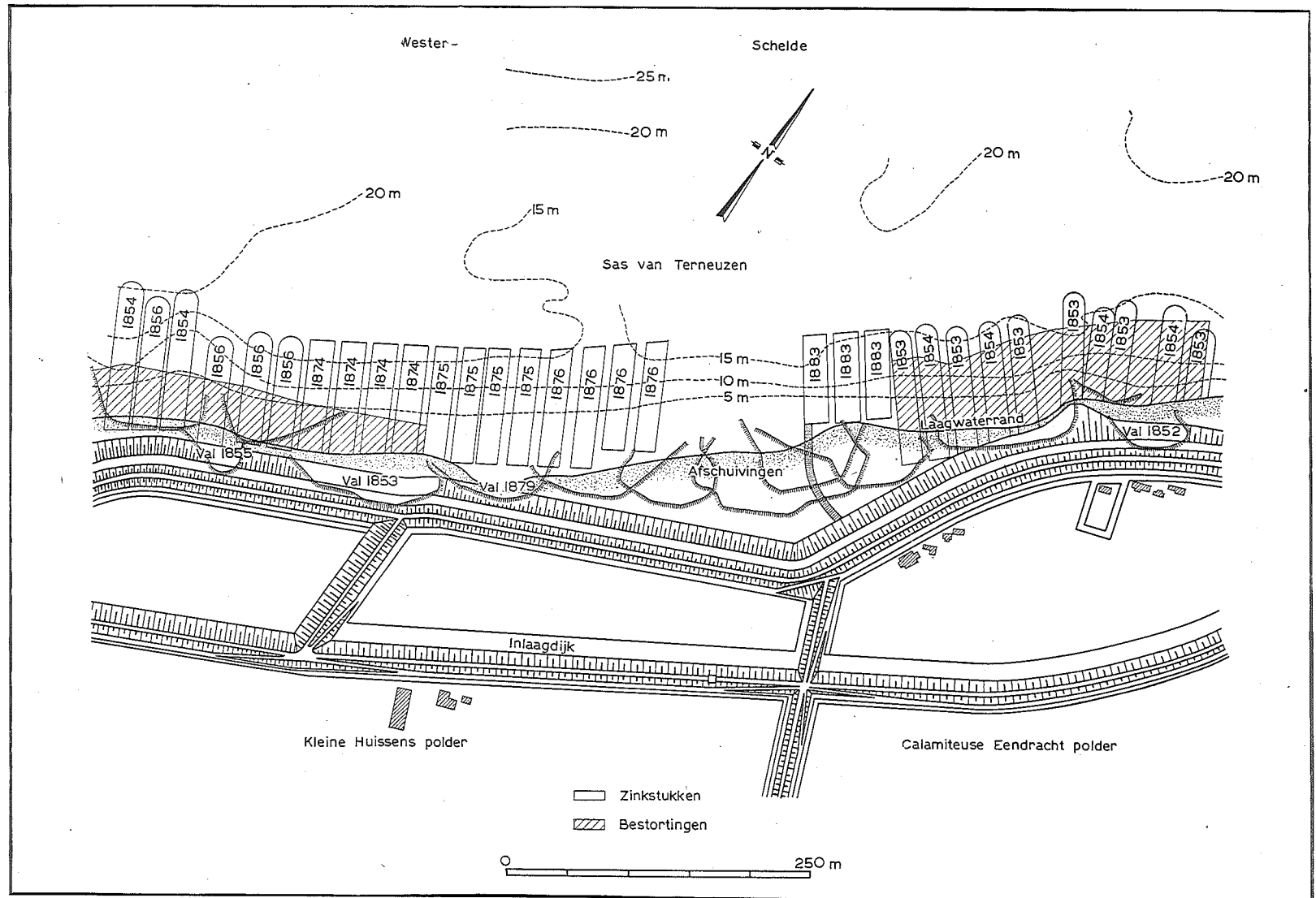


Fig. 50. Bezinking van den onderzeeschen oever voor de Kleine Huissens en den cal. Eendracht-polder.

het wel, tusschenruimten te nemen van 3 maal de breedte van de stukken om er, als dat noodig mocht blijken, later nog een stuk tusschen te zinken.

Na het aan den grond brengen, worden de zinkstukken nabestort en worden ook de tusschenruimten — tenzij ze breed zijn — bestort, met $3/4$ à $5/4$ S.T. steen per m^2 en met — of ook wel alleen met — klei en schorkloeten. Fig. 50.

Om te beletten, dat landwaarts van den bovenrand der bezinking nog een of meer geulen zullen kunnen ontstaan, waardoor de verdediging geïsoleerd zou komen te liggen, wordt die bovenrand door z.g. hoofden (lage kribben) op geregelde afstanden, met den dijksteen of hoogen oever verbonden, zie o.a. fig. 43 en 45.

Waar nog oude steenen dammen of versterkte nollen aanwezig zijn, worden die gewoonlijk voor dat doel ingericht. Het komt soms voor, dat de te bezinken oever steile gedeelten bevat waarop de stukken slecht zouden aansluiten of onder het gewicht van de bestorting zouden kunnen afscheuren en wegzakken. Waar voorland van voldoende breedte aanwezig is, kan zoo'n beloop regelmatig worden gemaakt door afbaggeren, doch waar dit niet het geval is, moeten de onregelmatig heden vóór het bezinken door het storten van zand of van schorkloeten en in 't ergste geval door zinkwerk, worden bijgewerkt.

Met de doorgaande bezinkingen en bestortingen worden goede resultaten bereikt. De afname van den oever wordt er door gestuit. Uittreden van water wordt er blijkbaar niet geheel door belet, doch wel het uitvloeien van zand, maar zooals reeds werd opgemerkt, de verdediging is buitengewoon kostbaar. Om daarop te bezuinigen is men gekomen tot het z.g. systeem van vaste punten.

Men begint daarbij enkele meest vooruitspringende plaatsen te verdedigen. Kan men die punten behouden, dan blijft de inscharing daartusschen tot een zekere maat beperkt.

Het voorland dient dan nog zoo breed te zijn, dat die inscharing zich toch niet tot in den dijk kan uitstrekken, want waar dat wel het geval is, zou toch nog een inlaagdijk noodig zijn om het verloren gaan van bedijkte grond te beperken. De grens van mogelijke inscharing is niet nauwkeurig te bepalen. Deze hangt af van den onderlingen afstand der versterkte punten, van de breedte en de diepte van de geul, maar ook van den aard van den grond, waarmee men gewoonlijk niet nauwkeurig bekend is.

De onderlinge afstand der versterkte punten wordt in den regel gelijk genomen aan de breedte van den stroom op L.W. tusschen den oever en de tegenoverliggende plaat of oever, doch onder 500 m en boven 800 m gaat men gewoonlijk toch niet.

Aangenomen wordt, dat de teen van de inscharing tusschen twee vaste punten niet verder zal gaan, dan tot de cirkelboog, die door den kop dier versterkte punten wordt getrokken met het middelpunt op de tegenovergelegen oeverlijn. In bijzondere gevallen wordt het middelpunt op L.W. of op 5 m — L.W. aangenomen. Fig. 51. Als laagwaterrand bij grootste afname wordt veelal een cirkelboog aangenomen, evenwijdig aan de vorige en zoover landwaarts daarvan, dat bij de aanwezige diepte de helling 1 op 10 wordt. De versterkte punten loopen gevaar aan de kanten te worden ondermijnd als er vlak naast vallen mochten ontstaan. Ze moeten daarom een niet te geringe (in de lengterichting van den dijk gemeten) lengte hebben. Veelal wordt ten minste 200 m noodig geacht. De verbinding van den oever bestaat soms uit 1, vaker uit 2 of 3 lage hoofden of kribben, bij voorkeur uit 3, uit overweging dat al mocht een val zich gaan uitstrekken tot ver achter de bezinking, de verbinding met den wal — die voor de instandhouding van het versterkte punt van het grootste belang is — dan toch niet verloren zal gaan. Fig. 52.

Het systeem van vaste punten heeft in vele gevallen geleid tot tijdiger ingrijpen, dan voor een veel kostbaarder aaneengesloten verdediging waarschijnlijk zou zijn geschied. In tal van gevallen was het succes niet terstond voldoende maar zag men zich genoodzaakt het ver-

sterkte punt naar één kant of ook wel aan weerszijden, uit te breiden. Soms waren de gemaakte werken en uitbreidingen niet toereikend om een gevaarlijken val te voorkomen, zie fig. 53 waarop een deel van den op fig. 52 afgebeelden oever is voorgesteld, nadat, ondanks uitbreiding der bezinkingen, toch een dijkval was ontstaan. In enkele gevallen leidden de uitbreidingen

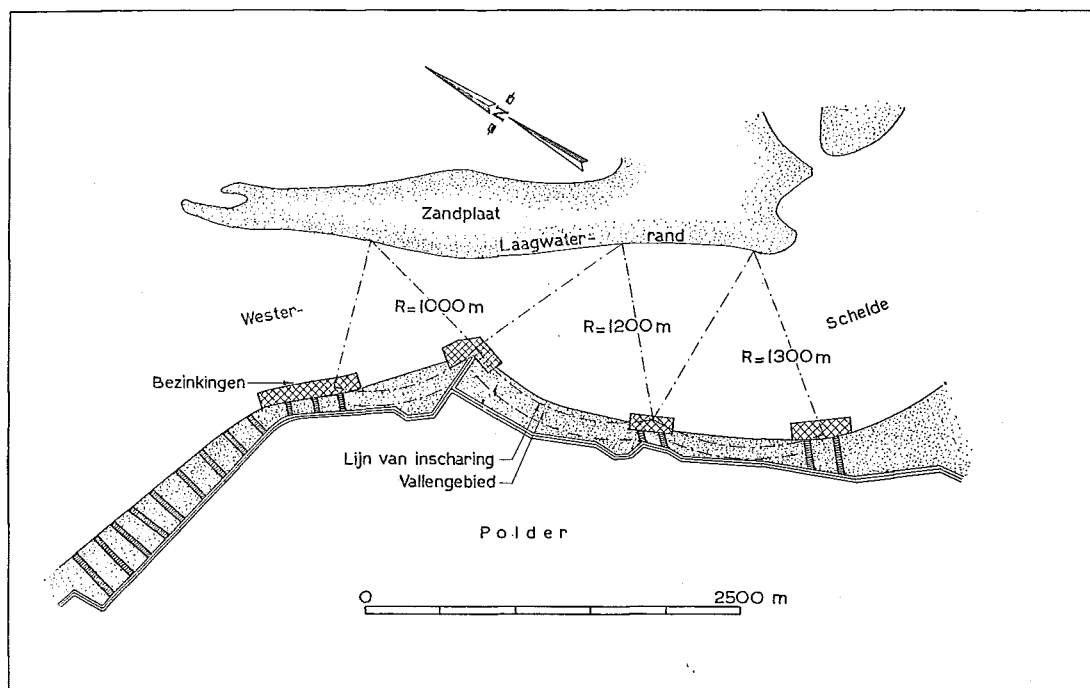


Fig. 51. Oever met versterkte punten.

tot een vrijwel doorgaande verdediging. Soms ook bleek de onderlinge afstand te groot en bracht men een versterkt tussenpunt aan, maar over het algemeen zijn bevredigende resultaten verkregen en heeft men zich meestal met de verdediging geleidelijk aan den toestand kunnen aanpassen, zonder dat rampen voorkwamen.

Als zich een dijk- of oevertal heeft voorgedaan, dan hangt het van de omstandigheden af of en zoo ja, welke maatregelen kunnen of moeten worden genomen om de nadeelen en het gevaar te beperken.

Ligt bij een oevertal de bovenrand nog vrij ver van den dijk dan wordt overwogen of tot aanleg van versterkte punten moet worden overgegaan, maar aan de val zelve doet men dan gewoonlijk niets. Blijft de oever een poosje in rust dan slibt het diepste gedeelte van de val in den regel weer aan en zal de aanslibbing het fijne beweeglijke zand zoo goed afdekken, dat op dezelfde plaats een nieuwe val zich allicht niet weer zal voordoen. Eerder zijn vallen te verwachten naast de reeds ontstane.

Ook als een val is ontstaan tusschen de versterkte punten en de L.W. rand niet binnen de aangenomen lijn van inscharing is gekomen, grijpt men niet in. Alleen is het soms noodig de flanken van de versterkte punten te bezinken en te bestorten, om te voorkomen, dat de val zich zijwaarts tot achter de bezinking van de versterkte punten gaat uitbreiden. Is dit het geval, dan dient die voorziening spoedig te worden aangebracht en kan het zelfs noodig zijn een te steil weggefallen beloop vooraf met grond aan te storten onder een flauwe regelmatigere helling.

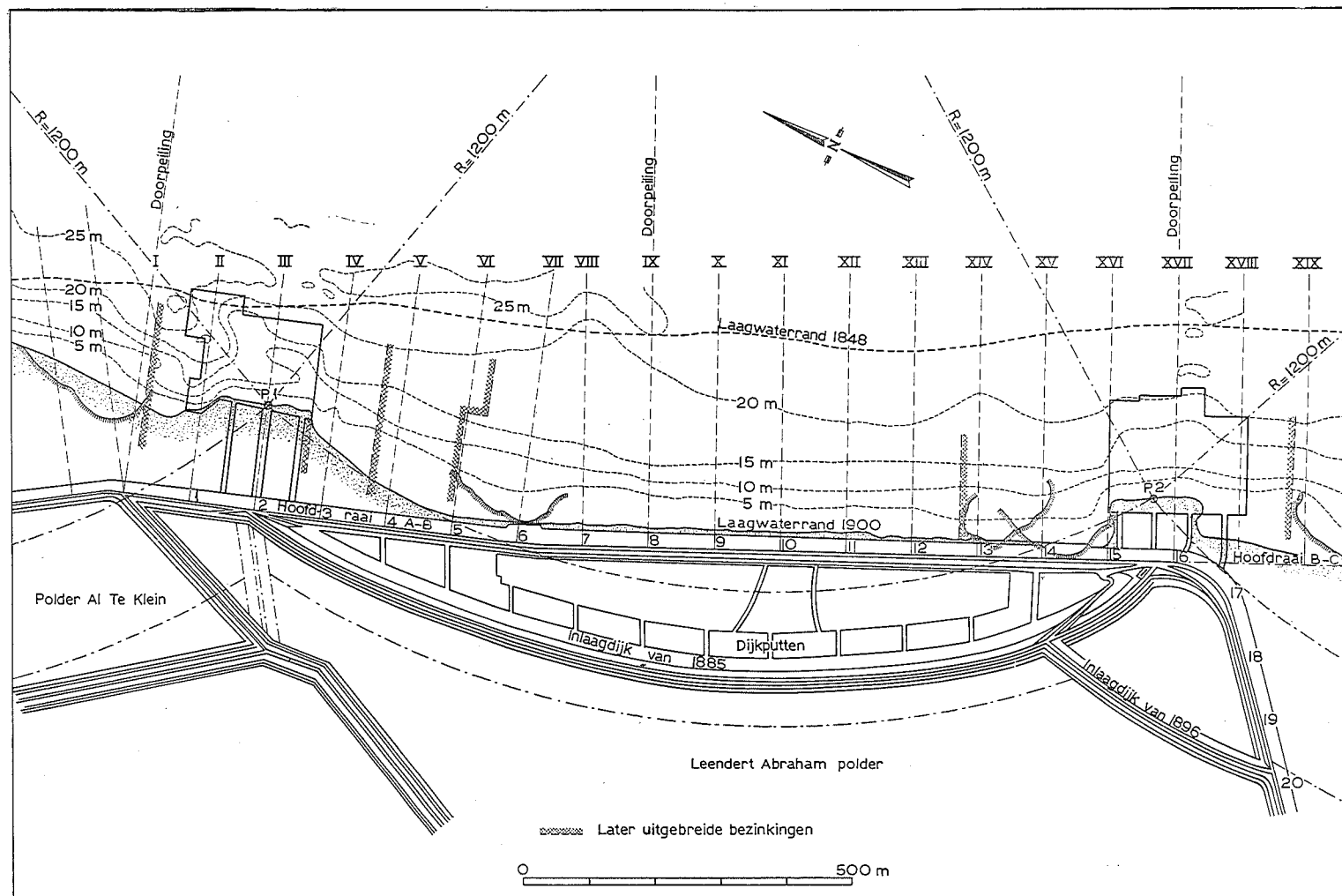


Fig. 52. Vooroever van den Leendert Abraham polder in 1900.

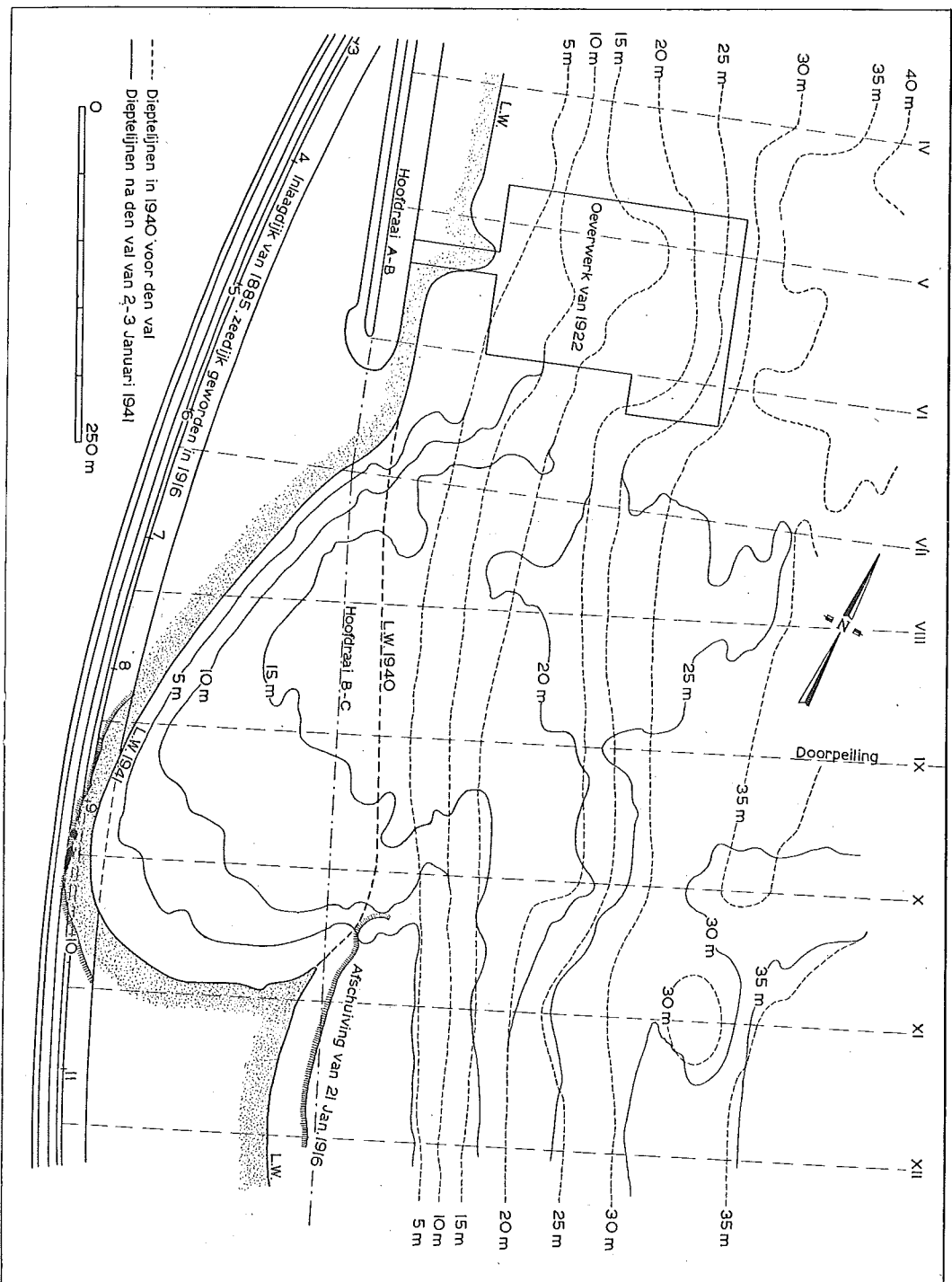


Fig. 53. Dijkval aan den Leendert Abrahamspolder van 2-3 Januari 1941.

Heeft een val zich uitgebreid tot in den dijk, dan is spoedige voorziening zeer noodig om te verhoeden dat de dijk door nastorten of afslag geheel zal doorbreken. De steile bovenrand wordt afgevlakt en de grond boven L.W. met krammat en rijsbeslag verdedigd. Is de blootgevallen grond van den dijk weinig samenhangend, dan kan het noodig zijn vooraf een laag klei of een dikke laag riet aan te brengen.

Beneden L.W. wordt het beloop voorzooveel het steiler ligt dan ongeveer 1 op 10, zoo spoedig mogelijk voorloopig bezonken om het daarna te kunnen aanstorten tot op L.W. een berm is verkregen, waarop het buitenbeloop van den dijk en een kreukelberm kunnen worden doorgetrokken en daarbuiten een beloop ontstaat van 1 op 4 à 1 op 5. Ligt dit nieuwe beloop nog buiten den stroom, dan is bezinking en bestorting niet altijd noodig, zij het ook, dat dan veelal een flauwere helling dient te worden aangestort.

De bodem van de val ligt ten opzichte van den bodem der stroomgeul gewoonlijk diep genoeg om niet opnieuw te kunnen gaan afschuiven en hooger op is nu het zeer fijne zand voldoende gesteund door den nieuwen grond.

In sommige gevallen kan het raadzaam zijn, niet te trachten den dijk op zijn oude plaats te herstellen, doch deze plaatselijk over eenigen afstand naar binnen te verleggen, z.g. over te halen. Het onderwaterbeloop behoudt dan echter door het fijne zand zijn gevaarlijk karakter en bezinking en bestorting zal vermoedelijk toch niet kunnen worden ontgaan.

Is de dijk over eenige lengte al dadelijk geheel weggefallen, dan kan soms door snel ingrijpen en als de tijen niet hoog loopen, door het binnenwaarts opwerpen van een kade, de polder voor inundatie worden behoed. Is van den dijk nog een randje overgebleven dat het H.W. keert, dan wordt dat zoo snel mogelijk met grond versterkt.

Men staat dan verder voor de keus om of de val aan te storten als boven werd vermeld of een deel van den polder prijs te geven en den dijk over te halen, of een inlaagdijk te leggen.

Kan het overstromen van den polder niet worden verhoed, dan schuurt het elk tij in- en uitstroomend water spoedig een geul uit wat het aanstorten van de val zeer bemoeilijkt. Het maken van een inlaagdijk of het leggen van een kade door de geul en aansluitend tegen den dijk, een z.g. vingerling, moet dan voorafgaan. Is dat alles te kostbaar dan laat men den polder drijven en versterkt alleen de einden van de nog overgebleven stukken dijk om die als z.g. nollen te behouden en te doen dienen ter bescherming van den nu waker geworden slaperdijk.

§ 12. Het binnenbeloop.

Het binnenbeloop ligt van de zee afgekeerd en heeft dus niet, zooals het buitenbeloop van den golfslag te lijden. De helling kan daarom steiler zijn, de specie behoeft minder samenhang te bezitten, kunstmatige verdediging is zelden noodig.

Waar geen klei genoeg ter beschikking staat of andere redenen er toe leiden, niet den geheelen dijk van die specie te maken, volstaat men voor het binnenbeloop dan ook met lichtere grond, b.v. magere klei, zavel of zand. In het laatste geval is echter een, zij het ook dunne, kleibekleding noodig, althans gewenscht, omdat een beloop van zand, zelfs waar het een flauwe helling heeft, door allerlei oorzaken en vooral door afstroomend water, wordt beschadigd en dus veel onderhoud vraagt. Een dichte grasmat is van groot belang. Niet alleen dat die het beloop tegen beschadiging beschermt en daardoor de onderhoudskosten beperkt maar het grasgewas heeft veelal ook beteekenende waarde voor hooien en beweiden. Op belopen van 1 op $1\frac{1}{2}$ en steiler is een grasmat moeilijk in stand te houden. Vooral als ze op het noorden liggen, willen de goede grassoorten er slecht op groeien en worden deze licht verdrongen door andere, die geen dichte mat vormen en door onkruid, terwijl, vooral langs den bovenrand, kale plekken ontstaan.

Bij magere grond en op een dunne kleibekleding op zand, kwijnt het gras dikwijls door droogte.

Met het oog op beschadiging van steile belooen wordt beweiding van groot vee en soms ook zelfs van klein vee, nadeelig geacht. Van menigen Zeeuwschen dijk b.v. wordt alle vee angstvallig geweerd en ook het buitenbeloop moet dan den gunstigen invloed op gras-soorten en dichtheid van de beweiding missen. Hoewel 1 op $1\frac{1}{2}$ wel de steilste helling is, die met het oog op de begroeiing en houdbaarheid van het beloop is toe te passen, komen hier en daar toch binnenbelooen voor van 1 op $1\frac{1}{4}$ of zelfs van 1 op 1.

1 op $1\frac{1}{2}$, 1 op $1\frac{3}{4}$ en 1 op 2 zijn de meest voorkomende hellingen. Bij de verbetering van de Noordhollandsche dijken in en na 1916, is algemeen een helling van 1 op 2 voor het binnenbeloop toegepast, terwijl bij vele dijksverhoogingen in Zeeland dat beloop 1 op $1\frac{1}{2}$ is gemaakt. Binnenbelooen die flauwer liggen dan 1 op 2 treft men maar weinig, vlakker dan 1 op 3 zeer zelden aan. Fig. 54. Dikwijls wordt aan het binnenbeloop te weinig aandacht gewijd. Vrij alge-

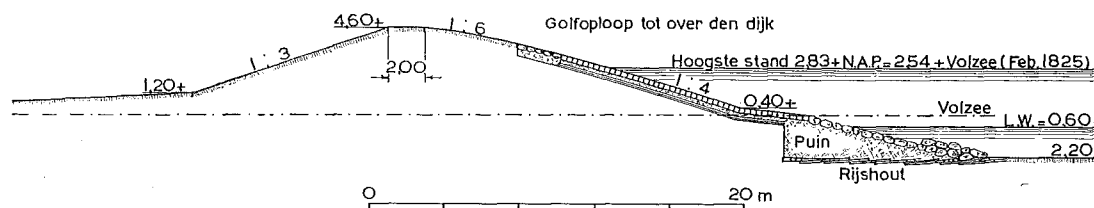


Fig. 54. Zeedijk bij Hindeloopen.

meen heerscht de opvatting, dat het wel geschikt moet zijn voor begroeiing, maar overigens de helling niet flauwer behoeft te zijn, dan het natuurlijk talud van den grond en men denkt daarbij dan aan tamelijk droge grond, zooals die aan dijken wordt verwerkt, waarvan het natuurlijk talud 1 op 1 niet veel overschrijdt.

Bij het opwerpen en verbeteren van dijken ondervindt men met de steile belooen maar zelden bezwaren, hoewel dan de grond nog niet is gezet en de neiging tot afschuiven het grootst is. De bezwaren treden aan den dag tijdens hooge stormvloed en bij inundatie.

Dat bij inundatie een steil binnenbeloop een groot nadeel kan zijn, bleek o.a. aan den dijk van den Anna Paulownapolder in Noordholland na de doorbraken op 14 Januari 1916. De storm van 16/17 Februari 1916, dus ruim een maand na de doorbraak bracht het water in den volgelopen polder in heftige beweging, waardoor het vrij steile binnenbeloop van slechte specie, zoozeer werd beschadigd, dat men moest overgaan tot het over de geheele lengte aanbrengen van een verdediging van rijbseslag, stroo, stroopakken en beschoeiingen, om erger te voorkomen.

Langs het overstroomde gebied in Noordholland bezuiden Edam was de dijkspecie beter, de grasmat dichter en vaster. Daar kwam slechts op enkele punten beschadiging van het binnenbeloop door golfslag in die mate voor, dat voorzieningen noodig waren. Bij andere ingebroken polders heeft men overeenkomstige ervaringen opgedaan.

Bij zeer hooge stormvloed komt het veelvuldig voor, dat het binnenbeloop afschuift en in dat beloop en in de kruin diepe scheuren ontstaan.

Over het verloop van doorbraken zijn de verhalen van ooggetuigen en verslaggevers veelal vrij fantastisch maar vast staat nu wel, dat de meeste doorbraken door afschuiving van het binnenbeloop worden ingeleid en de doorbraak ontstaat van binnen naar buiten en maar zelden door afslag van het buitenbeloop, dus van buiten naar binnen.

Bedoeld afschuiven is dan ook een zeer ernstig verschijnsel, al leidt het niet altijd tot doorbraak. Vooral na de stormvloed van 1906 en 1911, die in Zeeland vele van die afschuivingen veroorzaakten en de stormvloed van Januari 1916 die zoo noodlottig werd voor vele dijken



Fig. 55. Beschadigd binnenbeloop van den Amsteldijk van den Anna-Paulownapolder Febr. 1916.

Foto Rijkswaterstaat.

langs de Zuiderzee, heeft het afschuiven van het binnenbeloop de algemeene aandacht getrokken en tot allerlei hypothesen geleid.

Waargenomen werd, dat — misschien een enkele uitgezonderd — in Noordholland geen afschuivingen en doorbraken zijn voorgekomen, dan waar water over de kruin was gevloeid. Toch werd de oorzaak van het afschuiven van het binnenbeloop aanvankelijk niet in de eerste plaats bij dat overstortende water gezocht. Het waren vooral de scheuren waarvoor men de meeste belangstelling had en deze werden vooral verklaard door het trillen van den dijk onder den zwaren golfslag. De dijk werd nu soms voorgesteld, als rustende op een veerende zate van veen of slappe klei en een moot van den dijk werd beschouwd als een balk, die brak tengevolge van de groote mobiele belasting van het golvende water.

Waar geen water over de kruin kwam, ontstond volgens deze (onjuiste) verklaring toch de scheur tot aan de zool van meer of minder wijdde en waar wel water over de kruin sloeg, vond dit ook de scheur en drong bij elke overslag daar krachtig in door. Die scheur zou dan steeds wijder worden, de specie in het dijklichaam verweken en door den druk van het water in de scheur, zou ten slotte het binnentalud geheel of gedeeltelijk afschuiven. Gezorgd zou bij dijken dus in de eerste plaats moeten worden, dat geen water in de niet te vermijden langscheur in de kruin zou kunnen dringen, waartoe verhooging — liefst met een betonmuur met voetplaat — het beste middel van verweer zou zijn. Die verklaring van het ontstaan van scheuren enz. kon in zijn algemeenheid niet juist zijn, want tal van scheuren en afschuivingen waren voorgekomen waar de zate geheel uit zand bestaat, waar dus van een veerende zate en het daardoor als een balk breken van den dijk geen sprake kon zijn.

Bovendien was op tal van plaatsen het binnenbeloop afgeschoven of was de binnenberm

afgeschoven, zonder dat daar een scheur in de kruin werd aangetroffen.

Vele malen treft men in de vakliteratuur de opvatting aan, dat grond verweekt en zijn draagkracht verliest, door rijzing van den grondwaterstand. Hoe dat mogelijk kan zijn bij oude gronden of ophoogingen, waarvan men wel moet aannemen, dat ze al lang een dichte pakking hebben verkregen, wordt niet nagegaan. Dat verweken, wordt zonder meer als feit aanvaard en zoo werd het week worden van de zate, die daardoor het gewicht van den dijk niet meer kon dragen, nu ook als oorzaak van afschuivingen en doorbraken aangenomen, omdat de hoge stormvloedstanden daar tot hoge grondwaterstanden in den dijk moesten hebben geleid. In dat verband werd het aanwezig zijn van hoog voorland zelfs een nadeel genoemd, omdat dit blijkens waarnemingen, oorzaak was van grondwaterstanden in den dijk, die in normale gevallen hooger zijn dan ter plaatse waar hoog voorland ontbreekt; daar zou dus een geringere verhooging noodig zijn, om een toestand teweeg te brengen, die door afschuiving kan worden gevolgd. Nu kan verhooging van den grondwaterstand in den dijk inderdaad leiden tot uitvloeiing van water uit het talud van den binnenberm en uit het binnenbeloop van den dijk boven den hiel. Dan zal echter niet de ondergrond maar zullen wel die taluds plaatselijk zoo kunnen verweken, dat afschuivingen kunnen ontstaan. Een zeer hoge stormvloedstand duurt echter niet lang en de hoge slikken en de kern van den dijk, moeten wel een ongevoelbaar groote doorlatendheid voor water bezitten, dat in die weinige uren een zoodanige verhooging van den grondwaterstand in den dijk zal kunnen ontstaan, dat eenigszins omvangrijke afschuivingen daardoor kunnen worden veroorzaakt. Vele afschuivingen bij genoemde stormvloeden in Zeeland konden dan ook onmogelijk zóó worden verklaard, omdat hoog voorland ter plaatse niet aanwezig was.

Tal van Zeeuwsche dijken zijn aangelegd op een zate, waarvan de bovenlaag uit klei bestaat, zoodat water dat in den dijk is gedrongen slechts zeer langzaam in de zate kan wegzakken.

De aanleg had plaats met toepassing van een z.g. voorversching, dat is een kade onder het buitenbeloop, die van bovengrond (meestal klei) is aangelegd. Daarachter bestaat de dijk soms geheel uit zand, met een vrij dunne kleibekleding op het buitenbeloop boven de voorversching en een nog dunnere op het binnenbeloop. Waar de kleibekleding op het buitenbeloop ondicht is of gedurende den stormvloed wegslaat, zal water in den dijk kunnen dringen, dat aan den hiel door de bekleding van het binnenbeloop uitvloeit of daar wordt opgekeerd en zoo de voorwaarden schept tot verweking en afschuiving. Fig. 56.

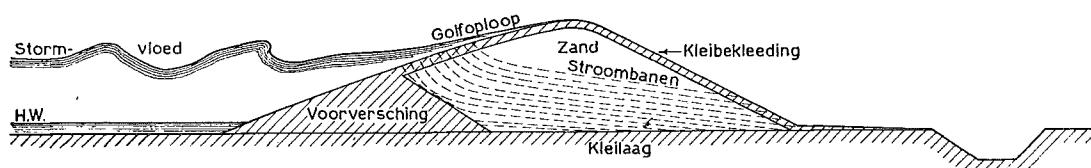


Fig. 56. Kwel door den dijk.

In Noordholland doet zich aan eenige dijken nog een andere bijzonderheid voor, die aan kwel door den dijk en het daardoor afschuiven van het binnenbeloop deed denken.

Oorspronkelijk hadden die dijken geen buitenbeloop, maar bestond de verdediging uit een vrijwel verticaal staande wierriem. Fig. 57.

Door aanvulling met puin en steen is, nadat de wierriem in verval was gekomen, het buitenbeloop ontstaan. De steenglooijing lag daar nu op een meters dik ondicht bed. Op de kruin lag een weg en niet alleen, dat de verharding daarvan ondicht was, bij archiefonderzoek bleek, dat, vermoedelijk bij gebrek aan klei ter plaatse, ook het aanvullen en ophoogen van de kruin

met puin was geschied. Fig. 58, zoodat bij hooge stormvloedden het water gemakkelijk door die open puinlagen tot in of nabij het binnenbeloop kon doordringen. Nog weer andere dijken zijn in den loop der eeuwen herhaaldelijk verhoogd en dat verhoogen is niet steeds met deug-

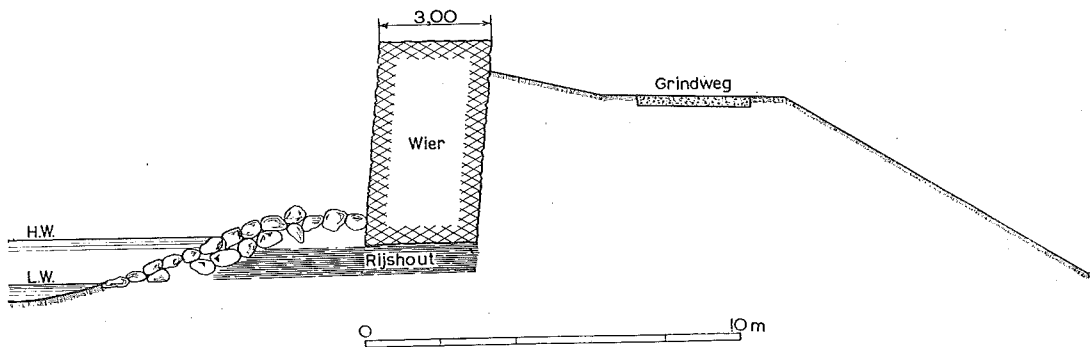


Fig. 57. Dijk met wierriem.

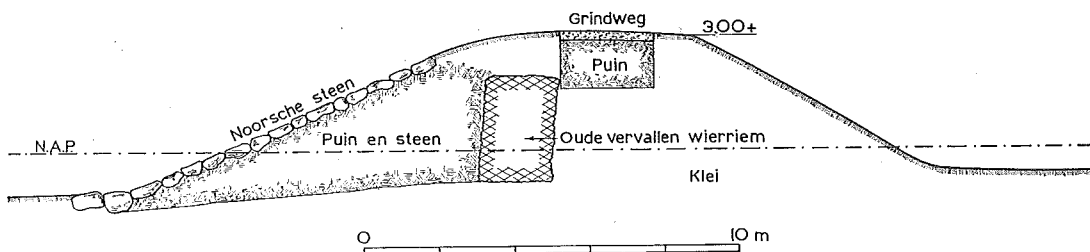


Fig. 58. Met steen en puin omgebouwde Zuiderzeedijk.

delijke grond geschied, zoodat nu tusschen betere lagen ondichte voorkomen, die het bij hooge zeestanden in den dijk gedrongen water snel naar den hiel voeren, dat daar het binnenbeloop doorweekt en soms een deel daarvan doet afschuiven. Fig. 61.

Kunnen op de bovengeschetste wijzen verschillende afschuivingen en doorbraken worden verklaard, dit is toch lang niet met alle het geval. Wel is dat mogelijk aan de hand van de reeds vermelde waarneming aan de Noordhollandsche dijken in 1916, dat, misschien een enkel geval uitgezonderd, geen afschuivingen en doorbraken zijn voorgekomen, dan waar water over de kruin is gespoeld. Daar het binnenbeloop niet aan golfslag bloot staat, wordt daarvoor altijd de minst samenhangende van den beschikbaren grond gebruikt. De betere wordt aan het buitenbeloop verwerkt.

De helling van het binnenbeloop is dikwijls niet veel flauwer, dan het — bij een normale vochtigheidsgraad — bij dergelijke grond behoorend natuurlijk talud.

Het steile beloop en de schrale grond waarborgen geen groote dichtheid, noch een dichte grasbegroeiing. Wel komen talrijke mollerillen, muizegaten, wormgaten en dergelijke de ondichtheid verergeren. Spoelen golven over de kruin, dan dringt het water, dat langs het binnenbeloop afstroomt, gemakkelijk in den grond en duurt dat eenigen tijd, dan wordt de grond zoo week, dat die neiging krijgt een flauwer talud aan te nemen. Er ontstaan daardoor spanningen in den grond, die allereerst aanleiding geven tot uitzakking nabij den hiel en die bij verdere doorweeking worden gevolgd door afschuivingen, ongeveer langs glijdvlakken

als in fig. 62 zijn geschetst. Het bovendeel van die glijdvlakken verloopt ongeveer verticaal. Diepe scheuren duiden ze aan, vóór het tot afschuiven komt. Hoe groter de kleefkracht van den grond is, hoe langer afschuiving uitblijft, maar des te hooger is de steile kant van het vlak van afschuiving.

Als een dijk hevig door golven wordt gebeukt en daardoor in trilling komt — zooals meermalen is waargenomen — wordt het afschuiven van het beloop versneld.

De door het afstorten los geworden grond, wordt door overstortend water gemakkelijk meegevoerd en gaat de verweking en afschuiving van het beloop zoo door tot aan of onder

den waterstand, dan wordt de dijk door het nu steeds meer binnenstroomend water verder opgeruimd.

Het gevaar van afschuiving van beloo-
pen hangt niet alleen af van de grondsoort en de helling maar ook van de hoogte van het beloop en het is stellig niet raadzaam die hoogte groter dan 3, hoogstens 4 m te maken. Is de dijk hooger dan moet ongeveer 3 m onder de kruin een berm of z.g. banket worden aangelegd of dient het geheele beloop een flauwer hel-

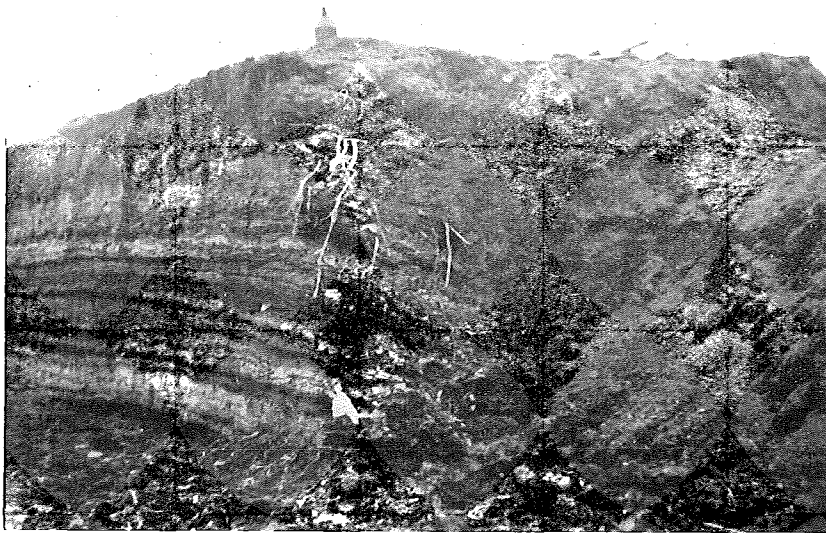


Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Fig. 59. Bij ontgraven van een Zuiderzeedijk in Noord-Holland aangetroffen oude wierriem en puin.

ling b.v. 1 op 3, te verkrijgen. Ook kan het bezwaar van te groote hoogte worden opgelost, door aan het beloop een hollen vorm te geven, zoodat het benedengedeelte nog flauwer helt dan 1 op 3. Fig. 64. Een grootere breedte van den binnenberm, dan bij dezen dijk, verdient aanbeveling.

De holle vorm geeft bij het geringste grondverzet de meeste waarborgen tegen afschuiving. In het algemeen moeten aan het binnenbeloop hogere eischen, wat betreft dijkspecie of dikte der kleibekleding, worden gesteld, dan nu dikwijls wordt gedaan. Te geringe hoogte van den dijk en minder goede specie mogen nimmer samengaan met een steile helling en een groote ongebroken hoogte van dat beloop.

Zelfs bij goede specie is, alleen al met het oog op de begroeiing, een helling, steiler dan 1 op 2, ongewenscht, terwijl, om elk gevaar van afschuiving te voorkomen, een nog flauwer beloop van het benedengedeelte, alleszins aanbeveling verdient. Wordt de stabiliteit van een te steil binnenbeloop bedreigd door kwelwater, dat door het buitenbeloop of door de zate binnendringt en kan een flauwe helling, die in verband daarmee noodig zou zijn niet worden aangebracht, dan zal drainage door een met grind of puin gevulde ruime sleuf of wel een dikke bestorting van puin, steenslag of grind, die wel water maar geen zand doorlaat, zeer tot de veiligheid kunnen bijdragen.



Bij de ontgraving op de kruin geworpen puin.

Kruin.

Wegverharding.

Ophooging van puin.

Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Fig. 60. De met puin verhoogde Zuiderzeedijk in 1916 ontgraven.

§ 13. De Binnenberm.

In sommige gevallen is er tusschen den dijk en het erachter gelegen land geen afscheiding of worden alleen tijdelijke of blijvende afrasteringen gezet, b.v. tot keering van vee. Over het algemeen is die toestand voor den dijk gunstig, tenminste als het land hooi- en weiland is. en dus niet wordt omgeploegd. Is het binnenbeloop niet hol, met een zeer flauwe helling aan den onderkant, dan is het gewenscht, dat de grond langs den hiel een zoodanige helling heeft, dat het, van het binnenbeloop afvloeiend buis- en regenwater ver genoeg van den hiel kan wegvloeien, om nabij den dijk geen verweeking van den grond te kunnen doen ontstaan.

Wordt het land bebouwd, dan is er alle kans, dat die bebouwing tot vlak tegen den dijk wordt voortgezet, dus nabij den hiel, de grond periodiek wordt losgemaakt en meer toegankelijk wordt voor water, wat voor de stabiliteit van het binnenbeloop nadeelig kan zijn. Langs bouwland is dan ook een blijvende afscheiding op behoorlijken afstand van den hiel noodig.

In verreweg de meeste gevallen is langs den dijk een binnenberm aanwezig, die door een

diepe greppel of een sloot van het land is gescheiden. Die sloot is soms een der groote watergangen voor afvoer van het polderwater, dient dan — en ook in andere gevallen wel, — tevens tot vaarsloot. Niet zelden liggen dijkputten (terrein waaruit specie voor den dijk is gegraven) en wielen van oude doorbraken er mee gemeen.

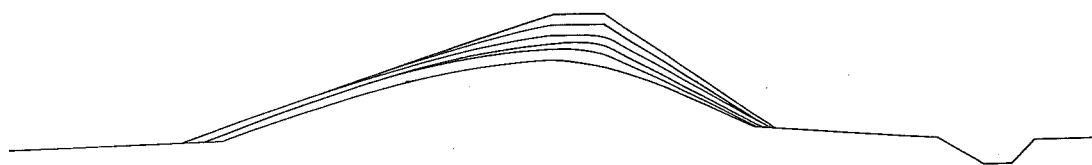


Fig. 61. Herhaaldelijk verhoogde dijk.



Fig. 62. Glijdvlakken in een doorweekt binnenbeloop.

Hoe dieper die slooten enz. zijn, hoe verder ze van den dijk moeten liggen. Komen onder de zate watervoerende lagen voor, dan is het uit den aard der zaak niet wenschelijk, dat deze nabij den hiel bloot liggen of slechts door een zoo dunne dichtere grondlaag zijn bedekt, dat nabij den dijk wellen kunnen ontstaan. Diepe slooten langs den dijk kunnen dien toestand licht veroorzaken.

Door overslaande golven over den dijk en door het kwelwater kunnen in het sloottalud aan de dijkzijde afschuivingen optreden en het is zeer ongewenscht, dat deze een zoodanige uitbreiding zouden kunnen ondergaan, dat ze den hiel naderen en ook het binnenbeloop in gevaar brengen.

Zijn onder de zate of nabij den hiel slappe grondlagen aanwezig, dan kan een sloot evenwichtsverstoringen in den grond bevorderen, tot nadeel van den dijk. Het is daarom zaak bij het bepalen van de plaats van de bermsloot, met den aard der grondlagen en de stabiliteit van het binnenbeloop, rekening te houden en den afstand tot den dijk liever ruim dan te klein te nemen. Minder dan 5 m neemt men die breedte bij voorkeur niet, meer dan 20 m wordt ze zelden bepaald. De door het binnenbeloop van den dijk en de bermsloot begrensde strook — de binnenberm — moet minstens de hoogte hebben van het oorspronkelijke terrein. Veelal neemt men de hoogte grooter om zoo de hoogte van het binnenbeloop te beperken maar ook wel om door een meer geleidelijke overgang van de belasting op de zate, evenwichtsverstoringen, dus verzakkingen en afschuivingen te voorkomen, als onder de zate slappe lagen aanwezig mochten zijn.

Zoo heeft men o.a. in 1907 langs den dijk van het Waterschap Baarland op Zuid-Beveland, over eenige honderden meters lengte de binnenberm opgehoogd, nadat daar bij het verhooggen en verzwaren van den dijk een afschuiving optrad in het binnenbeloop, waarbij de berm-sloot dichtschoof en het maaiveld belangrijk rees. Fig. 65.

Grondboringen die na dat ongeval werden uitgevoerd, wezen uit, dat hier een darielaag rustte op een vette klei — of spierlaag en de veen door den verhoogden druk tengevolge van



Fig. 63. Afschuiving van het binnenbeloop van den Waterlandschen Zeedijk Jan. 1916. Foto Rijkswaterstaat.

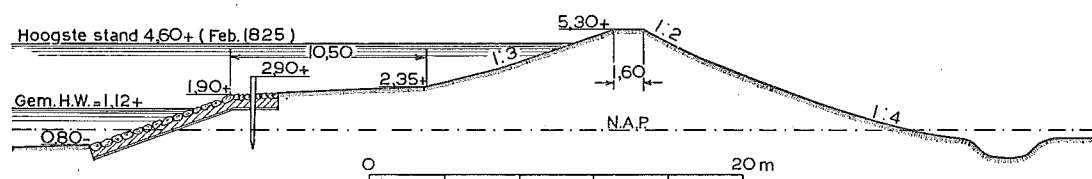


Fig. 64. Zeedijk met hol binnenbeloop bij Delfzijl.

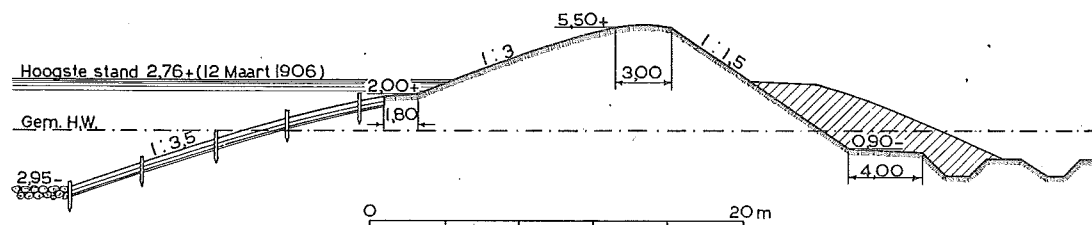


Fig. 65. Dijk met hooge binnenberm langs de Westerschelde bij Baarland.

de dijksverhooging plaatselijk horizontaal over de kleilaag was weggeschoven. Het was te voorzien, dat het bij die eene afschuiving niet zou blijven en afschuivingen vooral zouden zijn te vreezen als bij stormvloed door trillingen, verweeking van het binnenbeloop enz. de omstandigheden voor den dijk ongunstiger gingen worden. Door bermverhooging werd de hoogte van het steile binnenbeloop verkleind en de veenlaag belast, terwijl door aan den berm

een beloop van 1 op 3 te geven, het gevaar, dat nu dit beloop zou kunnen afschuiven, werd voorkomen.

Liggen aan den binnenkant van den dijk ondicte watervoerende lagen aan of nabij de oppervlakte, dan zouden daar wellen kunnen optreden. Ook dan is verhooging van den berm noodig. Om het van het binnenbeloop afvloeiend water snel af te voeren, geeft men den berm een afschot van 5 à 12 cm per m breedte.

Op tal van plaatsen is op den binnenberm een rijweg aangelegd. Eenzijdige afwatering is dan veelal bezwaarlijk en vooral het dwars over de wegverharding voeren van al het water dat van het binnenbeloop vloeit, kan voor de wegverharding zeer nadeelig zijn.

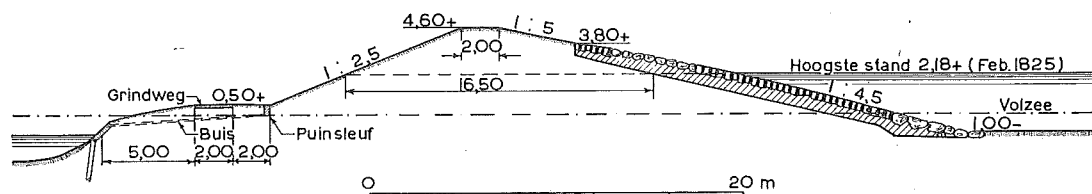


Fig. 66. Zeedijk met grindweg op den binnenberm bij Molkwerum.

Ten behoeve van die verharding wordt veelal langs den hiel een greppel of puinsleuf gemaakt en het water, dat zich daarin verzamelt, door buizen, dwars door den berm afgevoerd. Daar een greppel hier spoedig verstopt geraakt, verdient een puinsleuf veelal de voorkeur. Fig. 66. Door aan die sleuf ruime afmetingen te geven kan deze daarbij tevens dienen voor drainage nabij den hiel en kan dan helpen voorkomen, dat het binnenbeloop op zijn zwakste plaats wordt doorweekt, zooals reeds aan het slot van par. 12 werd vermeld.

§ 14. De Kruin.

Het buiten- en het binnenbeloop van dijken laat men in den top niet tegen elkaar aansluiten, daar dan het bovendeel al te weinig volume zou hebben om tegen uitdroging en mechanische beschadiging bestand te zijn, zoodat de hoogte van den dijk al spoedig zou verminderen. De top wordt daarom afgeplat, zoodat een kruin ontstaat.

Hoewel — vooral in Zeeland — eenige dijken niet meer kruinsbreedte hebben dan 0.75 m wordt over het algemeen 1.50 m à 2.— m noodig geacht, om verlaging door afspoelen, aftrappen enz. te voorkomen. Tal van dijken heeft men, om ze voldoende weerstand tegen het water te geven, een breeder kruin gegeven.

Voornamelijk is dit het geval, waar het tijverschil gering is en de golfslag dus langen tijd op eenzelfde hoogte gericht kan zijn en ook aan dijken, die niet op de stormstreek of die beschut liggen, en waar dus geen hoge golfoploop kan voorkomen, zoodat de kruin niet ver boven de hoogste standen behoeft te liggen.

Waar de golfoploop belangrijk is en de kruin daarom wel ver boven den hoogsten stand moet reiken, is ook bij geringe kruinbreedte toch al een groote dikte ter plaatse van dien hoogsten stand aanwezig. De zwaarte van den dijk houdt dan ook veel meer verband met de hoogte van den golfoploop en de helling van de taluds, dan met de kruinsbreedte. Zoo heeft de dijk, fig. 67, bij 1.40 m overhoogte een kruinsbreedte van 2.— m en zal bij 0.75 m overhoogte, de kruin 6.— m moeten zijn om een even zwaren dijk te geven.

Het hangt dus voornamelijk af van de grootte der tijbeweging, die den duur der hooge standen beheerscht en van den golfoploop of de kruin grooter breedte behoeft dan 2.— m en hoeveel. Met het oog op de gevaren, die aan het over de kruin storten van golven zijn verbonden en de kans op hooger standen of grooter golfoploop dan waarop is gerekend, is een

grootere hoogte met geringer kruinsbreedte, overal te verkiezen boven een breeder kruin ten koste van de hoogte, tenzij de kruin tevens voor wegbaan moet dienen. Het verschil van de profielsinhouden is gering, zoodat dit bij de keuze van het profiel nauwelijks meetelt.

Bij een geringe hoogte van de kruin boven den hoogsten waterstand zal niet altijd tevens met een geringe kruinsbreedte kunnen worden volstaan. Vooral wanneer de hooge waterstanden lang kunnen aanhouden en de dijkspecie niet bijzonder dicht is, zal het volume van den dijk dan te gering kunnen zijn en is verbreding van de kruin het middel om daaraan tegemoet te komen.

Bij dijken met geringe golfoploop mag ook nimmer uit het oog worden verloren, dat de kruin het meest aan uitdrogen en loswroeten is blootgesteld, zoodat op het waterkeerend vermogen van een smalle bovenlaag niet al te veel mag worden vertrouwd.

Is een dijk te laag, zoodat overvloeien of overloop van golven kan plaats hebben dan kan een

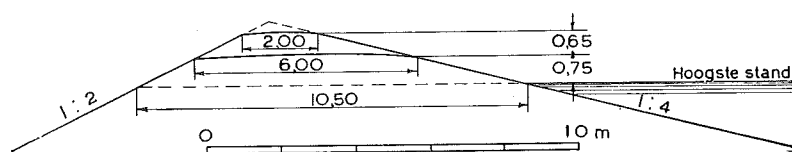


Fig. 67.

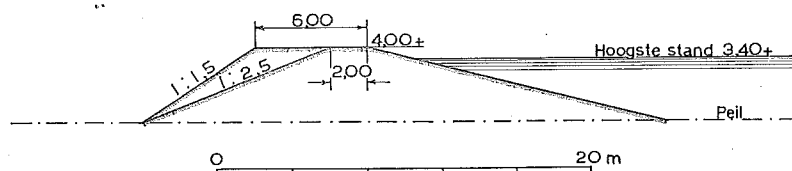


Fig. 68.

breede kruin den dijk niet tegen beschadiging behoeden en zelfs niet tegen doorbraak van uit de binnenzijde, al wordt het gevaar van doorbraak er wel door beperkt.

Bij afschuiving van het binnenbeloop ontstaat een profiel met veel flauwer talud en de kruin moet al heel breed zijn om bij volledige afschuiving niet geheel verloren te gaan. Ver-

breeding van de kruin ten koste van de helling van het binnenbeloop zal dan ook, ondanks het vergrooten van het volume, niet leiden tot meerdere veiligheid, eer tot het tegendeel.

Het steiler beloop zal eerder tot afschuiving neigen en een afgestort beloop biedt aan overstortend water veel minder weerstand dan een ongeroerd begroeid beloop van dezelfde helling zou geven. Fig. 68.

Toch worden dergelijke dijkverzwaringen wel uitgevoerd maar in den regel geschiedt dit dan ten behoeve van het verkeer.

Het is een historisch gegroeide toestand, dat in ons land op vele rivierdijken en ook op tal van zeedijken een verkeersweg ligt. In een land, waar men zuinig met de oppervlakte moet zijn en de dijken veelal nog de meest stevige en watervrije strooken vormen, in overigens vrij drassige streken, is dat geen wonder.

Nu in de latere jaren het verkeer op de wegen zooveel drukker, sneller en zwaarder is geworden dan vroeger, kleven aan de combinatie van dijkskruin en weg vele bezwaren en komen bij de pogingen om aan de verkeerseischen te voldoen; de belangen als waterkeering soms in het gedrang.

Dit geschiedt b.v. als ter verkrijging van een breeder kruin de belooopen steiler worden gemaakt en veelal ook, als de wegverharding tot aan of nabij de kruinlijnen wordt verbreed. De oudere grind- en steenslagwegen zijn niet aangelegd met vlij- of paklagen en bij die wegen is het verhardingsmateriaal vaak diep in den dijk gedrongen, wat den samenhang en de dicht-

heid heeft benadeeld. Bij verhooging van die dijken is de oude verharding daarbij niet steeds volledig verwijderd, zoodat ondichte horizontale lagen hier en daar voorkomen.

Daar een verkeersweg op de kruin ook voor het verkeer allerlei bezwaren heeft, verdient het over het algemeen aanbeveling, die daar nooit aan te leggen en waar mogelijk, de bestaande weg van de kruin te verwijderen.

Het voordeel van een weg op den dijk is, dat onderhouds- en noodmaterialen vlug naar bedreigde plaatsen kunnen worden gebracht. Tijdens storm en hoog water is dat echter toch vaak nog bezwaarlijk, vooral als golven over de kruin loopen. Zoowel voor het wegverkeer als voor de waterkeering is in bijna alle gevallen de binnenberm een betere plaats voor een weg, dan de kruin al heeft ook een weg op den binnenberm zijn bezwaren (o.a. sneeuwophooping).

§ 15. De kern van den dijk.

Als men er zeker van kon zijn, dat de belooopen en de kruin ten allentijde intact bleven en hunne functies goed zouden blijven vervullen, dan zou het vrij onverschillig zijn uit welke grondsoort de kern van den dijk bestaat.

Het is eigenlijk zoo, dat hoe lager de eischen zijn waaraan de belooopen kunnen voldoen, van hoe grooter belang de samenstelling van de kern is.

Het komt echter nogal eens voor, dat, terwijl de bekleeding van de belooopen niet aan hoge eischen kan voldoen, ook de kern niet veel samenhang heeft. Waar men niet over klei of keileem van goede kwaliteit in voldoende hoeveelheid kan beschikken, is de aanleiding daartoe het grootst.

Tot op zekere hoogte kunnen eventueele slechte gevolgen (veel beschadiging, afschuivingen, doorbraak) worden afgewend door aan den dijk zeer zware afmetingen en zeer flauwe belooopen te geven, zoodat b.v. het gevaar van overlopende golven absoluut wordt vermeden, gevaar van afslag wordt beperkt, de kwellingte wordt vergroot.

Bij vergelijking van dwarsprofielen van dijken ontkomt men echter niet aan den indruk, dat bij de hellingen en afmetingen te veel aan de gebruikelijke afmetingen ter plaatse en niet altijd genoeg aan den aard der gebruikte grondsoorten is gedacht.

Een dijk, heelemaal van goede klei en(of) keileem opgeworpen, is sterker en dichter dan bij gebruik van andere grondsoorten valt te bereiken. Is de specie zeer vet, dan kunnen bij langdurige droogte soms scheuren ontstaan, die tot vrij diep in den dijk doordringen en die in den regel niet nalaten ongerustheid te verwekken. Men vergelijkt dan te veel met metselwerk en beton, waarin een scheur een blijvend gebrek is, dat de samenhang van het geheel voor goed verbreekt.

In klei en leem zijn scheuren echter van veel minder beteekenis. Vooreerst mag bij grond niet aan samenhang die hoge waarde als bij andere materialen worden toegekend, want al zijn er geen scheuren dan hebben trek- en drukspanningen toch nog maar geringe waarden, en ten tweede gaan de scheuren weer dicht en laten geen zwakke plaatsen na, zoodra de grond weer genoeg water kan opnemen en dan gaat zwellen. (Dit is niet het geval bij veen, dat niet gaat zwellen doch waarin scheuren alleen dichtgaan door samenpersen en door neervallende korrels).

Het verwerken van klei is niet altijd gemakkelijk. Is ze te droog, dan is het noodig de spitten, bonken enz. fijn te maken omdat anders de noodige dichtheid soms pas na jaren ontstaat en is ze wat nat, dan is het moeilijk op het stort te werken en zakt de grond soms uit onder een zeer flauw beloop. Opwerken in dunne lagen, die men genoeg tijd geeft om op te stijven voordat een nieuwe laag wordt aangebracht, is dan wenschelijk.

Het verwerken van zand is over het algemeen veel gemakkelijker en vooral daarom heeft zand voor de kern van dijken, warme voorstanders.

Zand laat zich b.v. over lange afstanden spuiten zonder dat de opkeering, het bezinken en

de waterafvoer bijzonder bezwaar opleveren en ook voor dijken heeft die wijze van vervoeren en verwerken ruime toepassing gevonden. Klei laat zich ook goed spuiten maar de voorzieningen zijn moeilijker en bij dijken is het een groot bezwaar, dat goede grond, die echter een vrij groot percentage zand bevat, door het spuiten wordt ontleed zoodat het zand zich op de eene plaats neerzet en de kleideeltjes als weeke slib op een andere of met het spuitwater uit het werk worden weggevoerd, als er geen lange tijd voor bezinken wordt gelaten.

Bij een kern van zand wordt de kleibekleding van de belopen van bijzonder belang.

Zand, dat aan golfslag onderhevig is, neemt een zeer flauw beloop aan nl. 1 op 25 à 1 op 40. Slaat dus een gat in de bekleding, zoodat het zand bloot komt, dan krijgt dit gat, door uitvloeien van zand en nastorten van bekledingsgrond, spoedig een grooten omvang en kan groot gevaar voor doorbraak ontstaan.

Ontstaat een doorbraak, dan wordt door den stroom het zand gemakkelijk meegevoerd en neemt de doorbraak snel groote afmetingen aan. De eene soort zand stroomt wel wat minder gemakkelijk weg dan een andere soort maar veel beteekent dit, in dit verband, niet. Wel is de soort zand van belang in verband met de kwel. De waterdoorlatendheid van grof zand is zeer veel grooter dan van fijn.

Zijn er in het buitenbeloop lekke plaatsen, dan heeft, als de kern uit grove zandsoorten bestaat, het kwelwater spoedig de hiel bereikt en de waterstand in den dijk stijgt daar snel, als het water daar geen uitweg naar buiten vindt. Het binnenbeloop bij en boven de hiel wordt dan gemakkelijk doorweekt en er kan eenige afschuiving met uitvloeien van water volgen. De omvang van de afschuiving blijft beperkt omdat grof zand niet gemakkelijk wordt meegevoerd door het kwelwater en daardoor het zandbeloop niet nastort.

Bestaat de kern uit zeer fijn zand, dan is de tijd, die kwelwater noodig heeft om van het lekke buitenbeloop tot aan den hiel door te dringen, langer en de hoeveelheid kwelwater geringer, doch als nu uitvloeijing door het binnenbeloop of verweking ontstaat, dan zijn de gevolgen veel erger. Nu worden allicht wel zandkorrels door het kwelwater meegevoerd, de pakking in een deel van de kern wordt losser, de druk tegen de bekleding grooter en plotseling kan nu een afstorting van grooten omvang en tot diep in den dijk optreden. De middelen om deze calamiteiten in het binnenbeloop te voorkomen zijn: een ruime drainage aan of even binnen den hiel van fijne en daaronder grove grind, steenslag of puin, die wel het water maar geen zand doorlaat, met afwatering naar de berm-sloot, of een aanhooving van die materialen tegen het benedengedeelte van het binnenbeloop, of wel een flauwe helling van althans het beneden gedeelte van dat beloop, zooals in paragraaf 12 reeds is vermeld.

Veen is ook voor de kern een slecht materiaal en wordt, zoo eenigszins mogelijk, nimmer in een zeedijk verwerkt.

§ 16. Opritten en dijkgaten.

Waar de dijkskruin als weg dienst doet zijn hier en daar opritten of oprillen noodig. Ook waar dat niet het geval is, worden wel opritten gemaakt om materialen naar het buitenbeloop te kunnen rijden en aan de buitenzijde, als daar breed voorland, dat gehooïd wordt, losplaatsen, veerdammen enz. zijn gelegen.

De helling varieert van 1 op 15 tot 1 op 50.

Waar een weg den dijk kruist is een aanleg in de richting van den weg of rechthoekig op den dijk voor het verkeer het meest gewensch. Bij beteekenende hoogte vorderen dergelijke opritten veel grondverzet. Fig. 69. en buitendijks geven ze aanleiding tot hoeken waar de golven extra hoog opstuwen of waarin groote hoeveelheden veek samendrijven, die de grasnerf doen verstikken als ze niet spoedig worden opgeruimd. De meeste opritten worden daarom tegen de belopen van den dijk gelegd. Fig. 70.

Moet van af het punt, waar de oprit met de dijkskruin samenkomt, deze naar beide richtingen

kunnen worden bereden, dan is op of tegen de kruin een zwaaiplaats nodig, die een belangrijke aanhooging vordert en dan voor het verkeer toch nog zeer ongemakkelijk is. Beter is dan ook, van het ontmoetingspunt van den weg en den binnen- of buitenberm naar beide kanten een oprit te maken, doch dit heeft alleen zin als de binnen- en buitendijks gelegen wegen niet in elkaars verlengde liggen of aan een der zijden twee wegen op den dijk uitkomen.

De schuin tegen het beloop oplopende opritten moeten buiten het doorgaande profiel van den dijk liggen. Ter beperking van het grondverzet wordt de oprit soms echter voor een deel der breedte in het beloop gegraven. Dit moet plaatselijk dan steiler worden en de kruin aan het boven-einde van de oprit worden versmald. Noch voor den dijk, noch voor het wegverkeer is dat gewenscht. Op het buitenbeloop wordt het talud van den oprit veelal steiler genomen dan het buitenbeloop van den dijk. Een verdediging van dat steilere beloop met steenglooing, kan dan veelal niet worden ontbeerd, ook al is op het buitenbeloop of het bovendeel daarvan overigens geen steenglooing aanwezig.

Tegen de kruin moeten de opritten geleidelijk aansluiten, zonder dat daar korte bochten in den weg behoeven te worden gemaakt. Maakt de weg met den dijk een grooten hoek, dan is het aan te bevelen, de oprit op den binnenberm op eenigen afstand van het ontmoetingspunt te doen aanvangen, opdat afdalende wagens kunnen uitloopen vóór ze de bocht naar den weg moeten nemen. Fig. 70.

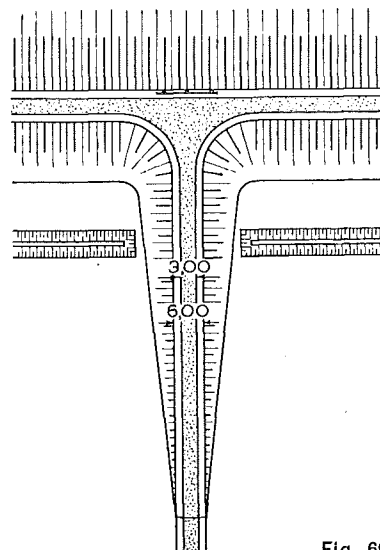


Fig. 69.

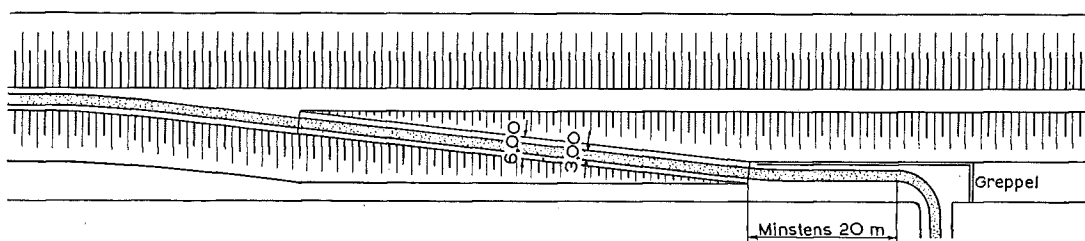


Fig. 70.

In vlakke streken hebben door paarden getrokken wagens zelden remmen. Licht op den oprit een verharde weg, dan wordt bij het afdalen, om vaart te verminderen, dikwijls buiten de verharding en zelfs in het beloop van den dijk gereden en dit dan beschadigd, wat daar het aanbrengen van schamppalen of steenglooing weer noodig maakt.

Bij buitendijks gelegen havens en losplaatsen zijn opritten over de kruin door hun groote hoogte vaak een groot bezwaar. Waar gebouwen dicht langs den dijk zijn gezet, ontbreekt soms ook de ruimte ervoor. In die gevallen wordt in den dijk een verlaging een z.g. dijkgat gemaakt waar doorheen de weg wordt geleid.

De bodem van het dijkgat ligt boven den H.W. stand, liefst zooveel, dat ook niet veel stormvloedden zoo hoog reiken, want iedere keer, als het extra hoog water dreigt te worden, moet het gat worden gesloten en is het verkeer tevens versperd. Dat afsluiten moet, om niet door

hooge standen te worden verrast, vlug en deugdelijk tot kruinshoogte kunnen geschieden. Meestal worden daarvoor schotbalken, soms deuren, aangebracht.

Deuren hebben het voordeel, dat ze zeer snel gesloten en geopend kunnen worden, maar ze hebben een slagdorpel noodig, die bijna steeds hinderlijk is voor het verkeer. Trouwens ook voor schotbalken is de afsluiting aan de onderzijde eenigszins lastig. Ook daarvoor is een dorpel noodig, die nu wel met de verharding gelijk kan liggen, maar waarin op den duur sporen slijten, die tot lekken aanleiding geven, zoodat de ondernaad met klei, mest en zakken zand moet worden afgedicht. Een sponning in den dorpel, die in gewone omstandigheden met een houten plaat is opgevuld, geeft meestal de beste oplossing.

De wijdde van een dijkgat wordt zelden grooter gemaakt, dan voor het doorlaten van één breed voertuig tegelijk. De wanden staan ongeveer loodrecht en zijn van hout, steen of beton, waarin kassen voor de deuren of sponningen, voor meestal 2 schotbalkwanden zijn aangebracht. Deuren moeten altijd inhangen, schotbalken worden vlakbij op de kruin opgeslagen, om ze steeds tijdig bij de hand te hebben.

§ 17. Aanwassen en bedijken.

Met het bedijken van aan zee gelegen opgeslibde gronden — de kwelders in Groningen, de keegen en kwelders in Friesland, de schorren en gorzen in Zuid-Holland en Zeeland — wordt bijna altijd gewacht, tot de gronden hoog genoeg zijn geworden om tot een voldoende laag peil op natuurlijke wijze te kunnen afwateren.

Niet alleen, dat bij aanleg van een polder dan met een sluis of duiker van beperkte afmetingen kan worden volstaan en bouw van een gemaal of molen achterwege kan worden gelaten, van nog meer belang is, dat de jaarlijksche uitgaven voor bemaling, die den polder zwaar zouden kunnen drukken, tevens worden ontgaan.

Er zijn gevallen denkbaar, waarin de waardevermeerdering van den bedijkten grond zoo groot is, dat ook de kosten van bemaling daardoor worden goedge maakt, doch het komt veel voor, dat nog niet hoog opgewassen gronden geheel of grootendeels uit zandplaten en kreken bestaan en dat bij indijking de waardevermeerdering te gering is in verhouding tot de kosten van bedijken, in cultuurbrengen en bemalen.

Voor een vlugge ontzilting van den bodem, die noodig is om goede oogsten te verkrijgen, is in de slooten en wateringën een peil noodig, dat 1.— m en beter nog 1.25 à 1.50 m beneden de oppervlakte van het land ligt.

Waar de bovenlaag tot geruime dikte bestaat uit slib of klei, klinkt deze na bedijking aanmerkelijk in, zoodat in de naaste toekomst, in een nieuwen polder een bodemverlaging van 0.25 tot 0.50 m zal ontstaan.

Veiligheidshalve zal ook nog op de algemeene daling van den bodem moeten worden gerekend, opdat niet al te spoedig een daardoor noodzakelijke verlaging van het polderpeil bezwaren zal geven. De grond zal derhalve 1.50 m à 2.25 m moeten liggen boven het polderpeil. Het polderpeil moet boven L.W. liggen: hoeveel, dat hangt van meerdere omstandigheden af, waarvan men enkele wel, andere niet in de hand heeft.

Vooreerst moet in het oog worden gehouden, dat de zeestanden in sommige maanden dagen aaneen, niet tot gemiddeld L.W. dalen en dat dikwijls juist in een tijd, waarin de landbouw lage waterstanden in den polder noodig heeft. Te verbeteren valt daaraan niets, tenzij door het gaan verbouwen van andere gewassen. De ervaring leert echter, dat veranderingen in de cultuur gemeenlijk samengaan met drang tot verlaging van het polderpeil, veel meer dan tot verhooging daarvan.

Het verhang in de watergangen naar de uitwateringssluis, de wijdde en diepte van de sluis en het verhang in de buitengeul, bepalen mede hoe snel het water uit den polder kan worden afgevoerd en, is het verval tusschen het polderwater en den zeestand aan den kleinen kant,

dan kan daaraan door ruime afmetingen van de sluis en van de toeleidings- en afvoerkanalen en -geulen, worden tegemoetgekomen.

Het waterbezwaar door neerslag kan uit den aard der zaak niet, de kwel — als die er is — soms wel worden verminderd, maar wat ook kan worden gedaan, steeds blijft over, dat, hoe hoger het polderpeil boven gem. L.W. ligt, hoe gemakkelijker aan alle eischen met de minste kosten kan worden voldaan. Hoe hoger de gronden opslibben hoe beter dus. Met minder dan 2.— m boven gem. L.W. zal een kwelder of gors maar zelden zonder afwateringsbezwaren kunnen worden bedijkt.

Als de opslibbing tot dicht aan de hoogte van gem. H.W. is gevorderd, stroomt er elk tij maar een dunne laag water op en kan maar weinig slib bezinken. Door de begroeiing wordt die slib beter vastgehouden dan op kale slikken het geval is. Toch vordert de opslibbing nu langzaam en is eenmaal het peil van gem. H.W. bereikt, dan heeft overstroming en dus ook bezinking van slib maar zelden meer plaats, zoodat opslibbing boven H.W. zeer traag verloopt, totdat na een zeer lang tijdsverloop de grens ter hoogte van ongeveer 0.50 m boven gem. H.W. is bereikt.

Waar dus het gemiddeld tijverschil minder bedraagt dan 1.50 m zal bedijking met vrije afwatering zelden of nooit mogelijk zijn, tenzij de opslibbing kunstmatig kan worden bevorderd. Bij 1.50 m en iets meer tijverschil zal de opslibbing een lange periode vorderen en slechts waar het tijverschil 2.— m en meer bedraagt, zal een verhooging van zandplaat tot rijpe schor, binnen één menschenleeftijd kunnen vallen.

Hoe grooter het tijverschil hoe sneller verloop mogelijk is en zoo kon het b.v. gebeuren dat bezuiden den Spoorwegdam door de Ooster Schelde, aan den Brabantschen wal, waar het tijverschil ongeveer 4.40 m bedraagt in 1883 de Damespolder kon worden bedijkt en reeds 20 jaar later (in 1903) daar buiten de Völcker polder. Fig. 71 en 72. Deze laatste werd spoedig gevolgd door den Kreekrakpolder maar deze ligt niet zoozeer zeewaarts van den Völckerpolder, dan wel langs den spoorwegdam.

Op de plaatsen waar kwelders niet onbelangrijk hoger dan H.W. moeten liggen om te worden bedijkt, duurt het niet alleen zeer lang tot ze hoog genoeg zijn opgeslibd maar is de neiging tot bedijken gewoonlijk ook niet zeer groot. Die kwelders hebben onbedijkt al een vrij groote waarde als wei- en soms als wei- en hooiland, zoodat de waardevermeerdering per ha door bedijking, alleen dan groot genoeg is om het werk loonend te maken, als de polder een groote breedte kan verkrijgen en dus in verhouding tot de lengte van den dijk, eene groote oppervlakte de waardevermeerdering geniet. Het bij hooge zomervloeden ondervloeden van deze kwelders, waardoor hooi verloren kan gaan en soms vee verdrinkt of slechts met groote moeite kan worden gered, wordt wel als een groot bezwaar gevoeld en dit leidt wel tot den aanleg van een zomerkade die tot 2.— à 2.50 m boven gem. H.W. reikt. Bij stormvloeden loopen de golven over die kade en vloeit soms ook het water er over, wat aan het binnenbeloop hooge eischen stelt, zoodat dit zelden steiler kan liggen dan 1 op 3 en 1 op 5 noodig kan zijn.

De hooge kwelders liggen dikwijls niet gemeen met den dijk, zoodat het vee, dat er op weidt, buitendijks zoet drinkwater moet kunnen bereiken. Daartoe zijn daar z.g. dobben aangelegd, ronde ondiepe in vette klei uitgegraven kuilen omringd door een kade van vette dichte klei. Het binnen die kade gevallen regenwater vloeit in dien kuil en blijft daar zoet, omdat de bodem het zoute grondwater niet doorlaat en het zoete water er niet in kan wegzakken. Slaat bij een hooge vloed de dobbe vol zeewater, dan laat men haar door een, gewoonlijk met een schuif gesloten duikertje, leeg loopen en moet dan op regen wachten om nieuwe voorraad drinkwater te verkrijgen. Fig. 73. Het zijn zeer waarschijnlijk dergelijke dobben geweest waaruit de vele in het waddengebied voorkomende terpen, zijn ontstaan. Tot in dezen tijd heeft men aangenomen, dat de oudste bewoners van deze streken de terpen hebben opgeworpen om beveiligd te zijn tegen hooge vloeden. Gezien den geweldigen inhoud van sommige terpen

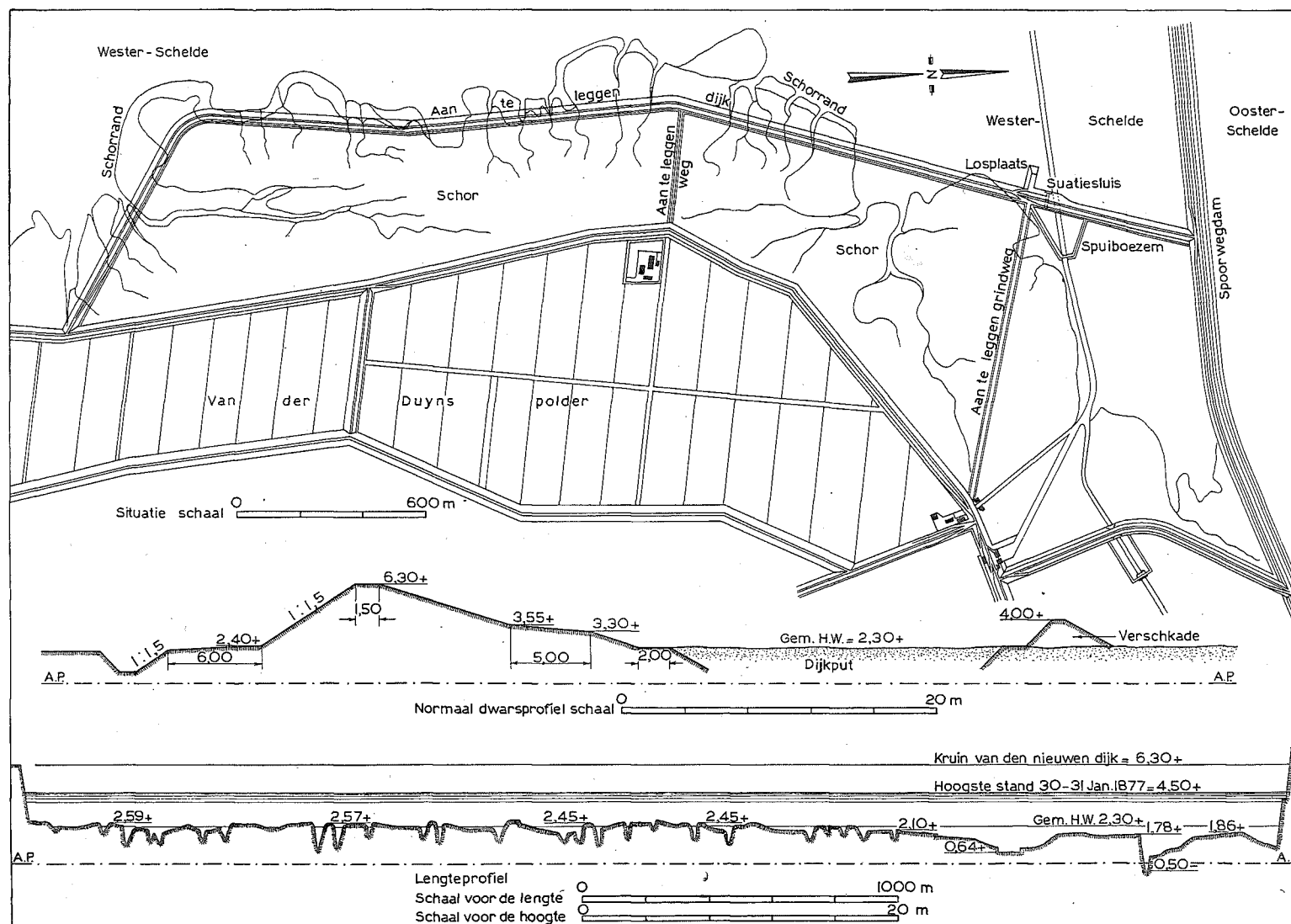


Fig. 71. Bedijking van den Damespolder bij Woensdrecht in 1883.

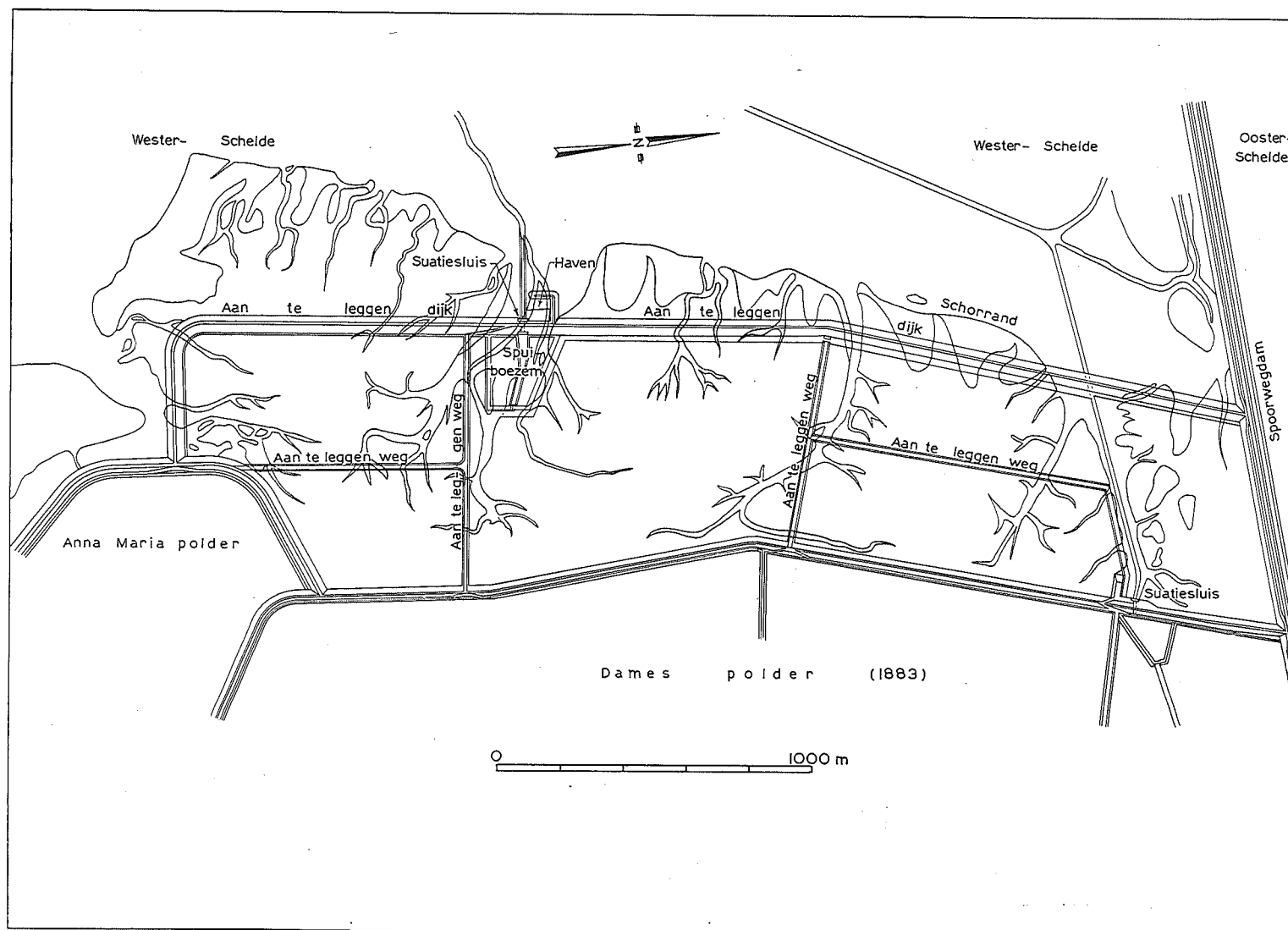


Fig. 72. Bedijking van den Völckerpolder bij Woensdrecht in 1903.

en hun groote hoogte van vele meters boven de hoogste stormvloeden — dus voor het veronderstelde doel onnoodig veel te hoog — hun zeer flauwe belooien, den ronden of ovalen vorm en de ligging van eenige zoo dicht bij een andere, dat men zich verbaasd moet afvragen of buien toen al zoo weinig eensgezind waren, dat ze liever een reuzenarbeid ondernamen op

een paar honderd meter van elkaar, dan op één terp samen te wonen, kan bedoelde verklaring van het ontstaan van terpen onmogelijk juist zijn.

Een aannemelijker verklaring, waarvoor geen zulke wonderlijke liefhebberijen aan die oude bewoners behoeven te worden toegeschreven is, dat de terpen zijn ontstaan op de plaatsen waar mensch en dier water vonden dus bij de dobben. Slechts die dobben maakten hun het verblijf gedurende langer tijd dan een paar dagen hier mogelijk. Zonder zoet water moesten ze telkens en telkens weer naar de hogere gronden terugkeeren, maar toen ze eenmaal hadden geleerd regenwater op deze door zoute slenken enz. doorsneden landen te verzamelen, konden ze buiten het stormseizoen zich hier zoo lang ophouden als de watervoorraad strekte.

Voedsel vond het vee op deze aangeslibde gronden stellig in ruime mate.

Het verzamelpunt voor het vee was de dobbe; dit was ook het meest geschikte vestigingspunt voor de eigenaars; daar moeten de eerste hutten en omheiningen en later ook stallen zijn gebouwd.

Onderzoekingen van den lateren tijd hebben dan ook aan-

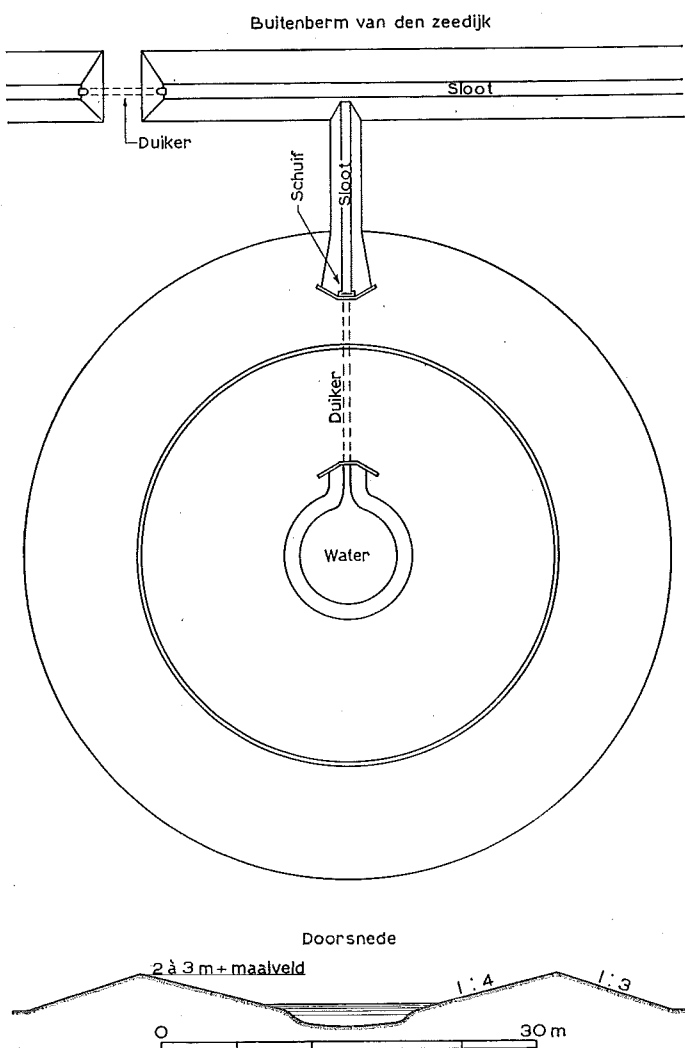


Fig. 73. Buitendijksche drinkdobbe bij Ferwerd.

getoond, dat de terpen al op hun zool waren bewoond.

Mest en afval hebben gedurende vele eeuwen den bodem geleidelijk verhoogd tot terp. Was die zoo hoog geworden, dat hij bij de hoogste stormvloeden een veilig verblijf bood, dan kon de zomerwoning blijvende woonplaats worden. Wellicht dat daarvoor en voor het droogleggen van plekken die door de mest steeds drassig waren, wel wat grond door de bewoners is aangesleept, maar dat de ophooging ooit belangrijk was en de grond anders dan van de allernaaste plaats werd gehaald is al zeer onwaarschijnlijk. Daarvoor was de bevolking van een terp — veeweiders en visschers — veel te weinig in getal, was het vervoer van groote

hoeveelheden grond in dien tijd veel te moeilijk en het is ook geheel tegen den aard van den mensch, zonder dwang, dergelijke zeer omvangrijke werken uit te voeren, gesteld dat hij, naast zijn bemoeiingen voor het levensonderhoud, er den tijd voor heeft. Mest wordt vanaf den zool op alle hoogten en vaak nog in duidelijk herkenbare lagen in de terpen aangetroffen. De oudheidkundigen nemen aan, dat die mest daar is gebracht om de terp te verhoogen; zij zitten te vast aan de opvatting, dat de terpen zijn „opgeworpen” want als men bedenkt, dat het voor de hand lag, dat de oudste bewoners het vee nabij hut en dobbe in een omheining dreven, als dit om te melken of voor de veiligheid noodig was en het later geheele winters in omheiningen of stallen op de wordende terp verbleef, dan is het duidelijk dat de mestlagen ter plaatse zijn ontstaan. Het was gemakkelijker af en toe de stallen van palen en vlechtwerk te verhoogen of te verplaatsen, dan al die mest op te ruimen. Mest had toen nog geen waarde, die kreeg hij pas toen men landbouw bedreef en in deze vruchtbare streken waarschijnlijk niet eens spoedig, zoodat de stallen doen denken aan den beroemden Augias-stal waarin de mest immers ook tot een groote massa was aangegroeid.

Neemt men aan dat de terpen niet opzettelijk zijn opgeworpen maar veel meer zijn ontstaan door bewoning van veehouders, dan verdwijnt ook al het zonderlinge uit de ligging van terpen vlak bijelkaar. Die terpen zijn ontstaan aan weerszijden van een slenk, die te diep was om te doorwaden, zoodat de dobbe aan den eenen kant niet van den anderen kant af was te bereiken en daar dus een tweede dobbe noodig was, wilde men ook de kwelder aan dien kant doen beweiden. Soms — o.a. te Holwerd — duidt een oude dorpsvaart tusschen de terpen nog aan, waar de slenk eertijds heeft gestroomd.

Nog op een andere dwaling van de oudheidkundigen ten opzichte van terpen, moet hier worden gewezen.

Alle terpen hebben een bovenlaag van 0.75 à 1.25 m dikte van grond, die in samenstelling en kleur afwijkt van den grond uit de kern. De officieele verklaring is, dat die laag ineens is aangebracht, nadat de zee hier slib uit een andere streek dan voordien was gaan aanvoeren.

Die deklaag ligt op alle terpen, zoowel op de allerhoogste, die 7 à 8 m boven het omringende land en dus ver boven stormvloedshoogte liggen, als op de lagere, die zich maar 2 à 3 m boven het omringende land verheffen. De zeer hooge terpen met een oppervlakte van vele hectaren (Hoogebeintum was 9 ha) vorderden voor zoo'n deklaag een verzet van rond 100.000 m³, grond van een afwijkende samenstelling, die vrij ver, van nieuwe kwelders moest worden gehaald; een zeer omvangrijk werk dus, dat zonder zeer dwingende reden nimmer tot uitvoering zou zijn gekomen. Wat de dwingende reden tot verhooging van alle terpen kan zijn geweest, wordt niet verklaard. Er is dan ook geen enkele reden te bedenken.

Grootere hoogte kan, althans voor de hooge terpen, niet het doel zijn geweest, ze lagen al reeds ver boven de stormvloeden; meer oppervlakte evenmin; die was met veel minder moeite door afslechting van de hoogste top te bereiken en de zeer flauwe helling die de terpen hebben, zou dan zeker in een steilere zijn veranderd.

De eenvoudige verklaring is, dat na de opkomst van den landbouw, de bovenlaag tot heden, dus 8 à 9 eeuwen lang, elk jaar is omgespit of geploegd, de grond dus vele malen direct aan de lucht was blootgesteld en door uitloging en begroeiing in samenstelling is gewijzigd. In de zeepolders o.a. langs den Dollard ziet men hetzelfde kleurverschil, een bruingrijze bovenlaag op een diepblauwe onderlaag terwijl het daar wel geheel zeker is, dat die lagen niet door afzonderlijke afzettingen of ophoogingen zijn gevormd, maar vóór de bedijking uit eenzelfde grondsoort bestonden.

Opslibbingen verlopen zelden regelmatig d.w.z. slib die in een of meer tijen is afgezet, wordt een anderen tijd door stroom of goldbeweging deels of totaal weer opgewoeld en weggevoerd.

Door omstandigheden te scheppen, die den aanvoer van vloedwater en het rustig bezinken bevorderen en het weer loswoelen van het bezinksel tegengaan, kan landaanwinning worden bevorderd, soms in die mate dat de pogingen tot het spoediger doen ontstaan van waardevol land, loonend zijn. In de meeste gevallen echter is dat niet het geval en komt het gewonnen land op hoge kosten. Landaanwinningswerken worden op eenigszins ruime schaal in hoofdzaak alleen uitgevoerd in tijden van werkloosheid, als de werkgelegenheid groter beteekenis heeft dan de uitkomst en de kosten. Het succes van die werken geeft gemeenlijk toch veel voldoening.

De methoden voor landaanwinning zijn in hoofdzaak te scheiden in die met lage en die met hoge dammen. Hoge dammen komen alleen in aanmerking als eilanden met de kust worden verbonden om zoo doorgaande stroomingen, die slib aan, maar veelal ook weer afvoeren, af te snijden, zoodat op H.W. een langeren tijd van stilstand en daarna minder krachtige eb-stroom wordt geschapen en tegen den dam luwe hoeken ontstaan. Zullen deze dammen aan hun bestemming beantwoorden, dan moeten ze tot boven de stormvloedstanden reiken en zeer stevig zijn geconstrueerd en dan laten belangrijke resultaten in den regel nog lang op zich wachten.

Meer toegepast wordt dan ook de methode van de lage dammen. Deze vordert veel toewijding en veel werk voor herstel en verhooging van dammetjes en het schieten van slooten en greppels en het periodiek uitdiepen daarvan, maar waarbij de resultaten meermalen van jaar tot jaar goed zichtbaar zijn. Zoo zijn er in het Duitsche waddengebied plaatsen, waar het met deze methode gelukt, de L.W. en H.W. lijn jaarlijks ongeveer 7 m zeewaarts te dringen; de bewerkte kuststrook is daarbij echter honderden meters breed.

De dammetjes worden gemaakt van rijshout, waarvoor allerlei methoden in gebruik zijn, of van planken aan paaltjes, van schorkloeten, maar veelal van enkel slik met bezoding op de hoogste.

De hoogte is 30 à 50 cm. Bij grooter hoogte ontstaat het gevaar, dat langs de dammen geulen uitschuren of door overstortend water verdieping ontstaat.

Gewoonlijk worden rechthoekig op de kust dammetjes van 200 à 400 m lengte op afstanden van 200 à 400 m gelegd met dwarsdammetjes — dus evenwijdig aan de kust — aan het zee-einde. Die dwarsdammetjes sluiten die vakken niet geheel af, maar laten in het midden een wijde opening, waardoor het langzaam vol- maar vooral langzaam leegstroomen van het vak mogelijk is. Binnen de dammetjes worden afvoergreppels rechthoekig op de kust gegraven, waarvan er enkele worden doorgetrokken tot aan of door de L.W. lijn. Deze greppels liggen op 6 à 10 m onderlingen afstand. Op enkele plaatsen worden evenwijdig aan de kust dergelijke greppels gegraven, zoodat al de zoo ontstane akkers bij wassend water geleidelijk onder-vloeien en bij vallend water langzaam geheel droogvallen en de greppels leeg loopen, zonder dat sterke stroomingen of golfslag ontstaan, waardoor de afgezette slib weer naar zee zou kunnen worden gevoerd. Zijn de greppels grootendeels volgeslibd, dan worden ze uitgeschept en wordt de slib over de akkers verspreid of aan één zijde van de greppels tot een walletje opgeworpen. Zonneschijn en wind doen die slib dan opstijven. Reiken de slikken tot ongeveer 0.50 m-H.W., dan ontstaat begroeiing. Deze bevordert verdere verhooging, doordat de slib op en tusschen de planten wordt vastgehouden. Een uit Engeland ingevoerde grassoort de *Spartina Townsendii* kan al groeien waar de slikken nog maar tot ± 1 .— m — H.W. zijn opgewassen. Dit gras verbreidt zich snel en vormt groote hoge pollen, die voor de aanslibbing zeer bevorderlijk zijn. De begroeide slikken laat men door schapen en als ze wat hooger en vaster zijn geworden, ook door jonge koeien beweiden. Dan worden ook de omringkaden vaak verhoogd tot 1.— à 1.50 m boven het terrein en worden ze aan de zeezijde gesloten om 's zomers het land goed beweidbaar te houden en het 's winters verder te doen opslibben. Zoo wordt strook na strook aangewonnen tot de hoogte en breedte van de aanwassen deze geschikt maken voor bedijking.

Bij het bedijken van kwelders en schorren, wordt er in het algemeen naar gestreefd om met een minimale lengte dijk een maximale oppervlakte goed land in te polderen. Daardoor bestaat de neiging om den dijk zoo dicht mogelijk langs de L.W. lijn te doen loopen. Daaraan worden grenzen gesteld door het zeewaarts dalen van het terrein en door de in par. 9 genoemde eischen, die aan het voorland moeten worden gesteld, terwijl buiten den nieuwen dijk ook genoeg geschikte grond moet kunnen worden ontgraven om er den dijk van te kunnen maken.

In sommige gevallen kan de hoeveelheid uit het voorland te graven grond worden beperkt door op diepere plaatsen zand te baggeren en in den dijk te spuiten. Binnen den nieuwen dijk wordt alleen grond aan de bermsloot ontleend. Soms wordt uit de zate klei gegraven voor de z.g. voorverversching of voor bekleeding, maar de rest van de klei moet men vinden uit het voorland. Daarbij dient de dijk zooveel mogelijk in rechte richtingen te worden gelegd met vermindering van scherpe bochten en inspringende hoeken, niet alleen ter beperking van de lengte, maar ook om te voorkomen, dat gedeelten meer dan strikt noodzakelijk is, ongunstig zullen liggen ten opzichte van de stormstreek. Bij voorkeur moet de dijk aan de zeezijde, evenwijdig liggen aan de stroomrichting, opdat hij geen opstuwing zal veroorzaken, die aanleiding kan zijn van stroomversnelling en daardoor van afname van het voorland.

Komen in het terrein lage en onvruchtbare gedeelten en diepe geulen voor, dan moet worden nagegaan of het de voorkeur verdient, die mede in te dijken, waarbij dan een deel van den dijk extra duur in aanleg wordt (meer grondverzet en grondaanvoer over grooter afstand en soms aanleg van — of van meer — steenglooing) of wel de dijk om die gedeelten heen te leggen, waarbij hij langer wordt en er vakken ten opzichte van de stormstreek ongunstiger komen te liggen. De hoeken worden afgerond.

Hoe grooter de straal van afronding, hoe korter de dijk en, bij inspringende hoeken, hoe grooter de ingepolderde oppervlakte.

Bij uitspringende hoeken wordt daarentegen die oppervlakte kleiner naarmate de straal grooter wordt en er is een bepaalde straal, waarbij de besparing op den aanleg van den dijk eenerzijds, het derven van de waardevermeerdering van den nu niet bedijkten grond anderzijds een gelijk bedrag uitmaken. Die straal is dus, uit financieel oogpunt, de verkieslijkste.

Door den Duitschen waterbouwkundige R. Woltman is in het begin der vorige eeuw een formule opgesteld om die straal te berekenen, ir. J. C. Ramaer gaf in 1916 in de „Ingenieur” een goed bewijs ervoor, dat hieronder volgt, met andere notatie's dan Ramaer gebruikte.

In fig. 74 is C het punt waar de richtingen van de rechte dijkvakken elkaar snijden.

is R = de gezochte straal

β = de halve middelpuntshoek

x = afstand van raakpunt tot snijpunt C

AB = een hulplijn, die loodrecht staat op de straal ME zoodat de driehoeken MCD en ACG gelijkvormig zijn.

Stelt men AC = e dan is AD = e — x.

$R = x \cot \beta$.

boog DE = $\frac{\beta}{180^\circ} \times \pi x \cot \beta$.

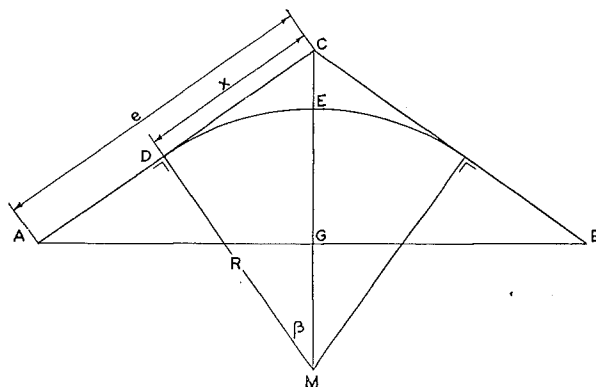


Fig. 74. Afronding van een uitspringenden hoek bij dijk aanleg.

$$AD + DE = e - x + \frac{\beta}{180^\circ} \times \pi x \cot \beta.$$

$$\text{Inh. ACG} = \frac{1}{2} e^2 \sin \beta \cos \beta.$$

$$\text{Inh. MCD} = \frac{1}{2} x^2 \cot \beta.$$

$$\text{Inh. MDE} = \frac{1}{2} \times \frac{\beta}{180^\circ} \pi R^2 = \frac{1}{2} \times \frac{\beta}{180^\circ} \pi x^2 \cot^2 \beta.$$

$$\text{Inh. ADEG} = \text{Inh. ACG} - \text{Inh. MCD} + \text{Inh. MDE}.$$

Stelt men de waarde van de schor op a per m²
de waarde van den bedijkten grond op b per m²
dan is de waardevermeerdering b — a per m².

Kost de dijk per m lengte c dan moet

$$(b - a) \left\{ \frac{1}{2} e^2 \sin \beta \cos \beta - \frac{1}{2} x^2 \cot \beta + \frac{1}{2} \frac{\beta}{180^\circ} \pi x^2 \cot^2 \beta \right\} - c \left\{ e - x + \frac{\beta}{180^\circ} \times \pi x \cot \beta \right\}$$

een minimum zijn.

De afgeleide functie hiervan met x als veranderlijke is:

$$(b - a) \left(-x \cot \beta + \frac{\beta}{180^\circ} \times \pi x \cot^2 \beta \right) - c \left(-1 + \frac{\beta}{180^\circ} \times \pi \cot \beta \right)$$

Zij moet gelijk nul zijn, en dus $(b - a) x \cot \beta = c$

Daar $x \cot \beta = R$ is, zal $R(b - a) = c$ of $R = \frac{c}{b-a}$ zijn.

of in woorden uitgedrukt:

de voordeeligste straal van afronding in meters, is gelijk aan de kosten per m. dijk, gedeeld door de waardevermeerdering van den grond per m².

Met lagere wiskunde is het bewijs uit den aard der zaak wat omslachtiger:

$$x = R \tan \beta. \text{ Boog DE} = \pi R \frac{\beta}{180^\circ} \text{ dus } x - DE = R \tan \beta - \pi R \frac{\beta}{180^\circ}$$

De kosten per meter dijk zijn c en door de afronding wordt bespaard:

$$c \times 2 \left\{ R \tan \beta - \pi R \frac{\beta}{180^\circ} \right\} = 2 c R \left\{ \tan \beta - \pi \frac{\beta}{180^\circ} \right\}$$

De oppervlakte bedijkte grond wordt door de afronding 2 (Inh. MCD — Inh. MED) kleiner.

$$\text{Inh. MCD} = \frac{1}{2} R x = \frac{1}{2} R^2 \tan \beta.$$

$$\text{Inh. MED} = \frac{1}{2} \pi R^2 \times \frac{\beta}{180^\circ}$$

$$\text{Die verkleining is dus: } 2 \left\{ \frac{1}{2} R^2 \tan \beta - \frac{1}{2} \pi R^2 \times \frac{\beta}{180^\circ} \right\} = R^2 \left\{ \tan \beta - \pi \frac{\beta}{180^\circ} \right\}$$

$$\text{Tegenover de besparing van } 2 c R \left\{ \tan \beta - \pi \frac{\beta}{180^\circ} \right\}$$

$$\text{staat dus een winstderving van } (b - a) \times R^2 \left(\tan \beta - \pi \frac{\beta}{180^\circ} \right)$$

$$\text{Stellen wij nu } \tan \beta - \pi \frac{\beta}{180^\circ} = p$$

dan is bij een straal R het verschil tusschen de besparing en winstderving: $p \{ 2 c R - (b - a) R^2 \}$

dus bij een straal $R = 1$ m is de winstderving $p \{ 2c - (b - a) \}$

$$R = 2 \text{ m } \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p \{ 4c - 4(b - a) \}$$

$$R = 3 \text{ m } \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p \{ 6c - 9(b - a) \}$$

$$R = 4 \text{ m } \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p \{ 8c - 16(b - a) \}$$

$$R = 5 \text{ m } \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p \{ 10c - 25(b - a) \}$$

enz.

Het verschil neemt af met de toename van de straal en wel:

van $R = 1$ m tot $R = 2$ m met $p \{2c - 3(b - a)\}$

van $R = 2$ m tot $R = 3$ m met $p \{2c - 5(b - a)\}$

van $R = 3$ m tot $R = 4$ m met $p \{2c - 7(b - a)\}$

van $R = 4$ m tot $R = 5$ m met $p \{2c - 9(b - a)\}$

en van $R - \frac{1}{2}$ m tot $R + \frac{1}{2}$ m met $p \{2c - 2R(b - a)\}$

Zij R_v de voordeeligste straal, dan is bij de toename van de straal

van $R_v - \frac{1}{2}$ m tot $R_v + \frac{1}{2}$ m het verschil afgenomen

tot $p \{2c - 2R_v(b - a)\}$

zoodat $2R_v(b - a) = 2c$ en $R_v = \frac{c}{b - a}$

Kost de dijk b.v. f 50.— per m en is de waardevermeerdering van den grond $b - a = f 2.000$ per ha = f 0.20 per m² dan is de voordeeligste straal van afronding van de uitspringende hoe-

ken van den dijk $\frac{50}{0.20} = 250$ m.

Bij de aansluiting aan andere dijken en bij bochten, waar later wellicht een nieuwe dijk zal moeten aansluiten, wordt er meer op gelet of de bocht daarvoor gunstig is en wordt gewoonlijk een kleiner straal dan men volgens de formule vindt, daarvoor aangenomen.

§ 18. Aanleg van zeedijken.

De wijze van aanleg van zeedijken wordt goeddeels beheerscht door de waterstanden ter plaatse.

In hoofdzaak kan men onderscheiden: 1° aanleg op drogen grond zonder dat met waterstanden veel rekening behoeft te worden gehouden; 2° aanleg op gorzen of slikken waar met tijverschil en eventueele stormvloeden moet worden gerekend; 3° aanleg door vrij diep water waarbij al of niet met wisselende waterstanden; stormvloeden, stroom enz. valt te rekenen.

Aanleg sub 1° is de eenvoudigste en regelmatigste. Als voor zoo'n dijk de richting en plaats voorloopig zijn vastgesteld, dan moet de grond onder de toekomstige zate worden onderzocht met het oog op de draagkracht en de waterdoorlatendheid.

Komen dicht onder de oppervlakte slappe lagen voor, dan zal moeten worden overwogen of men het er op zal laten aankomen, dat die lagen door het gewicht van den dijk genoeg zullen worden samengeperst zonder dat ernstige afschuivingen enz. optreden, of wel, dat men b.v. door een slappe laag klei bloot te leggen en te bewerken, de grondslag steviger zal maken of dat b.v. een laag veen door draagkrachtiger grond zal moeten worden vervangen.

Bevat de zate een of meer lagen, die zeer waterdoorlatend zijn b.v. schelpen of grof zand, dan moet worden nagegaan, of die door den bovengrond voldoende zijn afgedekt om het ontstaan van wellen achter den dijk te voorkomen en de kwel door die lagen geen te groot bezwaar zal kunnen worden. Is dat wel het geval, dan dienen die lagen te worden onderbroken nabij den teen van het buitenbeloop, b.v. door een kleikist of damwand, waarvan de diepte afhankelijk is van de plaats en diepte dier ondichte lagen. De beste voorziening verkrijgt men uit den aard der zaak als de damwand of kleikist reikt tot onder den onderkant dier ondichte lagen. Waar dat niet het geval is, wordt alleen de kwelweg verlengd en zijn de kosten, in verhouding tot het nut, vaak te hoog.

Verder moet worden overwogen, waar de grond voor den nieuwen dijk zal worden gehaald.

Nu men beschikt over materieel, waarmede grond over lange afstanden vlug en goedkoop kan worden vervoerd, is men niet zoo sterk meer aan de plaats gebonden als vroeger, toen het regel was, dat de grond dicht langs den dijk, liefst zonder vervoer in langsrichting, dus z.g. hoofd over hoofd, werd gestoken.

Toch wordt ook nu nog de grond voor een dijk bij voorkeur ontleend aan terrein langs en dicht bij dien dijk. De vraag is, of ze geschikt is voor dijkspecie of dat het noodig of beter is, betere grond van elders aan te voeren, desnoods alleen voor bekleeding der belooopen. Dan geldt vooral, dat wanneer tot het verwerken van minder goede specie wordt besloten, bij het bepalen van de hellingen der belooopen en van de kruinsbreedte, daarmede degelijk rekening moet worden gehouden. Het is noodig, hierop uitdrukkelijk te wijzen omdat de afmetingen van bestaande dijken nog al eens den indruk vestigen, dat zij niet zijn bepaald naar de specie, waarvan de dijk tenslotte is gemaakt en dat b.v. een hoog steil binnenbeloop is aangelegd van losse zanderige grond waarvoor goede klei bepaald noodig zou zijn geweest en waar nu een veel flauwer beloop of een hoogen binnenberm, had moeten worden toegepast, om de noodige veiligheid te verschaffen.

De richting van den nieuwen dijk wordt uitgezet met baken in de buitenkruinlijn, waarop de kruinshoogte meteen wordt aangegeven.

Bij het gebruiken van spoor voor grondvervoer zijn die baken hinderlijk, waarom nabij den buitenteen of de hiel palen worden gezet op gelijke afstanden uit de buitenkruinlijn waaraan tevens een hoogtemerk wordt aangebracht, zoodat ook van uit die palen de plaats van teen en hiel en de insteek van slooten en putten kunnen worden uitgezet.

Waar slappe lagen in de zate voorkomen moeten de palen verder van den dijk worden gezet omdat anders door werkingen in den ondergrond de juiste hoogte en soms ook de juiste plaats verloren zouden gaan.

Voor zooveel mogelijk worden in de nabijheid van den dijk nog bestaande of aan te brengen vaste punten in de waterpassing opgenomen, om steeds zonder veel moeite de hoogtemerken aan de baken en later de hoogte van den dijk te kunnen contrôleeren. Om te kunnen nagaan of de dijk in den ondergrond zakt en de ondergrond uitwijkt, worden in sommige dwarsprofielen wel zakkaken voor en tijdens den grondaanvoer geplaatst.

De nieuwe dijk moet met de zate één massa vormen. Geen plaatsens mogen voorkomen waarlangs het in den dijk gedrongen water gemakkelijk over de zool naar binnen kan afvloeien en waar de vereeniging van zate en opgeworpen grond niet of slechts onvolledig kan plaats hebben.

Vooral in den eersten tijd, als de grond nog niet voldoende is gezet en vele holten aanwezig zijn waarlangs het water gemakkelijk binnendringt, zal langs een vlakke dichte zool, kwel zijn te vreezen.

Vóórdat met grondaanvoeren wordt begonnen, wordt daarom de zate ruw gemaakt en worden voordien modder, vuil, stroo, riet, puin enz. enz. verwijderd en boomwortels tot 1.— m diepte uitgegraven. Waar een grasmat aanwezig is, worden de zoden gelicht en ter zijde gezet. Dit geschiedt trouwens ook op de plaatsen waaraan dijkspecie zal worden ontleend. Deze zoden komen uitstekend te stade voor bekleeding, in de eerste plaats op het buitenbeloop.

Daar zodelichten het eerste en zodezetten vrijwel het laatste werk is, dat op een bepaalde plaats voor den dijk wordt gedaan en daartusschen vaak geruimen tijd verloopt, gaan in den regel vele zoden door broeien en uitdrogen dood en is het verloren gaan en ook het vervoer van zoden moeilijk te vermijden. Voor zooveel de zate niet voor drooglegging of vervanging van slappe lagen en het eventueel verwijderen van de dichte bovenlaag, het aanbrengen van draineerleidingen, puinkisten enz. als bedoeld in par. 8 wordt ontgraven, moet ze door regelmatig omspitten of ploegen ter diepte van 25 cm los en ruw worden gemaakt. Soms volstaat

men met op onderlinge afstanden van 0.30 m à 0.50 m een klein putje te steken. Waar zoden zijn gestoken, blijft een dichte korst vol graswortels zitten en daar zijn die putjes volstrekt onvoldoende, om kwel langs de zate te voorkomen en tot een goede aansluiting van den grond te leiden.

De in het werk vallende krekken, slooten, greppels, plassen, enz. worden van planten en modder gezuiverd, de kanten worden trapsgewijze ruw gestoken, waarna ze worden gevuld in dunne lagen, die vast worden aangestampt, tot ruim de hoogte van het maaiveld en met tonrondte daarboven, waarover later de ophooging voor den dijk wordt doorgetrokken.

Ondanks deze voorzorgen teekenen zich die krekken enz. later toch nog vaak door extra klink in den dijk af, zoodat het soms aanbeveling verdient, op die plaatsen het afmaken d.i. het zuiver onder profiel afwerken, zoolang mogelijk uit te stellen.

Waar de nieuwe dijk tegen andere dijken aansluit, worden deze ontzood en omgespit opdat ook daar een goede aansluiting van oud en nieuw werk zal kunnen ontstaan.

Het maken van den dijk geschiedde vroeger goeddeels met kruitwagens. Waar de grond wat ver moest worden gehaald, werden karren en paarden gebruikt. Een ploeg grondwerkers kreeg gewoonlijk een vak dijk ter lengte van 70 tot 100 m toebedeeld. Door het mechanisch grond verzet en -vervoer is deze werkwijze grootendeels verdrongen.

Het ophoogen met kruitwagens moet geschieden in lagen niet dikker dan 20 à 30 cm horizontaal in de lengte, eenigszins afwaterend naar buiten over de breedte, opdat de richting der lagen mede zal werken, het in den dijk gedrongen water weer naar buiten te doen afvloeien en om het gevaar van afschuiven in het binnenbeloop te ontgaan. Fig. 75. De richting der lagen

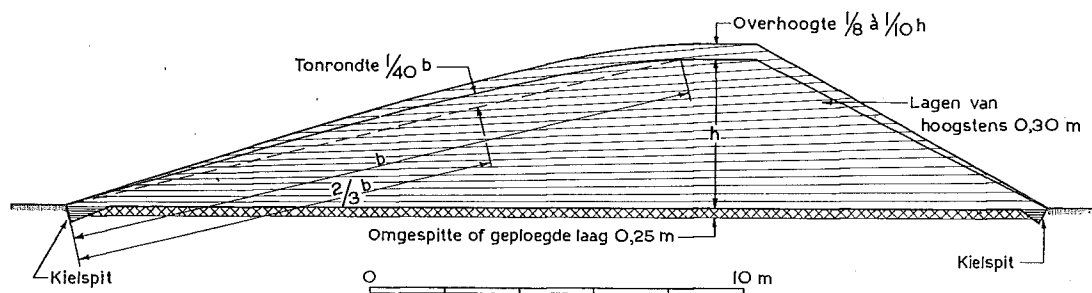


Fig. 75.

past goed bij kruitwagenvervoer. Het opwerken in regelmatige dunne lagen heeft het voordeel, dat de grond op het stort moet worden uitgeslecht en aan het fijnscherven van spitten en bonken grond eenigszins de hand kan worden gehouden en tevens, dat elke laag door het telkens omschiffen van de kruitplanken en het stort over de geheele oppervlakte wordt bereiden en daardoor iets aangedrukt. Dikwijls wordt bepaald, dat de lagen ook moeten worden gestampt, of althans hoe de verhouding van het aantal stampers tot dat der spitters moet zijn.

Aan den eisch, dat de meest samenhangende grond onder het buitenbeloop en de minder goede uitsluitend in de kern moet worden verwerkt, kan zoo bezwaarlijk worden voldaan, en het verdient de voorkeur of is zelfs onvermijdelijk, de kleibekleding op de belopen afzonderlijk aan te brengen. Het ontbreekt in den regel niet aan pogingen om met de verdeeling van den grond en ook met het fijn scherven, de hand te lichten. Vooral het over den kop storten aan het einde van te kort genomen kruitplanken en het afstorten over groote hoogte aan het einde van het vak, als de ploegen daar niet gelijk opwerken, zijn geliefkoosde middeltjes om met minder moeite toe te kunnen; met ondichtheid van den dijk en met gevaar van ongelijke zetting

als gevolg, waar die trucjes gelukken en er niet in wordt voorzien. Bij het vervoer met karren, dat thans ook vrijwel tot het verleden behoort, mag de laagdikte 30 à 40 cm zijn. De aanvoer geschiedt meer in langsrichting, de goede verdeeling der gronden is gewoonlijk nog gemakkelijker te bereiken, dan met kruiwagentransport.

Door het spoor geregeld om te leggen wordt de laag eenigszins ingereden en de grond ook door de paarden vastgetrapt, maar zoowel de paarden als de voerlieden volgen gaarne steeds eenzelfde paadje, zoodat van vasttrappen van de geheele oppervlakte eener laag gewoonlijk niet veel terecht komt.

In hoofdzaak heeft thans het vervoer plaats per spoor met kipkarren, over korte afstanden met paarden, over langer afstanden met stoom- of motorlocomotieven als trekkracht.

Ten einde steile hellingen te ontgaan, die zouden noodzaken tot bijzondere maatregelen om de kipkarren daartegen op te trekken (b.v. met een heikar of kar voor kar met een paard) heeft het vervoer meer in de lengterichting van den dijk plaats in lagen die vaak in de lengterichting eenigszins hellen. Bezwaar is daartegen niet. Ook als draagbaar spoor wordt gebruikt, dienen de lagen niet dikker dan 30 à 40 cm te zijn. Het is dan nog noodig de grond op het stort af te slechten en vaak spoor om te schiften, waarbij aan het fijn scherven van bonken en spitten nog eenigszins de hand kan worden gehouden, terwijl het spoor de grond wat samendrukt en, als de karren door paarden worden getrokken, die paarden beteekenend kunnen bijdragen tot het vastmaken van de lagen.

De dunne lagen noodzaken tot veel werk op het stort en uitvoerders en werklieden trachten daarom al te vaak tot dikkere lagen te geraken, wat aanhoudend en streng toezicht noodig maakt.

Eén van de middelen, die worden aangewend om het spoorschiften te beperken is het z.g. achter de hand storten. Fig. 76. Wel wordt de grond van de bovenlaag wat meer afgeslecht, doch het inrijden en vasttrappen heeft nu slechts om de andere laag, en dus minder goed, plaats.

Moet de grond over eenige honderden meters en verder worden vervoerd, dan wordt algemeen van grooter kipkarren en zware locomotieven gebruik gemaakt. Het spoor moet dan veel zwaar-

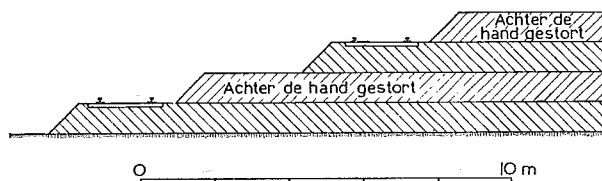


Fig. 76.

der zijn en aan de ligging, de vastheid, bochten, wijde enz. moeten veel hooger eischen worden gesteld. Het spoor leggen, onderhouden en schiften is nu een voornaam onderdeel van het werk geworden en de kosten daarvan maken een niet onbelangrijk deel uit van de totaal-kosten van het grondverzet. Het opwerken in dunne lagen is dan te kostbaar en geeft te veel oponthoud. Regel is dan ook, dat bij dat vervoer de lagen niet dunner dan 1 à 2 m worden genomen.

Van scherven, stampen, vasttrappen is dan weinig sprake. Hoogstens worden de bonken die naar den teen van het stort rollen, stuk gestoken. De lagen storten steiler af dan de helling van de belopen moet worden, zoodat de bovenranden der lagen bij de belopen wel worden afgeslecht, doch tot vrij groote diepte geheel los zijn. Fig. 77. Het bewerken met zware mechanische stampers van de belopen — althans van het buitenbeloop — is dan zeer noodig. Vooral voor de eerste jaren is dat van groot nut omdat losse belopen groote kans geven op belangrijke stormschade.

Moet de dijk bestaan uit een kern van magere grond of zand, die met klei moet worden bekleed, dan verdient het in den regel aanbeveling, eerst die kern tot volle hoogte op en af te werken eer met het aanbrengen ter plaatse van de kleibekleedingen wordt aangevangen.

Dan kan nog het beste worden voorkomen, dat in die bekleeding te dunne en ondichte plaatsen zullen ontstaan.

De kleilaag op het buitenbeloop is dik genoeg om de klei daarvoor met draagbaar spoor en

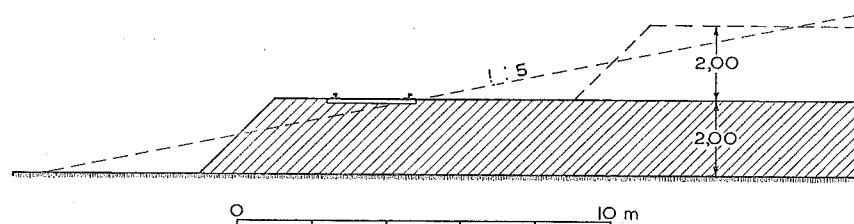


Fig. 77.

kipkarren ter plaatse te brengen zonder in de kern te moeten graven. Op het steilere binnenbeloop waar de kleilaag ook nog geringere dikte krijgt, is dat niet zoo gemakkelijk en hoe dunner de laag, hoe

moeilijker het is te voorkomen, dat de klei met zand wordt gemengd, of te dunne plekken ontstaan.

De kleibekleeding moet in de zate worden ingekast, minstens met een kielspit van 30 cm diepte. Aan den buiten teen is een diepere inkassing of kleikist veelal noodig om den toegang voor water naar de zandkern te bemoeilijken. Fig. 78. Een nieuwe dijk volgens een der boven

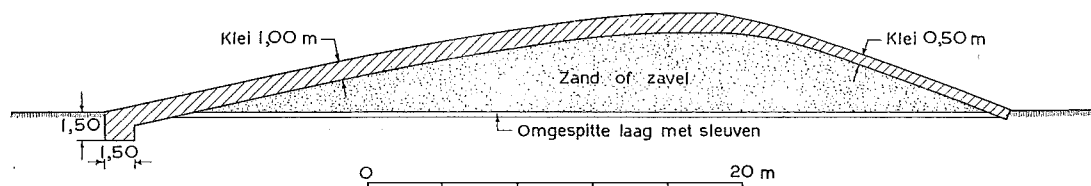


Fig. 78. Dijk met kleibekleeding.

beschreven methoden opgewerkt, is niet dicht. Langzaam klinkt de grond in, door het eigen gewicht en wisselende vochtigheidstoestand. Men legt de dijken, al is geen indrukken van de zate te vreezen, daarom toch aan met een overhoogte van 10% als de dijk van zand en 12 à 13% als die van klei wordt gemaakt, opdat door het inklinken, de hoogte niet tot beneden het noodig geachte peil zal verminderen.

Een nieuwe dijk is, tenzij het buitenbeloop met steenglooing is bekleed, door de losse pakking van den grond niet tegen golfslag bestand. Moet de dijk al spoedig stormvloeden keeren, dan loopt dat zelden zonder zware beschadiging af.

Het is daarom van groot nut het vast en dicht worden van den dijk niet aan de natuur over te laten, doch bij het opwerken de dichtheid van den grond beter te bevorderen, dan enkel door fijnscherven der kluiten en opwerken in lagen kan worden bereikt.

Een oude manier is stampen met handstampers. Het resultaat is gewoonlijk niet in overeenstemming met de kosten. Beter resultaat wordt bereikt met het doen vasttrappen door paarden. Op te letten valt daarbij, dat niet enkel bepaalde paadjes, maar de geheele oppervlakte van een laag wordt betreden. Van grooten invloed is of de grond — voornamelijk de klei — droog of nat is. Bij droogte kunnen de bonken te hard zijn om fijn en dicht te worden getrapt en is klei nat, dan zakt een paard er te diep in om te kunnen loopen. Is de dijk opgewerkt in lagen van 1.— à 2.— m dikte, dan wordt enkel de bovenkant van zoo'n laag dichter: de druk van een paard dringt niet dieper door dan hoogstens 40 cm.

Met mechanische stampers, mits de grond in geen dikker lagen dan 0.70 à 1.— m wordt opgereden zijn goede resultaten te bereiken. Paardewalsen zijn soms wel geschikt maar kunnen in den regel toch niet genoeg aan den toestand van den grond worden aangepast. Nu

eens zijn ze te licht, als de grond zeer droog is, dan weer te zwaar als de grond nat is. Stoom- en motorwalsen hebben hetzelfde euvel als paardewalsen. Daarbij draaien ze, als de grond wat week is, al te spoedig dol. Als grijperkranen aan den dijk werken, kan de grond door het erop laten vallen van den zwaren grijper, ineengeslagen worden. Vooral door te heien op den grond met een zwaar ijzeren blok kan men de dichtheid in hooge mate bevorderen; door meer of minder valhoogte te nemen kan men zich aanpassen aan den aard en den vochtigheids-toestand van den grond en de dikte der lagen. Het blok wordt evenals een gewoon heiblok opgetrokken met een reep, die loopt over een rammelschijf, welke schijf aan een bok is gehangen. De bok en de heikar zijn gemonteerd op een lorrie, die op rails loop of op een onderstel met rupswielen.

Wordt de grond met dit toestel laag na laag bewerkt en het buitenbeloop nog eens extra beklopt, dan zal de dijk al terstond en nog jaren daarna veel beter de stormvloeden kunnen weerstaan, dan zonder die bewerking. Dit zal ook het geval kunnen zijn na afstampen met zware mechanische stampers.

Het gebruiken van groot materieel voor grondverzet aan dijken heeft vele voordeelen; men is niet aan enge grenzen voor het vervoer van den grond gebonden, zoodat men in de keuze van de plaatsen van grondhaling vrijer is, het werk kan veel sneller opschieten en het gunstige werkseizoen dus beter worden benut, maar er staan nadeelen tegenover, n.l. een veelal minder goede selectie van de grondsoorten en grooter ondichtheid. Door het mechanisch stampen, slaan of dichtheien van den grond kan althans aan dat laatste bezwaar worden tegemoet gekomen. Minder goede selectie van de grond zou moeten worden gecompenseerd door aan de belooopen flauwer helling en aan de kruin grooter breedte te geven, maar zoowel het een als het ander geschiedt zelden of nooit omdat het kostenvraagstuk al te dikwijls overheerscht.

Bij den aanvoer van grond wordt de dijk zoo na mogelijk volgens het profiel met overhoogte opgewerkt doch zeer nauwkeurig geschiedt dit toch niet.

Is de dijk op hoogte, dan wordt hij opnieuw uitgezet en worden de kruin en de belooopen onder de lijn afgewerkt door z.g. taludwerkers of afmakers.

Met het afmaken wordt begonnen bij de kruin. Overtollige grond wordt naar beneden gewerkt, plaatsen die te schraal aan de maat zijn worden aangevuld en de losse grond goed aangestampt of door paarden vastgetrapt.

Waar steenglooing op het buitenbeloop wordt noodig geacht, wacht men bij voorkeur met het aanbrengen daarvan zoo lang, tot het grondwerk van een vak ongehinderd kan worden afgemaakt. In tal van gevallen echter wordt met de steenglooing meer haast betracht en vangt men met het leggen al aan, zoodra het buitenbeloop over enkele meters breedte (hoogte) is opgewerkt, al is misschatting van de klink dan zeer moeilijk te vermijden. Zooals reeds eerder werd opgemerkt, wordt een versch aarden beloop, als er water tegen komt, beschadigd en wordt door golfslag gemakkelijk vernield en zelfs wel geheel opgeruimd. Het zoo vroegtijdig mogelijk aanbrengen van de steenglooing, die een en ander voorkomt, is dus van groot belang, overal waar kans bestaat, dat tijdens de uitvoering de dijk door vloeden zal worden belooopen.

Waar het buitenbeloop niet met steenglooing of rijsbeslag zal worden verdedigd, wordt het bezood. Het streven moet er op zijn gericht, de bezoding zoo vroegtijdig in den zomer te voltooien, dat in het eerstvolgend stormseizoen de grasnerf al sterk genoeg is, om den grond voor afslag te behoeden. Eenvoudig is dit niet; er zijn bij aanleg van een dijk allerlei omstandigheden, die dit belemmeren. Al wordt vroegtijdig in het voorjaar met het werk begonnen, dan is het toch zelden zoo spoedig gereed, dat de zoden nog gelegenheid hebben, goed vast te groeien; zoden zetten is vrijwel het laatste werk, dat men aan den dijk kan uitvoeren. De benoodigde zoden worden bij voorkeur ontleend aan de zate en aan de voor grondhaling be-

stemde terreinen, omdat die zoden toch moeten worden verwijderd.

Met zodenlichten wordt het werk dus begonnen, met zodenzetten wordt het beëindigd. Wil men de aan de zate ontleende, zoden ter plaatse aan den dijk voor bezoding gebruiken, dan kan dit eerst geschieden als de dijk op hoogte is en het buitenbeloop onder profiel is afgewerkt. Wordt de dijk bij lange vakken ineens in bewerking genomen en ook als grondvervoer in de lengterichting van den dijk plaats vindt, dan verloopt er tusschen het snijden en weer kunnen verwerken der zoden onvermijdelijk geruimen tijd.

Al dien tijd staan de zoden — met de graskant naar beneden om aan elkaar vastgroeien tegen te gaan — in hoopen opgetast. De gewone gang van zaken is, dat vele van die zoden door uitdrogen, broeien, rotten of verschimmelen of geheel dood gaan, of althans een groot deel van hun levenskracht verliezen en op het nieuwe beloop doodgaan of slecht groeien. Vele bezodingen zijn dan ook vrijwel een mislukking, terwijl men ten slotte zoden tekort komt en aanvoer van elders noodig is, al leverde het terrein een overvloed op.

Waar de wijze van grondtransport en de gang der uitvoering dit niet beletten, wordt daarom het benedendeel van het buitenbeloop wel afgemaakt en bezood, al is de dijk ter plaatse nog niet op hoogte en al kan men de klink van den grond en de zakking nog moeilijk schatten en is ook beschadiging van de bezoding door de verdere uitvoering niet uitgesloten.

Is een beloop afgemaakt, dan is het zaak, de bezoding spoedig aan te brengen om scheuren, uitspoelen enz. die een nieuwe bewerking noodig zouden kunnen maken, te voorkomen. Transport van zoden in langsrichting van den dijk is meestal niet te vermijden, omdat de vroegst gesnedene door al te lang op hoopen staan onbruikbaar worden. Het beste is, de zoden na het lichten terstond te verwerken; alle graswortels zijn dan levenskrachtig en loopen spoedig weer uit, als de weersomstandigheden althans niet lang ongunstig blijven.

Bij het verwerken van zoden moet men er op letten, dat op zoute grond geen zoden worden gezet, ontleend aan plaatsen, die z.g. zoet zijn, daar deze dan niet willen groeien. Omgekeerd is minder erg. De zoute grassen sterven op den duur wel af, maar veelal ontstaat tegelijkertijd een begroeiing van zoetwatergrassen. De eerste jaren is echter van een dichte stevige begroeiing daarbij weinig sprake. Als zoden zullen worden gesneden, dan moet het gras kort zijn, omdat lang gras zeer spoedig tot rotting of broeiing overgaat. Het terrein wordt zoo noodig vooraf beweide of gemaaid. Met de zodenploeg, die langs een strak gespannen lijn wordt geduwd en getrokken, wordt de grasmat in vierkanten gesneden van 20 à 30 cm zijde. Waar de grond vet is, snijdt men de kleinste zoden, met het oog op de groote krimpmaat. Om de zoden vlug en dicht zonder veel bijsteken te kunnen herleggen, moeten ze in elke rij van gelijke breedte zijn, zoodat het aanbeveling verdient bij het snijden nauwkeurigheid te betrachten. Het lossnijden der zoden heeft plaats met de zodenlichter, een vlakke spade met een gebogen scherpe snede. In ons land geeft men aan zoden voor bekleeding van beloop, de z.g. plakzoden, een dikte van 4 à 5 cm. Bij de geringe dikte worden vrijwel alle graswortels doorgesneden, die nu spoedig weer uitloopen of zijwortels vormen, die in den grond dringen en de zode spoedig vasthechten.

Bij bedijkingen in het buitenland geeft men veelal de voorkeur aan dikkere zoden, b.v. van 10 of 15 cm. Daar de graswortels niet veel dieper in den grond dringen, groeien deze zoden minder goed vast.

Door de zijkanten niet verticaal maar flink schuin te snijden, kan worden bereikt, dat de zoden wel aan elkaar vastgroeien doch ze liggen dan toch nog minder vast dan goed uitgegroeide dunne zoden.

Vóórdat met zodenzetten wordt aangevangen, moet de grondslag worden gezuiverd, eventueel aanwezig onkruid worden uitgetrokken, de grond over geringe diepte worden losgemaakt en effen geharkt waarbij de kluiten worden fijn gemaakt. Beginnende aan den teen, worden

de zoden in langsche rijen dicht tegenelkaar gezet, waarbij men de dwarsvoegen laat verspringen. Daarna worden ze aangetrapt en vast en vlak geslagen met de zodenplak.

Vervolgens wordt de bezoding bedekt met een 2 à 3 cm dik laagje kruimelgrond, waardoor het uitdrogen, los- en kromtrekken van de zoden wordt tegengegaan en aanwezige door krimp ontstane voegen vol geraken. Om het gras nu spoedig te doen groeien, de zoden z.g. te doen aanslaan is het van veel belang, dat er spoedig en herhaaldelijk regen valt. Blijft die uit, dan zou sproeien of bespuiten met zoet water van veel nut kunnen zijn, doch dit wordt algemeen te lastig en te duur geacht, zoodat het veel van de weersomstandigheden afhangt of de bezoding meer of minder goed gelukt. Liggen de zoden tegen het stormseizoen nog los, dan worden ze wel vastgezet met beugels van stroo. Er komen dan 2 regels op elke rij zoden en de poten van elken regel worden in de zode, of overhands in den gebroken naad gezet (zie par. 191 der A.V.). Ook wordt de bezoding wel vastgelegd met krammat, — zomermat —, waarvan het spreidseel niet dikker is dan de dikte van één stroohalm of rietstengel, zoodat het gras er niet onder kan verstikken. In plaats van krammat, wordt ook wel gegalvaniseerd kippen-gaas van hoogstens 37 mm maaswijdte toegepast. Langs de randen van het beloop en langs de simmen van het gaas worden op onderlinge afstanden van 10 cm en daartusschen in regelde langs- en dwarsrijen om de 25 cm paaltjes (eindjes lat van $2\frac{1}{2}$ bij $3\frac{1}{2}$ cm) lang 30 cm in den grond geslagen, waarop het gaas met verzinkte krammen wordt bevestigd. Met behulp van een stempel worden de paaltjes daarna tot gelijkgronds ingeslagen (par. 192 der A.V.).

Het op een van deze wijzen vastleggen maakt de bezoding wel beter tegen golfslag bestand, doch bij stormvloeden van eenigen duur is ze toch niet in staat het beloop voor beschadiging te behoeden.

Het betrekkelijk veel toepassen van kostbare steenglooïng, ook daar waar op den duur met een grasbeloop zou kunnen worden volstaan, is ongetwijfeld mede toe te schrijven aan de meerdere zekerheid tegen beschadiging, die de steenglooïng al dadelijk biedt.

Het binnenbeloop moet bij gebrek aan zoden dikwijls onbezood worden gelaten. Het wordt dan of terstond of in het eerstvolgend voorjaar bezaaid met gras- en klaverzaad. Stelt men het bezaaien lang uit, dan is opnieuw afmaken of althans bijwerken van het beloop noodig en niet zelden is ook het opschieten van onkruid dan zeer hinderlijk. De kruin moet soms, evenals het binnenbeloop onbezood worden gelaten en wordt dan eveneens bezaaid. Langs de kruinlijnen wordt dan echter steeds een rij kant- of bandzoden gezet.

Voor het aanleggen van een dijk op schorren of gorzen, het 2e in den aanhef van deze paragraaf genoemde geval, is men geheel aangewezen op het gunstige seizoen, d.w.z. op die weinige maanden, waarin stormvloeden niet of maar zelden voorkomen. Stormvloeden tijdens de uitvoering veroorzaken steeds veel schade, soms zooveel, dat van verdere uitvoering moet worden afgezien en alle gemaakte kosten verloren zijn.

Men begint met het werk dan ook in het vroege voorjaar, omdat dan gewoonlijk een periode voorkomt van lage ebbes en droogte. Al te vroeg durft men niet aan te vangen omdat de kans op storm dan nog te groot is, maar in Maart moet toch al met de voorbereidende werkzaamheden als: het uitzetten van de richting en de breedte van de zate, het aanvoeren van materieel en materialen, het opslaan van keeten, loodsen enz. worden begonnen, zoodat in de eerste helft van April de uitvoering krachtig kan worden aangevat. Weer en wind zijn dan verder van groote beteekenis. Hoe het werk het beste kan worden uitgevoerd hangt in hooge mate af van de plaatselijke omstandigheden als: de terreinshoogten ten opzichte van H.W. het tijverschil, een meer of minder beschutte ligging, de grondsoorten enz. enz. Op plaatsen met groot tijverschil is omringing van het werk met kaden, die hooge vloeden kunnen keeren over het algemeen van veel meer belang dan op plaatsen waar het tijverschil geringer is. De werkwijze

bij bedijkingen in Zeeland, b.v. onderscheidt zich daardoor belangrijk van die langs de Friese en Groninger kust en op de Waddeneilanden.

Bij de bedijkingen in Zeeland wordt in den regel een groot deel van den voor den dijk benodigden grond ontleend aan beneden H.W. gelegen terrein. Om de grondhaling vlot te kunnen uitvoeren moet dat terrein van de dagelijksche overstromingen worden bevrijd en liefst ook tegen die van hooge zomervloeden worden beschermd. Dit geschiedt door het werkterrein te omkaden. De grond wordt zooveel mogelijk buiten den nieuwen dijk gehaald, omdat daar, door opslibbing, de gegraven putten spoedig weer in land zullen kunnen verkeerren.

Binnen den nieuwen dijk wordt slechts een bermsloot, zelden een kanaal van ruimer afmetingen voor grondhaling gegraven. Het terrein buitendijks moet in het algemeen genoeg grond van de gewenschte hoedanigheid kunnen opleveren om er den geheelen dijk van te kunnen maken en zoo kan het geval zich voordoen, dat de dijk minder ver zeewaarts wordt gelegd dan met het oog op de gewenschte breedte van het voorland wel noodig zou zijn.

Vroeger legde men den dijk zóó, dat het voorland daarnevens den benodigden grond „hoofd over hoofd” kon opleveren om zoo het vervoer van grond tot een minimum te beperken. Nu de middelen voor grondvervoer zooveel beter zijn geworden, dat verder vervoer vaak geen beteekenende kostenverhooging meebrengt, is men bij het bepalen van de plaats van den nieuwen dijk veel vrijer en kunnen b.v. ongewenschte richtingsveranderingen veel beter worden vermeden (zie fig. 71 en 72), te meer nu men ook de dijk niet meer zoo uitsluitend als vroeger op boven H.W. gelegen terrein legt.

Om zoo spoedig mogelijk te kunnen werken zonder hinder van den vloed, worden de genoemde omringkaden om de werkterreinen het eerst aangelegd. Het deel van die kaden, dat ongeveer evenwijdig aan den oever loopt, heet *verschkade*. De zate van de verschkade moet boven laagwater liggen, zal de aanleg zonder baggermaterieel mogelijk zijn. Aan de binnenzijde van de verschkade wordt een afwateringssloot gegraven van 2.50 à 3.50 m bovenbreedte en genoeg diepte om de dijkputten te kunnen droogleggen. Lager dan L.W. kan de waterstand in die sloot niet dalen en ontgraving tot grooter diepte dan L.W. is slechts tijdens zeer lage ebben mogelijk. De uit deze sloot vrijkomende grond wordt gebruikt voor de verschkade. De ontbrekende grond wordt zoo mogelijk buiten de verschkade gestoken.

Aan die kade geeft men in den regel een hoogte van 1.50 m à 1.75 m + gem. hoogwater. Het buitenbeloop verkrijgt een helling van ongeveer 1 op 2, het binnenbeloop van 1 op 1 of 1 op $1\frac{1}{2}$. De kruin wordt 1.— m soms maar 0.50 m gemaakt. Het buitenbeloop moet eenigszins tegen golfslag bestand zijn. Het wordt bezood en bekramd, soms alleen bekramd, maar krammat en daarop rijsbeslag, zijn ook meermalen noodig.

Heel stevig is de verschkade nimmer, men legt er niet gaarne heel veel aan ten koste. Hoe sneller de kade is voltooid, hoe eerder met den aanleg van den dijk kan worden aangevangen, hoe beter dus, maar al te laag en te licht durft men ze ook weer niet te maken om het gevaar van overvloeien en doorbreken. Kosten en zeer ongewenscht oponthoud zouden van doorbraak het gevolg zijn. Gewoonlijk wordt met den aanleg aan beide einden begonnen en naar elkaar toegewerkt tot dat het laatste eindje, de z.g. sluitkade in één tij kan worden voltooid. Is er beteekenend verschil in hoogte van het terrein en liggen gedeelten ongelijk ten opzichte van de heerschende windrichting, dan kiest men voor het sluitgat bij voorkeur een hooge beschutte plaats, die het spoedigst droogvalt en waar dus in een tij het langst kan worden gewerkt. Waar de verschkade geulen en krekens kruist, worden deze afgedamd, als de bodem althans op L.W. droog of bijna droog valt en het afdammen met alleen grond, zonder al te veel moeite en risico kan geschieden.

Is afdamming daar te bezwaarlijk, b.v. door te veel diepte of te weeken bodem, dan wordt de verschkade langs de kreek of geul zoover naar binnen gebogen tot een gunstiger plaats voor afdamming is bereikt of wordt die kade desnoods geheel doorgetrokken tot den aan te

leggen dijk en wordt aan de overzijde van de geul een overeenkomstige dwarskade opgeworpen.

Voor afvoer van het water uit de dijkputten wordt door de verschkade om de 100 à 150 m een duikertje gelegd. Veelal worden deze duikertjes samengesteld van 4 planken. Buiten

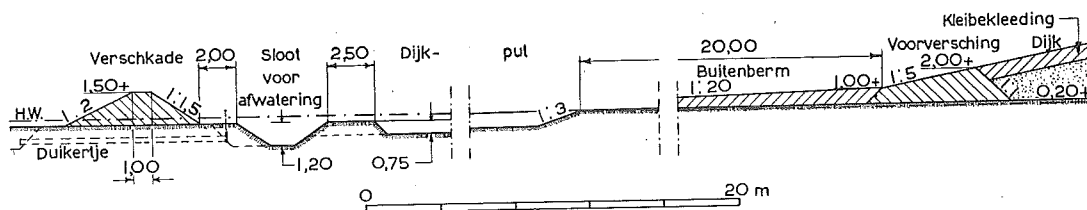


Fig. 79. Dijk aanleg bij belangrijk tijverschil.

worden ze met een klep, binnen met een schuif afgesloten. Ze komen met den onderkant dieper dan de te graven putten maar niet veel dieper dan L.W. Zoo noodig worden buiten de verschkade van die duikertjes tot de L.W. lijn nog afwateringsgreppels gegraven. Fig. 79.

De verschkade wordt door dwarskaden met den te leggen dijk verbonden voor zooveel ze niet zelf tegen dien dijk aansluit. Is de afstand tusschen die aansluitingen groot, dan worden ook nog rechthoekig op den dijk loopende dwarskaden — mede verschkade, maar ook wel hangkade genoemd — aangelegd en daarmee het terrein in percelen verdeeld. Als nu ergens een doorbraak ontstaat, blijft de overstroming tot een gedeelte beperkt en kan elders worden doorgewerkt. Vroeger werden hangkaden om de 150 à 250 m aangelegd, tegenwoordig neemt men die afstand veelal grooter. De hoogte van de dwarskaden komt overeen met die van de verschkade, de wederzijdsche beloop worden 1 op $1\frac{1}{2}$ of 1 op $1\frac{1}{4}$. De ring van de verschkade en eventueel de dwarskaden, wordt gesloten met de voorversching, een kade ter plaatse van den te leggen dijk.

Vroeger was het algemeen gebruikelijk, de voorversching aan te leggen onder de binnenzijde van den dijk, zóó, dat het binnenbeloop van de kade tevens binnenbeloop van den dijk werd. De grond voor die kade werd dan gegraven uit de binnenbermsloot en daar de breedte van den binnenberm gemeenlijk niet meer dan 5 m werd genomen, behoefde die grond over maar korte afstanden te worden gekruid, zoodat het werk vlug kon opschieten. Dat was niet het eenige voordeel. De verder voor den dijk benoodigde grond wordt van buiten gehaald en behoefde dus niet over deze voorversching heen gebracht te worden. Toch wordt de verschkade in de latere jaren niet meer daar, maar aan den buitenkant onder het benedenste deel van het buitenbeloop gelegd en wordt het graven van de binnenbermsloot tot later uitgesteld.

Die binnenbermsloot kreeg voor de waterbeweging in den nog niet geheel gesloten polder soms te groote beteekenis, met het gevolg, dat de sloot een diepe geul werd, wat voor de veiligheid van den dijk allermint gewenscht was en voorzieningen noodig maakte. Nu zou, door de sloot niet door te trekken, doch er van afstand tot afstand dammen in te laten zitten, dat verdiepen wel kunnen worden verhinderd, doch aan radicale verandering van de werkwijze is de voorkeur gegeven, vermoedelijk omdat daaraan, naast een enkel bezwaar, ook een voordeel is verbonden, n.l., dat het onderste deel van het buitenbeloop, als de dijk water moet keeren, nu al van het begin van het werk heeft gelegen, de bezoding van daarop van kort te voren gelichte zoden kan worden gelegd en tegen het najaar vastgegroeid kan zijn, zoodat dus dit meest aangevallen deel van den dijk, de meeste gelegenheid krijgt om vast en dicht te worden en tegen het stormseizoen al eenigszins tegen golfslag bestand te zijn.

Het nadeel is, dat een groot deel van den grond voor den dijk over de voorversching heen

aangevoerd moet worden. De voorversching maakt men veelal nog iets hoger dan de verschkade. Fig. 79. Het buitenbeloop is gelijk aan dat, voor den dijk bepaald, de kruin is gewoonlijk in verband met het flauwe buitenbeloop niet breder dan 0.50 m, het binnenbeloop is 1 op 1 of iets flauwer.

Met den aanleg van de voorversching wordt steeds bijzondere haast gemaakt. De grond ervoor steekt men even buiten den buitenberm. De zoo door de kaden omringde terreinen kunnen nu worden ontgraven zonder dat de vloed het werk telkens komt onderbreken. De grond wordt droger en het transport er over wordt gemakkelijker, tenminste als er niet te veel regen valt en men de sloot en de putten geregeld kan laten leegloopen.

Nu de putten droog blijven wordt met de verdere ontgraving aangevangen nabij de sloot binnen de verschkade en wordt zoo naar den dijk toegewerkt. De breedte van de putten (in de lengterichting van den dijk gemeten) wordt hoogstens 100 m en de putten worden gescheiden door onvergraven strooken van 6 m breedte met flauwe belooopen, de z.g. spekdammen. Dit wordt gedaan om te voorkomen, dat sterke strooming langs den dijk zal ontstaan en daar een geul zal uitschuren en bovendien om nieuwe opslibbing te bevorderen. De ontgravingen kunnen niet dieper worden dan gem. L.W. want op lager af laten loopen van het water kan niet worden gerekend. Dieper dan 0.75 m maakt men ze zelden omdat de slappe geaardheid van den grond dit bezwaarlijk maakt, tenzij de ontgraving geschiedt met grijpers of met graafmachines. In het laatste geval is bemaling van den put gewoonlijk aan te bevelen, omdat natte weeke grond bij het vervoer en op het stort moeilijkheden geeft. Ook is de verdeeling der gronden naar hun geaardheid moeilijk, tenzij de bovenlaag b.v. vooraf uit de hand wordt ontgraven.

Als tenslotte uit de putten geen grond meer wordt gehaald en de verschkade overbodig is geworden, dan kan de grond van die kade en ook die van de hangkaden nog voor een deel dienen voor bekleeding van het binnenbeloop, voor ophooging van bermen of voor kruimelgrond op de bezoding. Overigens wordt ze in de putten geslecht.

De zate van den dijk wordt bewerkt en de dijk wordt aan de hoogte gebracht, de bekledingen, steenglooingen enz. worden bewerkt, als voor dijken op drogen grond is vermeld. In plaats van gewone zoden worden wel schorkloeten van 15 cm dikte gezet, die zijwaarts goed tegen elkaar worden gedrukt. Soms worden ze in 2 of meer lagen op elkaar gezet om zoo de kleibekleeding te vormen of te verdikken.

Stormvloeden blijven bij dezen dijk aanleg steeds een bedreiging en het is daarom noodig, den voortgang van het werk zoo te leiden, dat bij eventueele doorbraak van de verschkade en hoog water tegen den niet voltooiden dijk, toch zoo weinig mogelijk schade zal ontstaan. Die schade zal dan gewoonlijk toch nog aanzienlijk zijn en de er door ontstane vertraging in de uitvoering schept nieuw risico, te meer naarmate het stormseizoen nadert.

Waar buitendijks geen grond aanwezig is, die voor den dijk kan dienen en dus een verschkade geen nut heeft en de voorversching niet kan worden gemaakt, was dijk aanleg vroeger niet wel mogelijk en men maakte bochten in den dijk om dergelijke plaatsen te vermijden. Tegenwoordig gaat men die lage plaatsen niet meer uit den weg, tenminste als de grondslag niet tevens zoo slap is, dat de dijk aanleg daar onderhevig zal zijn aan belangrijke verzakkingen en afschuivingen. Is de zate echter stevig genoeg dan worden dergelijke dijks gedeelten, soms van 800 à 1.000 m lengte, nu veelal opgespoten van zand, waarbij de perskaden eerst van den grond ter plaatse en hoogerop van de opgespoten specie worden gemaakt en het spuitwater met behulp van houten schotjes in de goede richting wordt geleid. Het zandlichaam wordt zoo spoedig mogelijk bekleed met van elders aangevoerde klei en zoden of schorkloeten. Met de steenglooing, die hier niet kan worden ontbeerd, wordt aangevangen zoodra het buitenbeloop met zijn kleibekleeding eenige hoogte heeft verkregen.

Langs de kusten, waar het tijverschil geringer is dan in Zeeland, wordt de aanleg van een dijk in den regel niet voorafgegaan door het leggen van een verschkade en voorversching. Aanleg van den dijk op een beneden H.W. gelegen zate en grondhaling van laaggelegen week terrein komt daar minder voor, alleen al omdat bij zoo'n aanleg de vrije afwatering van den polder in het gedrang zou komen en al dadelijk bemaling noodig zou zijn. Droogleggen en -houden van putten is door een hoogere ligging vaak niet zoo noodig. Daarbij wordt, in plaats van een binnenbermsloot van geringe afmetingen, veelal een wijd en vrij diep afwateringskanaal gegraven, dat heel wat grond voor den dijk oplevert. Buitendijks wordt dan dikwijls alleen klei voor het buitenbeloop en verdere bekleeding gestoken tot geringe diepte, nu eens omdat de kleilaag een geringe dikte heeft, dan weer omdat de klei op grooter diepte dan 0.40 à 0.60 m, te week is en bij het vervoer en op het stort, moeilijkheden geeft.

Het binnenkanaal werd bij de uitvoeringen van de laatste jaren veelal gegraven met excavateurs, die over op den binnenberm gelegd spoor reden en die met een transportband de grond direct in den dijk brachten. Van verdeeling der grondsoorten naar hun eigenschappen en van laagsgewijs opwerken was daarbij geen sprake. Hoogstens werd eene laag bovengrond afzonderlijk ontgraven en zóó gestort, dat een deel ervan onder het buitenbeloop of voor bekleeding van het binnenbeloop bereikbaar bleef.

Het opwerken van den dijk had ongeveer plaats als in fig. 80 is aangeduid.

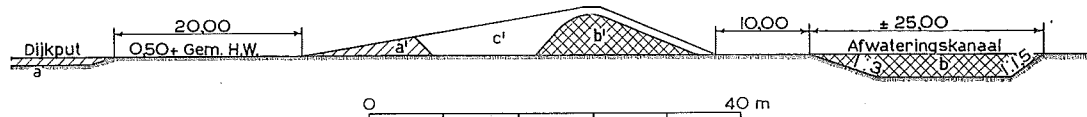


Fig. 80. Dijk aanleg bij gering tijverschil of op hoog terrein.

a) grond uit de putten, hoofd over hoofd met draagbaar spoor gebracht naar a'. b) grond uit het afwateringskanaal met excavateur en transportband gebracht naar b'. c') grond uit putten aangevoerd in langsrichting van den dijk.

Voorzoo veel de voor den dijk benodigde grond niet uit het kanaal werd verkregen, werd ze voor het buitenbeloop hoofd over hoofd langs den buitenberm uit ondiepe putten gegraven en met draagbaar spoor in het buitenbeloop nabij den teen gebracht, terwijl de rest van den grond aan geschikte plaatsen buitendijks werd ontleend en per spoor goeddeels in langsrichting van den dijk werd aangereden. Zwaar mechanisch stampen, vooral op het buitenbeloop, is daarbij zeer noodig, zal het niet bijzonder lang duren eer de dijk voldoende dicht en tegen golfslag bestand is geworden. Door het ontbreken van verschkade en voorversching is de uitvoering zeer gevoelig voor hoge zomervloeden maar gewoonlijk beperkt het oponthoud zich hier tot de tijden van de hoge standen en ligt het spoor en ligt ook de bodem der grondputten hoog genoeg, om, als het water gaat dalen, spoedig weer droog te vallen en berijdbaar te worden. De kans op schade aan het gemaakte werk door hoge vloeden is echter heel wat grooter dan op plaatsen waar het door een omkading voor standen tot b.v. 1 m à 1.50 m + gem. H.W. wordt beschermd.

Bevat de nieuwe dijk ook nu gedeelten waarvan de zate beneden gem. H.W. ligt — om bochten te vermijden kan veelal geen andere oplossing worden gekozen —, dan zijn die gedeelten zonder omkading lastig uit te voeren, tenzij bijna alle grond van elders wordt aangevoerd. De versch- en hangkaden kunnen dan op de voor Zeeland geschetste wijze worden aangelegd, doch in plaats van een voorversching ter plaatse van de buitenzijde van den nieuwen dijk kan nu allicht beter een verschkade worden gelegd aan de landzijde van het aan te leggen afwateringskanaal, zoodat en dat kanaal en de binnenberm waarop het spoor voor de excavateurs moet worden gelegd, mede binnen de omkading vallen.

Het komt bij dit soort inpolderingen voor, dat het werk niet in één zomerseizoen wordt voltooid. Dit vergroot de kans op schade en tegenslag in hooge mate. In najaar en winter door-

gaan met het werk is bijzonder riskant. Daarom wordt het in den nazomer of vroegen herfst onderbroken.

In den dijk moeten dan in elk geval nog één of meer openingen van groote wijdte aanwezig zijn, zoodat het water ook bij stormvloeden, bij het in- en uitstroomen, geen zoo groote snelheden kan verkrijgen, dat bestaande geulen veel dieper worden of nieuwe ontstaan. Het risico, dat bestaande geulen toch belangrijk dieper zullen worden, moet soms door bodemen oeverbezinkingen worden beperkt. De onderhanden zijnde vakken dijk moeten vóór den winter geheel zijn afgewerkt; de koppen worden onder regelmatige belopen afgevlakt en in de meeste gevallen is daar een verdediging noodig, waarvoor rijsbeslag, veelal met steen bezwaard, of een puinbestorting tusschen staakrijen op krammat, wordt toegepast. Bij hoge vloeden staat het water ook tegen het binnenbeloop, zoodat het bij een helling van b.v. 1 op 3 en steiler, allicht schade oploopt.

Ongeveer tegelijk met den aanleg van elken nieuwen polderdijk wordt begonnen met den bouw van de uitwateringssluis, die het water uit den polder — en veelal ook dat uit de erachter gelegen polders en landwaarts gelegen hogere gronden — moet afvoeren. Die bouw heeft plaats binnen een omringdam of vingerling en moet zijn voltooid, alvorens de dijk geheel wordt gesloten, opdat de sluis in de afwatering van den polder zal kunnen voorzien, zoodra die niet meer door de open kreken kan geschieden. De plaats van de sluis wordt bij voorkeur bepaald naast een kreek waarvan verwacht kan worden, dat deze niet spoedig zal dicht slibben of sterk zal verondiepen en zoo, dat met een kort afwateringskanaal kan worden volstaan om het water van de sluis naar die kreek te voeren.

Soms echter wordt laag terrein mede binnengedijkt en is, met het oog op de toeleiding van het water in den polder, naar de sluis, dat lage terrein de meest geschikte plaats, ook al moet daarbij een wat langer afwateringskanaal buiten de sluis worden gebaggerd. Vroeger werden de sluizen vaak van hout en, zooal van steen, toch zonder paalfundeering gebouwd. Dat is nu niet meer het geval en de aard van den ondergrond is daardoor nu van minder belang dan ze is voor een sluis op staal gebouwd. Toch zal men ook nu nog de plaatsen vermijden waar de ondergrond dikke slappe lagen klei of veen bevat. Niet alleen zijn op dergelijke plaatsen lange palen onder het bouwwerk noodig, maar bij het verschuiven en samendrukken, dat in die lagen optreedt zoodra de dijk tot tegen de sluis wordt doorgetrokken, kunnen zulke groote horizontale en verticale krachten optreden, dat de sluis ernstig wordt beschadigd en moeilijk is te herstellen.

Naast de buitenuitwateringsgeul en dicht bij den dijk wordt veelal een losplaats voor schepen en soms een haventje aangelegd en binnen- of buitendijks wordt meermalen ook een spuiom gemaakt, om de buitengeul door spuien op diepte te kunnen houden.

De beschrijving van deze werken valt buiten het bestek van dit boek.

Kan men bij aanleg van de verschkade uit den weg gaan voor geulen of kreken waarvan de afdamming veel tijd zou vorderen en veel kosten en oponthoud zou geven en is de afdamming in een vroeg stadium van den dijkaanleg vaak niet eens raadzaam, zoodat die ook voor de voorversching voorloopig achterwege blijft, als de voorversching overigens is voltooid, en de aanleg van den dijk goed vordert, moet ten slotte toch ook de afdamming der geulen, ter hand worden genomen. Heeft de aanleg van den dijk plaats zonder hulp van verschkaden en voorversching, dan kan het evenzeer noodig zijn de te kruisen geulen of kreken niet terstond af te sluiten, doch daarmede te wachten tot op andere wijze in de afwatering van het te bedijken land is voorzien. Bij grondvervoer in de richting van den dijk moeten dan steigers worden gebouwd of bruggen geslagen waar over een of twee sporen kunnen worden gelegd en ook transport van zwaar materieel b.v. graafmachines, kan geschieden. Die steigers of bruggen kunnen later bij de afdamming ook goede diensten bewijzen.

Komt ten slotte de afdamming aan de beurt en zijn er meerdere geulen, dan is het de vraag of de een na de andere kan worden afgesloten, of dat er meer dan één tegelijk moeten worden gedicht en wat onderwijl of daarvóór met de andere moet geschieden enz. Veel hangt hier van de omstandigheden o.a. van de terreinsgesteldheid af.

Het kan zelfs voorkomen, dat een geul zoodanige afmetingen heeft, of dat er bij het open-laten b.v. als scheepvaartweg zulke groote belangen zijn gemoeid, dat men liever twee aan weerszijden van de geul gelegen polders aanlegt, dan één waarbij afdamming noodig zou zijn. Elke kreek heeft gewoonlijk een eigen stroomgebied en voor zooveel de vloed niet hooger loopen dan het terrein, zal afdamming van een kreek geen merkbaren invloed hebben op den stroom door de andere. Staan ze landwaarts met elkander in verbinding, dan wordt door afdamming van de eene het stroomgebied van de andere grooter en bestaat gevaar, dat nu door de sterkere en langduriger stroom, die daarvan vooral bij hooge tijen het gevolg is, uitschuring plaats heeft, zoodat de geul, tegen den tijd dat ze wordt afgedamd, breeder of dieper of beide is geworden. Om dat te voorkomen moeten de verbindingen worden afgedamd, alvorens met het sluiten van een der geulen wordt aangevangen. Hoe hooger de scheidingen tusschen de stroomgebieden worden gemaakt, des te veiliger kan men tot afsluiting van de eene geul na de andere overgaan, maar des te kostbaarder worden die afscheidingen. Zijn wegen ontworpen van den ouden naar den nieuwen dijk, dan kunnen door vroegtijdige aanleg van de aardebanken, deze soms als afscheiding dienen. Als die wegen niet hoog genoeg worden, kan daarin met een tijdelijke kade op den weg worden voorzien. Heeft een kreek zijspruiten, die veel water afvoeren, dan kan het, ter beperking van de stroom door de hoofdgeul, soms nuttig zijn, die zijspruiten af te dammen, vóórdat met den dam onder de voorversching wordt aangevangen. Of dergelijke werken de kosten waard zullen zijn, hangt geheel van de omstandigheden af. Zeer onraadzaam is het afsluiten der kreken te ondernemen in het stormseizoen. Het is trouwens evenzeer onraadzaam één of meer geulen open te laten als de dijk overigens is aangelegd, want ook dan zal door de geulen veel sterker stroom loopen dan anders bij stormvloed het geval is, omdat nu door de nieuwe dijkvakken het in- en uitstroomen tot de geulen is beperkt, waar dit vroeger ook over het land geschiedde.

Ook dit is mede een reden waarom bedijkingen bij voorkeur vóór het stormseizoen volledig moeten zijn voltooid en waarom vertraging in de uitvoering, zoo noodlottig voor de einduitkomst kan worden.

De methoden van afdamming zullen in paragraaf 19 worden besproken.

De 3e in den aanhef van deze paragraaf genoemde wijze van aanleg van zeedijken, n.l. in vrij diep water, is in ons land weinig anders toegepast dan bij de Zuiderzeewerken. Wel zijn voordien op deze wijze tal van havendammen gemaakt en ook de spoorwegdammen door het Kreekrak tusschen Noord-Brabant en Zuid-Beveland en door het Sloe, tusschen Zuid-Beveland en Walcheren, doch geen dezer werken behoeft groote waterverschillen te keeren. Alleen de dam, die bij Schellingwoude het IJ afsluit, is waterkeerend.

De aanleg door diep water leidt tot groote afmetingen en dus tot grondverzet van gewel-digen omvang, maar geeft ook de gelegenheid daarvoor groot en snelwerkend materieel te gebruiken. Dit laatste is op de snelheid van uitvoering en op de kosten van zoo'n grooten invloed, dat op de plaatsen waar de Afsluitdijk tusschen Wieringen en Friesland en de om-ringdijk van den Noordoostpolder moesten worden aangelegd, door ondiep water, geulen zijn gebaggerd evenwijdig aan en dicht langs den dijk, om ook daar van groot drijvend mate-rieel als kranen, bakkenzuigers met persleidingen, baggermolens, zuigers, sleepboten, baggerbakken, zolderschuiten enz. enz. gebruik te kunnen maken. Grondvervoer over lange afstanden is bij deze werken regel. Dit verhoogt uit den aard der zaak de kosten, maar waar dat vervoer bij groote hoeveelheden tegelijk en uitsluitend te water plaats heeft, toch niet

bovenmate. Zand neemt bij de uitvoering een groote plaats in omdat het zich gemakkelijk laat zuigen, baggeren en verder verwerken, terwijl het aan den dijk onder water ook zonder opsluiting, geen al te flauwe belooen aanneemt en boven water terstond een stevige massa vormt, in tegenstelling met b.v. gemengde grond, die door baggeren en spuiten zeer week wordt en dit lang blijft. De zate wordt door den dijk zwaar belast. Komen er slappe lagen in voor, dan zijn verzakkingen en afschuivingen nog meer dan elders te vreezen en kan het noodig zijn grondverbeteringen aan te brengen, door de slappe grond weg te baggeren en er zand voor in de plaats te storten, waardoor het toch reeds zoo omvangrijke grondverzet nog weer veel grooter wordt. Door het daarmee voorkomen van afschuivingen kan op deze wijze het minste grondverzet echter soms toch worden bereikt, is een regelmatiger voortgang van het werk beter verzekerd en heeft men de verdeling der grondsoorten beter in de hand. Een methode tot inperking van het grondverzet, als dit door de grondverbetering buitengewoon omvangrijk wordt, werd al aangeduid in fig. 10.

Waar, zooals bij den Afsluitdijk van de Zuiderzee geulen voorkomen waardoor felle stroom loopt, moet door bezinking met zinkstukken of bestorting met keileem (eventueel klei) worden voorkomen, dat die geulen tijdens de uitvoering dieper worden.

Bij den aanleg van den Afsluitdijk tusschen de N. Hollandsche kust en Wieringen heeft men zich niet bepaald tot het bezinken en bestorten van de diepe geulen, maar werden bij wijze van proef — een proef die zeer goed is gelukt — beteugelingsdammen gemaakt, waardoor de diepte van 11.50 m — L.W. in de eene en 7. — m — L.W. in de andere geul werd teruggebracht tot 4. — m — L.W.

Aan die dammen werd een kruinsbreedte van 130 m gegeven, 47.50 m breedte werd geheel opgestort van klei of keileem, de rest van zand en met 1. — m klei of keileem afgedekt. De klei nam daarbij een beloop aan van 1 op $6\frac{1}{2}$, de keileem van 1 op $4\frac{1}{2}$, het zand vloede uit onder een beloop van 1 op 6 tot 1 op $10\frac{1}{2}$. In het midden werd over 114 m breedte de klei en keileem onbedekt gelaten, daarbuiten werd op de kruin en het beloop aan de eene zijde 16 m aan de andere 24 m breedte met zinkstukken bedekt. Fig. 81.

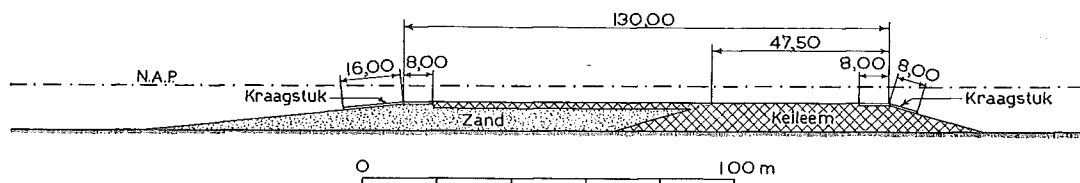
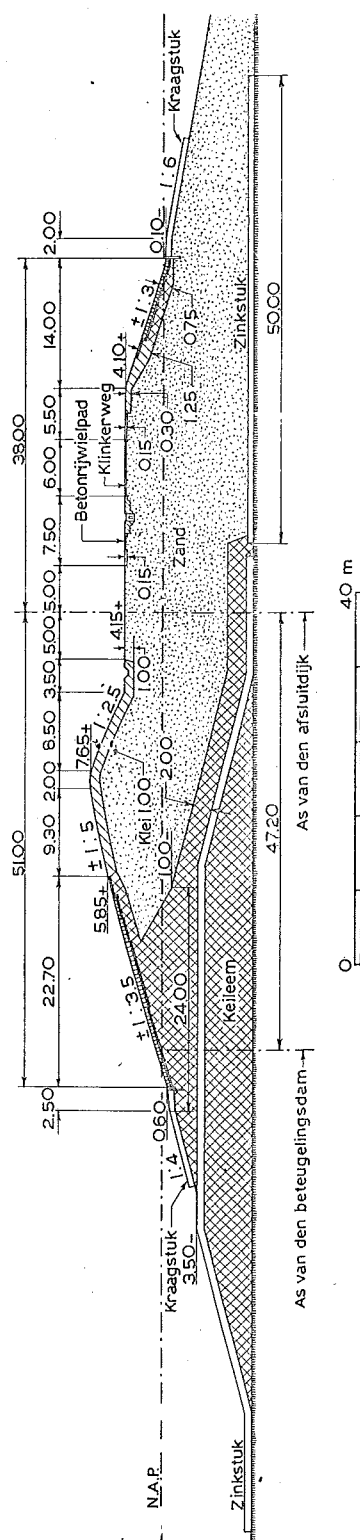


Fig. 81. Beteugelingsdam in het Amsteldiep.

Deze beteugelingsdammen hebben geen verdieping op andere plaatsen veroorzaakt. Ze hebben 3 jaar, dus veel langer dan normaal, gelegen eer de dijk werd aangelegd en hebben daardoor een paar maal nabestorting met keileem noodig gehad.

Bij de uitvoering der beteugelingsdammen is maar weinig grond weggestroomd; voor 500.000 m³ berekend profiel werd n.l. 673.500 m³ grond, gemeten in de middelen van vervoer, verwerkt.

Ook bij de verdere uitvoering van den Afsluitdijk werden de diepste geulen beteugeld door dammen, die hier een kruinsbreedte kregen van 40 m en geheel van keileem werden opgestort, terwijl ze geheel met zinkstukken werden bedekt, ter breedte van 107 m. Deze breedte is later in twee sluitgaten aan weerszijden met 50 m uitgebreid en werd daar toen dus ruim 200 m. Op een paar plaatsen werd de bodem van een geul vooraf bestort met een laag keileem en



werden de zinkstukken daar uitgespaard. Verreweg over het grootste deel der lengte werd de Afsluitdijk rechtstreeks op den zeebodem opgestort. Niet overal bleef verdieping voor den kop van de grondstorting uit, doch doordat met zeer veel materieel werd gewerkt, schoot men vlug op en duurde de uitstrooming op eenzelfde plaats maar kort. Toch zijn in een periode van slecht weer soms gaten ontstaan van 8.— m diepte en in een met enkel kelleem verdedigde bodem van een geul, zelfs van 18 m diepte. Hier had men dus te veel gewaagd, maar met het vele en krachtige materieel kwam men de bezwaren te boven.

De Afsluitdijk bestaat uit een keileemdijk aan de buitenzijde, met aan de binnenzijde daartegen een profiel van zand. Fig. 82. Met den keileemdijk werd vooruitgewerkt en men trachtte daarbij zoo vlug mogelijk boven water te komen om met het zand aan de binnenzijde te kunnen volgen. Doordat de keileem zeer taai is, had men daarbij weinig verlies van gestorte grond door wegstroomen. Onder water bleef de keileem in de gestorte taluds ook rustig liggen, maar nabij de oppervlakte van het water werd het beloop door golfslag beschadigd.

Om met een rand, die voorloopig nog smal was, boven water te blijven, als de keileem eenmaal zoo hoog was opgestort, ging men aan de buitenzijde terstond kraagstukjes zinken, sloeg de rij perkoenpalen en zette terstond daarboven een strook steenglooing. Het pas aangestorte beloop werd daarmee behouden en kon nu geleidelijk worden verhoogd.

Het zand tegen den keileemdams werd gestort met onderlossers en waar de vaardiepte door het opstorten te gering was geworden, werd de dam verder met een bakkenzuiger opgespoten. Het storten van zand bleef bij dat van keileem zoover achter, dat de stroom, die voor den kop van den keileemdams liep, op het zand geen invloed had. Verlies van zand kon zoo geheel worden voorkomen.

Het binnenbeloop vloeide uit onder een helling van 1 op 6. Zoodra het daarvoor hoog genoeg was geworden, werden ook hierop kraagstukjes gezonken en een perkoenrij of damwand geslagen, waarboven een bekleding van keileem en daarop steenglooïing werd aangebracht, waarna de dijk ter plaatse zonder gevaar voor grondverlies, hooger kon worden opgespoten en waarna hij met keileem en — voorzooveel geen steenglooïing, wegverharding enz. werd aangebracht —, ook met klei, werd bekleed. Het grondwerk kon zoo vrijwel geheel met machines worden uitgevoerd, hoewel in dwarsrichting naar en op den dijk vrij groote afstanden moesten worden

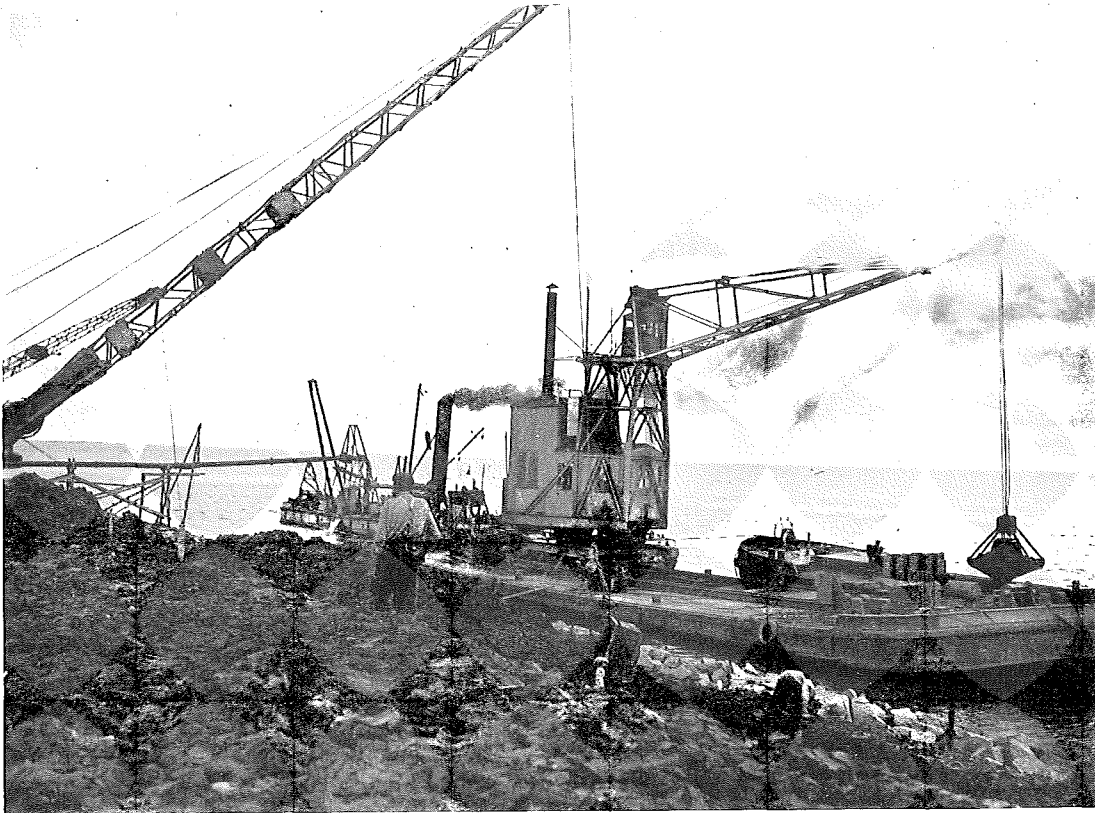


Fig. 83. N.O.polderdijk benoorden Urk. 14 Aug. '39. De keileem voor de bekleeding van het binnenbeloop wordt in 2 etappen met kranen uit een vaartuig op het beloop gestort.

overspannen. Dit geschiedde hier met transporteurs. Bij de latere werken zijn 2 of 3 kranen in serie achter elkaar geplaatst en is ook een baggermolen met zeer lange en hooge goot gebruikt.

Om eenigen indruk te geven van het vele materieel, dat voor aanleg van een dijk van den omvang, als de Afsluitdijk benodigd is, volgt hieronder een opsomming van de machines enz. waarmede het vak Kornwerderzand-Friesche kust, lang 3600 m, werd uitgevoerd:

- 5 baggermolens
- 5 zuigers
- 7 kranen
- 2 transporteurs
- 32 sleepbooten
- 114 bakken en zolderschuiten
- 10 locomotieven
- 170 kipkarren en lorries

Voor het vele materieel en voor het lossen en opslaan van materialen zijn ruime havens en groote opslagterreinen noodig, terwijl het voor een snellen voortgang van het werk wenselijk is, dat op meer dan een punt tegelijk kan worden gewerkt.

Voor den Afsluitdijk werden daartoe bij Wieringen en op het Kornwerderzand de omringdijken van de sluisputten met havens en opslagterreinen aangelegd en is ongeveer midden

daartusschen een eiland met haven op het Breezand gemaakt. Toen eenmaal die werken gereed waren, kon van daaruit de dijk op meerdere plaatsen tegelijk worden aangevat.

Voor den dijk om den Wieringermeerpolder waren Wieringen, Medemblik en een daartusschen opgeworpen eiland met haven op de Oude Zeug, de plaatsen van waaruit met den bouw van den dijk werd aangevangen.

Bij aanleg van den dijk om den Noordoostpolder werd aangevangen te Lemmer en aan weerszijden van Urk, maar kon, door de afwezigheid van stroom, ook midden in zee worden begonnen bezuiden Schokland en nabij het Zwolsche diep. Van den Afsluitdijk had men trouwens ook al een vrijliggend vak gemaakt n.l. beoosten Wieringen op den rug tusschen de geulen het Gaatje en het Zwin.

De keileemdam in den Afsluitdijk reikt tot den hoogsten stormvloedssstand. De keileem was bij het storten aan den dijk vrij week, holtten konden dus niet ontstaan en, was er bij de gevolgde werkwijze al geen sprake van opwerken in dunne lagen, stampen enz. toch mag veilig worden aangenomen, dat de keileemdam absoluut dicht is en zelfs zonder het zware zandlichaam er achter, tegen de hoogste standen bestand zou zijn.

Waar zinkstukken de keileem onderbreken loopen die toch niet geheel door, zoodat ook die zinkstukken geen lekkage kunnen geven. De kwelweglengte is daarbij nog zoo lang, dat ook alleen daardoor kwel al is uitgesloten.

Het buitenbeloop is boven water betrekkelijk steil, voorzoover het met steenglooing is bekleed, n.l. gemiddeld 1 op $3\frac{1}{2}$. Het begroeide bovengedeelte is echter 1 op 5. Het binnenbeloop heeft een helling van 1 op $2\frac{1}{2}$. Doordat het gesteund wordt door een hoogen berm, is de hoogte van dat beloop niet meer dan 3.50 m, terwijl die berm, omdat hij bestemd was voor een spoorweg en een rijweg, een breedte heeft gekregen van niet minder dan 32.50 m. Het waterbeloop van den berm is 1 op 3 en is grootendeels met steenglooing bekleed.

De dijk om den Wieringermeerpolder, die ook in open zee is aangelegd, wijkt in samenstelling niet veel — wel in afmetingen — van den Afsluitdijk af en is ook ongeveer op dezelfde wijze gemaakt. Fig. 18.

De dijk om den Noordoostpolder kon worden gemaakt zonder hinder van tij en stroom. Daar is eerst over de volle breedte van het dwarsprofiel alleen zand gestort, waarop aan de buitenzijde een, van ongeveer 2 m onder water tot den later te verwachten hoogsten waterstand reikenden, keileemdam is aangelegd, terwijl aan de binnenzijde — in afwijking van den Afsluitdijk en den Wieringermeerdijk — ook een keileemdam is gestort en wel van ongeveer 1.50 m onder tot even boven den waterstand. Fig. 84. Daartusschen werd het zandlichaam in 2 etappes opgespoten. waarbij met houten schotjes de stroom werd geleid naar het midden en met het opwerpen van walletjes zand, dus zonder spuitkaden, het zijwaarts wegvloeien werd voorkomen. Zie fig. 85 en 86. Boven die dammen is het zandlichaam met keileem en klei bekleed, waarbij de kleilaag dient om begroeiing mogelijk te maken. Wat in deze profielen opvalt is, dat de keileemdam aan de waterkeerende zijde niet tot in of op den bodem doorloopt en ook op het zandbeloop beneden dien dam zelfs geen keileembekleeding is aangebracht. Beperking van de aanlegkosten en bezuiniging op de nog beschikbare keileem zijn de redenen daarvan.

Hoewel de dijk normaal 5.30 m à 4.10 m waterverschil (meerstand 0.40 m. polderpeil 5.60 m en 4.50 m — N.A.P.) zal moeten keeren en dit verschil later soms tot 7.50 m zal kunnen oplopen, wordt wegens de groote kwelweglengte (50 à 60 m) en de geaardheid van het zand toch geen hinderlijke kwel verwacht. Mocht deze onverhoopt al optreden, dan zal daarin door het storten van keileem, klei of slib langs de buitenzijde, moeten worden voorzien.

Daar alle overtollige water uit den polder hoog moet worden opgemalen, is kwel uit den aard der zaak bijzonder nadeelig.

De dijk van den Noordoostpolder langs het boezemmeer benoorden het Kampereiland werd

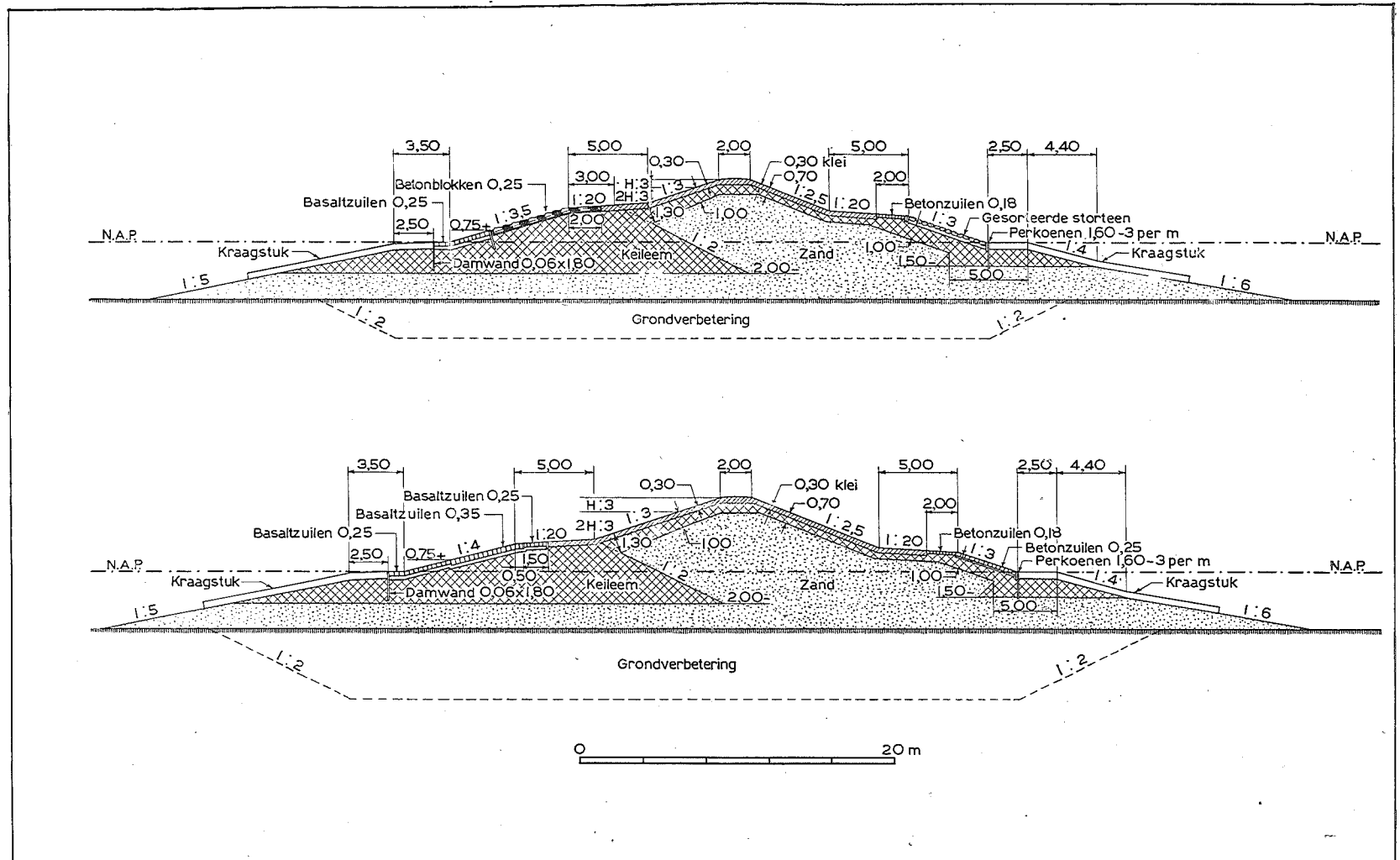


Fig. 84. Noordoostpolderdijk.



Foto Maaskant, Hippolytushoef.

Fig. 85. Het vooruitbrengen van de keileemdammen met twee grijperkranen en het daartusschen opspuiten van de zandkern met twee bakkenzuigers van den N.O.polderdijk bij Urk.

op een afwijkende manier met een veel breder dwarsprofiel gemaakt. In dat boezemmeer moesten uit de scheepvaart- en afwateringsgeulen groote hoeveelheden gemengde grond worden gezogen en gebaggerd, van welke grond men voor aanleg van den dijk gebruik heeft willen maken.

De grond was al slap en moest om niet in duur grondverzet te vervallen, voor een overgroot deel in den dijk worden gespoten, waardoor ze ontmengde en goeddeels nog slapper werd. Aan den dijk moest daardoor een groote aanlegbreedte worden gegeven om hem met genoegzaam flauwe belopen te kunnen opwerken. Tegen het buitenbeloop werd boven water een keileembekleding aangebracht, die langs den teen werd voorzien van een lichte verdediging van klinkers met daarboven een bekleding van klei ten behoeve van de begroeiing.

Het met klinkerglooiing verdedigde gedeelte van het beloop heeft een helling van 1 op 3.

Aan de polderzijde is een tijdelijke lichte verdediging aangebracht eveneens op keileem, waarmede men tevens het al te ver uitvloeien van den grond heeft willen beperken.

De kruinsbreedte is 5 m. Het binnenbeloop boven de verdediging is ten minste 40 m breed. Waar de geulen veel grond opleverden, die in den dijk moest worden geborgen, is die breedte uitgedijd tot ongeveer 100 m zoodat nauwelijks meer van een dijk kon worden gesproken, maar een ideale bescherming voor een diepen polder ontstond. Dit beloop heeft eene helling van 1 op 20 tot 1 op 45 en is bekleed met een 40 cm dikke laag klei om het voor bouwland o.a. voor cultuurproeven te kunnen inrichten. Fig. 88. Het ter plaatse brengen van de weeke klei was aanvankelijk niet eenvoudig. Bij opspuiten ontmengt ze voor een bekleding te veel. Met overladen uit de baggervaartuigen in kipkarren en verder vervoer per spoor kan geen snel



Foto K. Nanning, Zeist.

Fig. 86. N.O.polderdijk benoorden Urk 14 Augustus 1939. De keileemdammen worden met onderlossers en twee kranen verlengd. Tusschen die dammen wordt zand gespoten in twee lagen. Met houten schotjes wordt de stroom zand en water naar het midden geleid en met schoppen zand het zijwaarts wegvloeden voorkomen.

de bakken ruim 15 m omhoog gevoerd en viel daar in een stortgoot van 58 m lengte en 1.— m wijdte. De bok waaraan die goot was opgehangen, had een hoogte van 30 m. De werkvaardige breedte van den vloeimolen was 22,60 m.

Bij werken als de bovenvermelde aanleg van dijken, die zoolang ze niet zijn voltooid, kans loopen, dat ze door stormvloed en de voortgang van de uitvoering ten zeerste zal worden vertraagd, is een snelle uitvoering van het grootste belang. Die snelheid is met drijvend materieel verreweg het beste te bereiken. Grondvervoer per spoor staat daarbij achter.

tempo worden bereikt, dat aansluit bij het baggeren met groot baggermateriaal of zuigen met een zuiger met snijkop. Zoo kwam men er toe de klei met een goot te storten op en achter de kruin waarna die uit zich zelf over het beloop uitvloeide onder de gewenschte helling en dikte, als de aanvoer en de eventueel noodige toevoeging van water, goed was geregeld.

De afstand van de vaargeul is omstreeks 45 m. Om de grond snel genoeg door de goot te doen glijden, moest de helling vrij groot zijn, terwijl de uitmonding van de goot ongeveer 5 m boven den waterstand diende te reiken.

De klei moest daarom zeer hoog worden opgevoerd en voor het ophangen van de goot moest een veel hooger en zwaarder bok worden gebruikt, dan men op het normale materieel kon plaatsen, zoodat daarvoor speciale vaartuigen en opvoerwerktuigen moesten worden gebouwd.

Bij een vloeimolen, b.v. met een vermogen van 600 m³ per uur werd de klei met een elevator uit



Fig. 87. Het opspuiten van den N.O.polderdijk tusschen Ramspol en Kadoelen van weeke baggergrond uit de vaargeulen.

Foto Archief Zuiderzeewerken.

De gedeelten waar voor groot baggermaterieel, de vaardiepte te gering is, leveren dan ook bezwaren op.

Bij de uitvoering van de Zuiderzeewerken bleek dit al bij de afsluiting van het Amsteldiep. Op het Balgzand lag de grondslag ongeveer ter hoogte van L.W. en de grond voor den dijk ter plaatse werd aan een steiger langs diepe geul overgeladen in kipwagens en per spoor over het wad vervoerd. Behalve het overladen en oprijden werkte het spoorverleggen zeer vertragend, vooral toen ook nog verzakkingen en verschuivingen in de ophooging optraden.

Nadien heeft men bij de Zuiderzeewerken overal waar geen voldoende vaardiepte aanwezig was, die geschapen, door evenwijdig aan en zoo dicht mogelijk langs den te leggen dijk een geul of kanaal te baggeren. Hoewel het werk daardoor omvangrijker werd, omdat de uit het kanaal gebaggerde specie lang niet overal geschikt was om in den dijk te worden gespoten, kon toch een veel sneller tempo worden bereikt en waren de kosten lager, dan op andere wijze mogelijk zou zijn geweest.

Hoezeer men kan tobben en groote risico's loopt op ondiepe plaatsen, als daar geen vaargeul wordt gebaggerd, werd ondervonden bij aanleg van den Hindenburgdam, de dijk, die het eiland Sylt met den vasten wal verbindt. Fig. 89. Het lengteprofiel, fig. 90, doet zien, dat over een groot deel de zate boven gemiddeld L.W. was gelegen. Van de vijf aanwezige geulen was de Oostergeul bevaarbaar, echter met geen grooter diepgang dan 1.80 à 2 m op hoogwater. Het tijverschil was 1.70 m. De lengte van den dijk is ongeveer 11 km. In de Oostgeul — ongeveer 3 km uit den vasten wal — werd een baggermolen van 100 m³ opbrengst per uur, voorzien van een drijvende persleiding, te werk gesteld om een kuil te baggeren waarin grooter materieel ook op L.W. zou kunnen blijven doorwerken.

Tegelijkertijd werd vanaf den vasten wal een dam van klei aangereden, die de teen zou vormen van het zuidelijk beloop van den dijk. Die dam reikte tot 1.— m + gem. H.W. en werd aan de zuidzijde met de definitieve steenglooiing verdedigd.

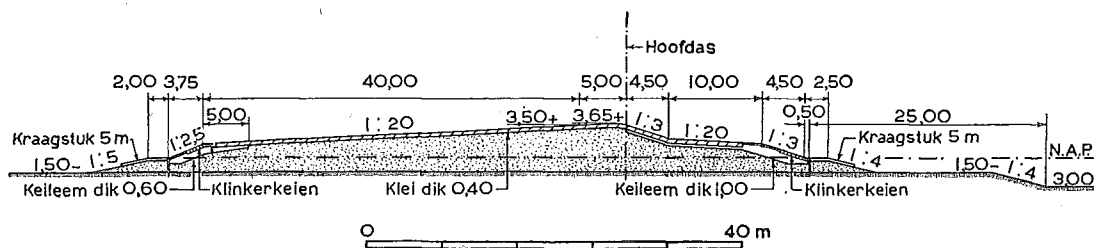


Fig. 88 Noordoostpolderdijk Ramsol-Kadoelen.

Begin Mei 1923 kon het grooter baggermaterieel te werk worden gesteld, doch daar hiervan de diepgang 2.— tot 2.40 m bedroeg, kon het alleen bij extra hoge tijen ter plaatse worden gebracht.

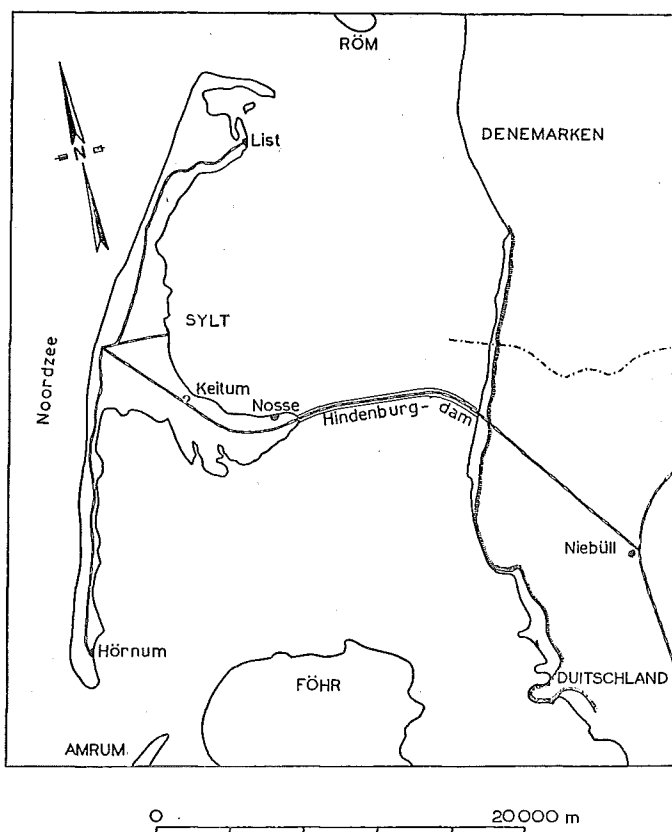


Fig. 89. Hindenburgdam. Situatie.

Met twee zuigers, ieder van 625 m³ opbrengst per uur, die ligplaats kregen op 100 m zuidwaarts uit de as van den dam, in de Oostgeul, ging men nu naar weerszijden specie in den dijk spuiten tusschen rijzendamme-tjes, die als spuitkaden dienst moesten doen. Die dammetjes kregen 0.60 à 1.20 m breedte bij een hoogte van 0.80 à 1.50 m. Ze bestonden uit rijshout gevlijd tus-schen 2 rijen palen. Om snel voor-uit te komen werd niet hoger opgespoten dan tot 0.50 m à 1.— m boven gem. H.W. De specie bleek weinig geschikt. Ze bevatte omstreeks 50 % slik. Die slik werd volledig door het spuitwater buiten den dijk gevoerd. De rest bestond uit fijn zand, dat met het spuit-water uitvloeide onder een helling van ongeveer 1 op 400. De spuit-kaden moesten daardoor over groote lengte vooruitgewerkt wor-den, zoodat voor de beide zuigers tezamen ongeveer 2 km rijzendam moest worden onderhouden. Dat onderhoud bleek zeer moeilijk. Bij L.W. werd het fijne zand door het

rijshout niet voldoende opgesloten. Stroom en golfslag veroorzaakten verder veel schade; doorbraken waren aan de orde van den dag en de uitgespoelde grond bezonk niet nevens den dijk, maar vloeide goedgeels terug naar de baggerkuilen, zoodat om de 2 à 3 weken die

kuilen zoozeer waren opgeslibd, dat het geheele baggerbedrijf kwam stil te liggen en pas weer op gang kon komen, nadat de baggerplaatsen weer op diepte waren gebracht.

Het opspuiten in de richting naar het vasteland vorderde, zij het met horten en stooten toch en midden Augustus waren de aangereden kleidam en de opgespoten voet van den dijk elkaar genaderd, zoodat daarover van den vasten wal tot aan de baggerput, een werkspoor kon worden gelegd voor aanvoer van materialen, o.a. voor de steenglooing.

Naar het westen vorderde het opspuiten slecht en toen men de Oostgeul was genaderd, hield alle voortgang op, doordat het fijne zand even snel door de stroom in de geul werd weggevoerd als de zuiger het opspoot; een goed deel van dat fijne zand kwam weer in de baggerkuil terecht en maakte deze ondiep. Men meende nu de geul af te sluiten met daarin rijshout o.a. dikke wiepen, te doen zinken, maar men was niet in staat de benodigde materialen snel genoeg aan te voeren om op deze wijze succes te bereiken.

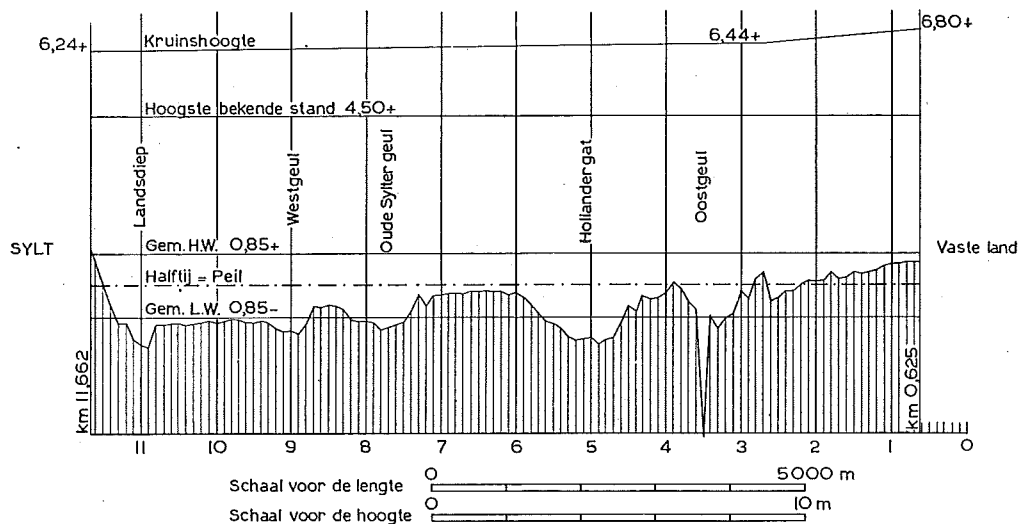


Fig. 90. Hindenburgdam. Lengteprofiel.

Op het kritieke moment, toen men met alle moeite niet vooruitkwam, trad — op 30 Augustus 1923 — een stormvloed op, zooals men sinds menschenheugenis niet in het zomerseizoen had beleefd. In korten tijd liep het water op tot 3.— m boven gem. H.W.; de golfbeweging werd zeer hevig. De gevolgen waren voor het werk noodlottig. Ankers gingen door, kettingen en trossen braken en de zuigers, booten, bakken enz. gingen op drift, en zonken of strandden, de 1200 m lange persleiding brak op meerdere plaatsen en sloeg weg, het spoor werd verwoest, 250.000 m³ grond ging in enkele uren verloren en alles wat in 1923 was gemaakt, ging zoo vrijwel geheel te niet. Alleen de met steenglooing versterkte kleikade, die van het vasteland uit was gemaakt, had weinig geleden. Het werk werd, na opruiming van de wrakken en het bijebrengen van weggedreven materialen, stopgezet en de baggerplaatsen slibden nu geheel vol.

De slechte ervaringen van 1923 deden inzien, dat een andere werkwijze moest worden gevolgd.

Met opspuiten tusschen rijzendammetjes zou men er nooit komen. Men ging nu damwand heien met een steiger er langs om daarop spoor te leggen, een constructie, waarop men in ons land stellig nooit zijn keuze zou hebben laten vallen en die hier, zoodra men in den stroom kwam, ook tot vele moeilijkheden aanleiding heeft gegeven.

De damwand reikte tot 0.25 m + gem. H.W. De 8 cm dikke damplanken hadden in hoofdzaak een lengte van 5 m. Om den wand en steigerpalen te kunnen heien, werden eerst lichte palen

voor een hulpsteiger met de handheij ingedreven. Vanaf dien hulpsteiger werden de palen en damplanken door arbeiders met een trekheij, geslagen. Een heikar is slechts gebruikt, waar men er niet buiten kon. De damwand kreeg aan weerszijden een met schroefbouten bevestigde kesp en werd gesteund door de dwarskespen van den spoorsteiger, maar was tegen golfslag en gronddruk nog niet bestand, waarom aan weerskanten steen werd gestort, tot aan den bovenkant, onder een helling van 1 op $1\frac{1}{2}$. Fig. 91.

Met den damwand werd begonnen aan den kop van de in 1923 gemaakte kade. Toen men tot de Oostgeul was gevorderd begonnen de bezwaren. Hoe meer men de geul vernauwde, hoe dieper het gat werd, dat aan den kop van het werk uitschuurde. Het kreeg een diepte van 7 tot 9 m onder H.W. en wandelde met den kop van den damwand mee vooruit. Met steenbestorting op rijslagen, zooals die daar werden uitgevoerd, was die uitspoeling niet te voorkomen; in plaats van damwand van 5 m waren dampalen van 10 m noodig en men vorderde bijna niet. Toen werd besloten aan de overzijde van de geul op het hoge wad eerst een vak damwand te slaan. Nadat dit ook gesteund was met stortsteen, werd de sluiting van twee kanten aangevangen. Er kwamen tijen voor, waarbij het verval in het gat meer dan een meter bedroeg. Midden October gelukte het eindelijk, na veel getob, de damwand daar te voltooien. Over een vak van 440 m lengte had men

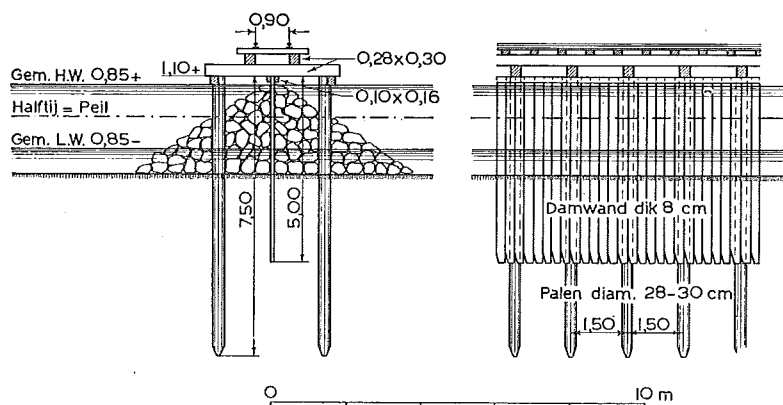


Fig. 91. Hindenburgdam. Damwand en steiger langs den teen aan de zuidzijde.

3 maanden gedaan. Een kleine zuiger had al dien tijd werk om achter de hand de uitgespoelde kuil weer te vullen; daarvoor moest ongeveer 50.000 m³ grond worden verwerkt.

Inmiddels werd vanaf den vasten wal de dijk opgehoogd met grond, die aan voorland op 4 km afstand werd ontleend. Daar had men te kampen met verzakken van het spoor. Hoewel 30 à 40 man voortdurend bezig waren het spoor te onderstoppen, was het ontsporen van locomotieven en karren aan de orde van den dag en zoo gelukte het niet, dat jaar meer dan 150.000 m³ grond aan den dijk te brengen, waarmede 1.200 m lengte tot slechts 2.15 m + gem. H.W. kon worden opgehoogd.

Met de steenglooiing langs de zuidzijde kon men niet zoo vlug opschieten als wenschelijk werd geacht, omdat de klei te week was en lang week bleef. Toch kon ten slotte, toen het grondwerk in den laten herfst werd gestaakt, ook de kop van den dam nog worden voorzien.

Men was nu 2 jaar bezig met het resultaat, dat slechts 3.7 km van de 11 km dijk in bewerking — niet eens voltooid — was. Sneller vorderen was om verschillende redenen noodzakelijk o.a. om het gevaar, dat hoe langer het werk duurde, hoe dieper de zate door de getijstroomen zou uitschuren. Toch werd besloten, met het heien van damwand door te gaan en in het voorjaar van 1925 werd opnieuw met heien aangevangen, nadat men een 4 à 5 m diepe uitkolking, die in den loop van den winter voor den kop van den dam in het wad was gespoeld, had volgespoten.

In de eerstvolgende geul, het Hollander gat, werd de constructie over 150 m lengte zoodanig gewijzigd, dat om de 2.50 m in den wand een differdinger balk, profiel 15 werd geheid met een

schoorpaal daartegen en de 3.50 m lange damwand niet hoger reikte dan 0.90 m onder halftij of 0.05 m onder gem. L.W. Fig. 92.

Aan weerszijden van den damwand werd de bodem over 5 m. breedte bedekt met stortsteen. Uitspoeling van den bodem werd hiermede voorkomen. Aan de overzijde van de geul werd de damwand gewoon doorgetrokken tot de Oude Sylter geul, waar een overeenkomstige opening voor het doorlaten van den stroom werd gemaakt. Toen het werk daarvoor ver genoeg was gevorderd, heeft men die gaten afgesloten door schotten van damwandhout tusschen de flenzen van de palen te plaatsen en die te steunen door aan weerskanten steen te storten. De afsluiting kwam toen vlug en zonder veel moeite tot stand.

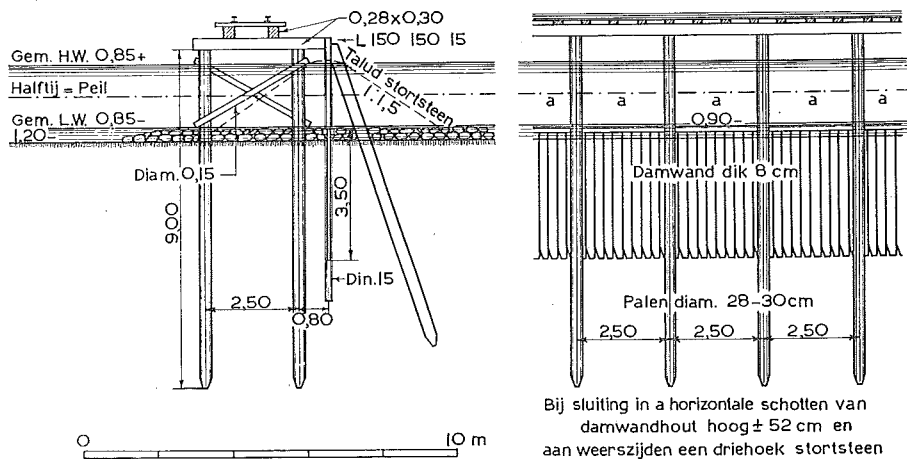


Fig. 92. Hindenburgdam. Doorlaatopening in den damwand door het Hollandergat.

In het vroege voorjaar van 1925 begon men ook vanaf Sylt met den dijk aanleg. Op het eiland had men voor bekleedingsgrond geschikte tertiaire leem gevonden en op het Wad op eenigen afstand uit de kust waren dikke lagen grof zand en grind aangeboord. Het op 500 m uit de kust gelegen Landsdiep had op H.W. voldoende vaardiepte voor baggermolens en bakkenzuigers, zoodat het werk hier krachtiger kon worden aangepakt.

Ofschoon het onder een zeer flauw beloop uitvloeien en grootendeels wegstroomen van den grond, waarmede men aan het oostelijk einde van den dijk zoo had te kampen, hier niet was te vreezen, ging men toch ook hier damwand, gesteund door steenstorting, toepassen. Men vreesde wel, dat, evenals in de Oostgeul, in het Landsdiep en de Westgeul diepe uitkolkingen voor den kop zouden ontstaan, doch hoopte die met een doorlaat, als was toegepast in het Hollander-gat, tot bescheiden afmetingen te kunnen beperken.

Bij de uitvoering bleken hier geen tijverschillen aan weerszijden van den damwand op te treden en werd het heien maar weinig door stroom en uitkolking bemoeilijkt, een bewijs te meer, dat men het hier zeer goed zonder damwand had kunnen doen en deze eene groote geldverspilling en vertraging heeft beteekend. Het zand werd hier opgespoten tot 2.15 m + gem. H.W. Verder werd de dijk voltooid met van Sylt aangereden grond, die daar uit een ingraving voor aanleg van den spoorweg vrij kwam. Bij het opspuiten van het grove zand, waarin ook grind voorkwam, ging zeer weinig materiaal door wegstroomen verloren, aan spuitkaden werden geen hoge eischen gesteld, echter het vermogen van de zuigers ging snel achteruit naarmate de persleidingen langer werden. Bij 800 m lengte werd de opbrengst zoo gering, dat van een verdere verlenging werd afgezien. In 1925 kon de dijk hier over ruim 1600 m lengte worden opgespoten.

Het heien van den damwand geschiedde in 1925 op dezelfde wijze als in 1924, namelijk met menschen aan de reep. Slechts waar voldoende vaardiepte was, werd geheid met een heistelling met heikar op een zolderschuit. In vergelijking met 1924 werd de voortgang zeer geroemd. In 6 maanden vorderde men met 2 ploegen 8 km of gemiddeld 53 m per dag. Op 16 September 1925 werd de damwand gesloten. Als ontmoetingspunt was een plaats op het hoge wad tusschen de Oude Sylter geul en de Westgeul gekozen. De doorlaatopeningen in den damwand werden nu met schotten gesloten. Moeilijkheden werden daarbij niet ondervonden. In totaal werd 120.000 ton steen voor steun van den damwand gestort. Over het spoor op den steiger langs den damwand, konden nu materialen naar Sylt worden aangevoerd wat van groot belang werd geacht, omdat voor dien aanvoer tot dien tijd eene vloot van 30 zeilschepen, 3 sleepbooten en 20 bakken voortdurend in bedrijf moest worden gehouden. Dit voordeel had men echter ook en dan veel vroeger met een enkelen steiger zonder den damwand kunnen bereiken.

Langs den damwand werd aan de oostzijde van het wad ook in 1925 voortgegaan met het opspuiten van het ter plaatse gewonnen zeer fijne vuile zand. Er ging nu minder verloren dan bij het spuiten in 1924 tusschen rijzendammetjes maar hooger dan 0.15 m + gem. H.W. en verder dan tot het Hollander gat kwam men toch niet, al werd dag en nacht gewerkt.

In den winter van 1925—1926 hield de damwand met bestorting zich goed. Beschadiging door ijsgang, golfslag en stroom kwam niet voor.

In het voorjaar van 1926 werd het grondwerk krachtiger en met meer baggermaterieel aangevat.

Aan den oostkant ging men door met het opspuiten van de uit kuilen gebaggerde grond. Aan den westkant werd grof zand 800 m ver gespoten en dan opnieuw gezogen en verder gespoten. Ruim 2600 m van Sylt lag de grens van het grove zand. Verder oostwaarts vond men leemig zand, dat nu dichter bij was niet alleen, maar zich ook gemakkelijker dan het grove materiaal liet spuiten. Men ging nu den dijk van dat leemig zand opspuiten tot bovenkant damwand en wou daarboven doorgaan met grof zand. Dit liep uit op een groote teleurstelling. De onderlaag bleef week en had weinig draagvermogen. Door den bovenlast van grof zand werd de weeke grond weggeperst tot buiten het dijkprofiel. Zand en spuitkaden zakten of schoven af en ook de damwand werd op zij gedrukt, zonder echter te breken. Het opspuiten van leemig zand moest worden opgegeven en alleen grof zand worden verwerkt, dat van de eene naar de andere, — 800 m verder liggende — zuiger werd gespoten.

Aan de oost- en westzijde tezamen werd in 1926 per dag gemiddeld 14.000 m³ grond in den dijk gebracht. Midden Augustus was men elkaar genaderd. De rest van het profiel werd direct achter het spuiten aan, aangespoord. Aan de oostzijde ging dit beter dan in 1925 omdat het spoor over het voorland nu tot 1.— m boven H.W. was opgehoogd. Toch kwamen nog talrijke spoorverzakkingen en ontsporingen voor. De grond die van Sylt werd opgereden was deels droog zand, deels vrij droge leem. Het aanbrengen van de taludbekleedingen vorderde veel spoorverleggen en veel handenarbeid. Het grondwerk kwam in 1926 vrijwel gereed.

De steenglooingen van graniet en zuilenbasalt volgden het grondwerk zoo vlug het kon. De op de bermen en bovenbeloopen benoodigde zoden werden gestoken op het voorland benoorden den dijk, 9—12 October 1926 werd de nog niet geheel voltooide dijk door stormvloed en belooien, die meer dan eens een hoogte bereikten van 2.50 m + H.W. eerst bij storm uit het Zuidwesten, daarna uit het Noordwesten. De steenglooing hield zich goed maar de deels pas bezode anderdeels nog rauwe grondbeloopen werden ernstig beschadigd. Op de bermen werd de steenglooing nu 4.— m en op de meest aangevallen plaatsen 5.— m met zuilenbasalt op steenslag, verbreed. Fig. 93.

In 1927 werd de dam voltooid. Met inbegrip van grondverliezen door stormvloed en enz. werd in totaal aan den dijk 1.750.000 m³ grond opgespoten en 1.850.000 m³ grond aangespoord,

totaal 3.600.000 m³; 9300 m lengte damwand is geslagen. De uitvoering duurde ruim 4 jaar, de kosten bedroegen ongeveer f 11.100.000.—.

Week de wijze van uitvoering belangrijk af van de methoden waarmee men in ons land het meeste succes heeft, ook het dwarsprofiel is anders dan wij hier te lande gewend zijn. Dit

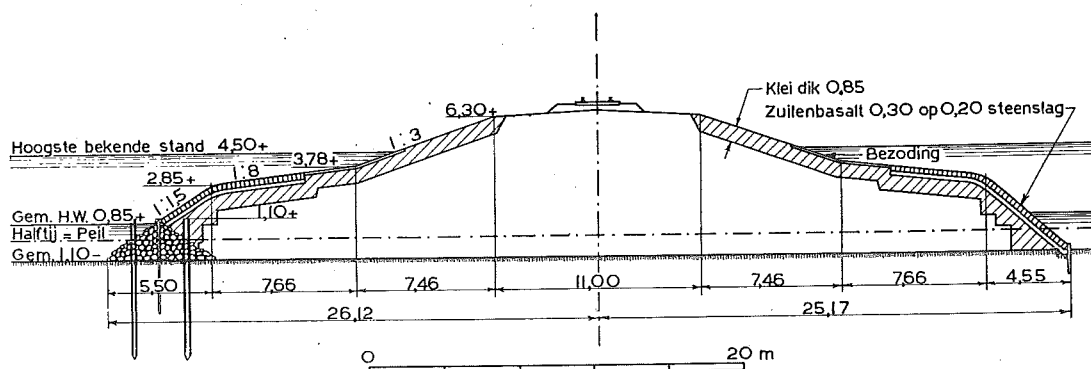


Fig. 93. Hindenburgdam. Dwarsprofiel.

betreft vooral de afwezigheid van kraagstukken langs den teen op de diepere plaatsen, het aanbrengen van damwand met aan weerszijden een hooge bestorting langs de zuidzijde en de steile helling van de benedenbelopen. Een en ander geeft den indruk, dat een beperking van de aanlegbreedte is verkregen, maar ten koste van een te hoogen prijs en veel tijdverlies.

§ 19. Het afsluiten van geulen en krekken en het dichten van sluitgaten.

Het afsluiten van geulen en krekken van groote afmetingen waardoor felle stroom trekt en het dichten van sluitgaten, was in vroeger tijden, toen men niet beschikte over de middelen om in korten tijd veel grond te verzetten, een werk van avontuur. Dat is het, zij het in mindere mate, nu nog wel, want wordt het niet goed aangepast, treft men bij de uitvoering slecht weer en blijken de beschikbare werkkrachten en hulpmiddelen voor de omstandigheden te zwak, dan is mislukking niet uitgesloten en kunnen de kosten geweldig oploopen. Groot risico blijft er steeds aan verbonden, niet het minst wat het weer betreft.

In het buitenland, waar rijshout een niet of weinig bekend materiaal is en men vaak wel gemakkelijk over steen kan beschikken, geschiedt het afdammen in den stroom, veelal in eersten aanleg door het storten van veel steenen van zoodanig gewicht, dat de stroom ze niet kan meevoeren. Een steenen dam is nooit dicht. Met taale grond of met beton eventueel betonconstructies wordt verder getracht, de noodige dichtheid te verkrijgen. Laat de bodemgesteldheid het inheien van damwand toe, dan is ook damwand daar een bij voorkeur toegepast middel.

Neemt bij vernauwing van de geul of het sluitgat de stroomsterkte toe, dan wordt het heien steeds moeilijker en moeten de damplanken steeds langer worden genomen, daar voor den kop van het werk de bodem uitkolkt en de diepte vaak in sterke mate toeneemt. Die moeilijkheden bleken o.a. in ruime mate bij de afdamming van de Oostgeul voor den Hindenburgdam, zooals reeds in het vorig hoofdstuk werd vermeld.

Bij het afsluiten van het Hollander gat en de Oude Syltergeul, mede voor dien dam, wist men met doorlaatopeningen in den plaatselijk lagen damwand, welke openingen later gemakkelijk en snel konden worden gesloten, de genoemde moeilijkheden te ontgaan, maar het betrof daar geulen, die op L.W. maar zeer geringe diepte hadden, zoodat de niet hooger dan tot L.W. reikende, voorloopige afsluiting geen stroomversnelling veroorzaakte.

Waar op L.W. wel een beteekenende diepte aanwezig is en bijna voortdurend felle stroom gaat, zooals in vele geulen het geval is, zou zoo'n constructie veel kans op mislukking bieden.

In Nederland worden algemeen rijs- en grondwerk toegepast. Daarmede kan men zich zóó goed aan de verschillende — en op eenzelfde werk vaak wisselende — omstandigheden aanpassen, dat andere constructie's daarbij, in vrijwel alle gevallen, ver achterstaan.

De oudste, tot 1700 of nog later, gevolgde methode is niet nauwkeurig bekend, doordat men niet weet wat onder enkele benamingen van rijswerk moet worden verstaan. Daarna is gekomen de methode van twee rijzen dammen met kleivulling daartusschen. Fig. 94.

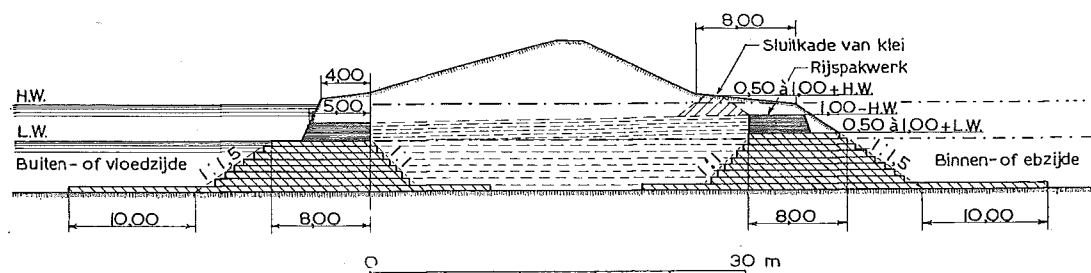


Fig. 94. Afsluiten van een geul met twee rijzendammen.

De geheele afdamming heeft zoodanige breedte, dat de dijk er volledig over kan worden doorgetrokken en ook de binnenberm de doorgaande breedte kan krijgen. De buitenberm verkrijgt een geringere breedte, uit overweging, dat de geul wel spoedig zal aanslibben en er in elk geval later gelegenheid bestaat, de berm zonder eenig bezwaar en risico met enkel grond te verbreedten en dus die buitenberm geen reden behoeft te zijn voor vergrooting van het grondverzet bij de sluiting.

Nevens de plaats waar de rijzendammen zullen worden gelegd, worden de oevers van de geul vanaf den L.W. rand tot boven de lijn van H.W. met rijs- of rietbeslag bezet. Om te voorkomen, dat het water zijn weg zou kunnen vinden onder het beslag door, wordt dit aan de kanten en einden in den oever ingekast en met zand ingewasschen of met grond bedekt. Daarna worden onder elken dam grondstukken gezonken. Als de dam eenige hoogte heeft verkregen, zou het overstortend water den bodem naast den dam kunnen uitspoelen en is het gevaar lang niet denkbeeldig, dat dan grond onder den dam wegschuift en de bezinking nazakt. Om dit te voorkomen moet de bodem over eenige breedte ter weerszijden van den dam ook door de grondstukken worden beschermd. Hoeveel die breedte ten minste moet bedragen hangt af van de stroomsnelheden, den duur der overstorting, de geaardheid van den grond enz.

Gewoonlijk wordt aan de buitenzijde 10 m, aan de binnenzijde 5 m bezinking noodig geacht. Tusschen de beide bezinkingen blijft de bodem ten minste 5 m onbedekt om lekken te voorkomen. De totale breedte van de grondstukken bij 8 m kruinsbreedte van een rijzen dam ter hoogte van L.W., wordt dan $10. — m + 8. — m + 5. — m + 2\frac{1}{2} \times \text{de diepte onder L.W.}$ Bij groote diepte neemt men de breedte der stukken onder elken dam in tweeën en zinkt ze met een tusschenruimte van een paar meter, welke tusschenruimte met klei of schorkloeten wordt volgestort. De lengte der stukken wordt bij voorkeur zoo groot genomen, dat ze van oever tot oever dus van beslag tot beslag, reiken. Is die lengte bezwaarlijk voor het ter plaatse brengen en zinken van de stukken, dan neemt men kortere van ten minste 40 m. lengte, zorgt, dat ze elkaar niet overlappen, wat ondichtheid zou kunnen geven en bestort de naden met klei of kloetelingen.

Een dichte aansluiting op den bodem is noodig om lekken onder het stuk door — wat weer tot uitspoeling van den bodem zou kunnen leiden — te voorkomen. Daarom wordt de onderste

laag van de vulling wel van riet genomen, vooral als de bodem van de geul uit zand bestaat. Het zinken geschiedt als er weinig of geen stroom gaat, omstreeks laag water.

De stukken worden zwaar nabestort met klei en(of) kloetelingen en buiten het profiel van de afdamming ook met stortsteen. De naden langs het rijsbeslag worden volgestort met klei of kloetelingen.

Tusschen de bezinkingen wordt nu de bodem van de geul bestort met klei. Vervolgens worden de dammen telkens om beurten met een laag zinkstukken opgewerkt, waarbij men de naden laat verspringen. De stukken worden z.g. stuk op stuk gezonken, d.w.z. de grondbestorting op elk stuk wordt niet dikker dan ruim tot den bovenkant van de tuinen op de deklaag en gewoonlijk wordt geen nieuwe laag gezonken dan nadat de kleikist tusschen de rijzendammen tot ongeveer dezelfde hoogte is opgestort, omdat dan het gevaar voor wegspoelen van grond het geringst is. De grond werd vroeger met vletschuiten aangevoerd en gestort, nu zou men meer zolderschuiten en onderlossers getrokken door sleepbooten, gebruiken, maar in geen geval kan men met deze werkwijze snel vorderen. De gestorte grond is of wordt week en oefent een grooten zijdelingschen druk uit op de rijzendammen, vandaar dat de kruinsbreedte daarvan niet gering kan zijn en het buitenbeloop niet steiler dan 1 op $1\frac{1}{2}$ moet hellen.

Hooge vloeiden en felle stroom kunnen wel den werktijd bekorten, maar ook bij een kalm tempo van uitvoeren is er voor tegenspoeden niet veel gevaar. Wat hooger de dammen worden hoe meer de uitstrooming uit den polder wordt vertraagd, zoodat al spoedig het oogenblik van stil water niet meer samenvalt met L.W. en H.W. en daardoor de perioden met geringe stroom, korter worden, terwijl ook het verminderen van de vaardiepte belemmerend kan gaan werken.

Is men met het opzinken aan de buitenzijde tot L.W. gekomen dan worden op den binnendam nog een of twee stukken tijdens H.W. gezonken om het uitstroomen wat te bekorten en dan het opzinken gestaakt. Men gaat nu meer in den droge werken door de rijzendammen te verhoogen met rijspakwerk, bij elke laag verhooging zorgend, dat de kleikist niet veel achterblijft en de binnenzijde ongeveer 0.50 m vóórblijft bij de buitenzijde om zoo het water achter den dam zoo hoog mogelijk op te houden en dus het in- en uitstroomen zoo veel doenlijk te beperken.

Nadert men zoo den H.W. stand, dan wordt van een gunstig tij gebruik gemaakt om met een enkel gronddammetje, — de sluitkade — in één tij boven H.W. te komen, om daarna dit dammetje zoo vlug mogelijk te verhoogen en te verzwaren tot het gevaar voor overvloeien en doorbreken van den gronddam voorgoed is bezworen.

Gelukt het niet, de sluitkade in één tij te sluiten en spoedig genoeg te verzwaren, dan heeft dit onvermijdelijk grondverlies, achteruitgang en oponthoud, ten gevolge.

De sluitkade wordt gelegd aan de binnenzijde naast het rijspakwerk om voor het geval de vloed zoo hoog oploopt, dat het water toch over dien dam vloeit, nog de kans te hebben, dat het wegstroomen van grond door dat pakwerk wordt beperkt. De sluitkade verkrijgt wederzijdsche belooopen van ongeveer 1 op $1\frac{1}{2}$ en een kruinsbreedte van 0.75 à 1.— m op de hoogte van 0.50 à 1.— m + H.W. Aan de zeezijde, waartegen bij de eerstvolgende tijen, over den vloed, het water moet worden gekeerd, zet men schorkloeten met de begroeide zijde naar buiten, dicht en vast tegen elkander.

Zoodra op den gewichtigen dag de eb is ingetreden, wordt aan de wederzijdsche oevers aangevangen. De grond is al van te voren aangevoerd. Een groot aantal met grond geladen vaartuigen z.g. vletschuiten ligt gereed om, als de stroom genoeg is afgenomen, meer naar het midden grond te storten.

Is het uitstroomende water geen beletsel meer, dan wordt de dan nog bestaande opening geheel afgesloten met grond; valt echter te vreezen, dat de tijd zal ontbreken om daarmede

gereed te komen, vóórdat de vloedstroom dit zal beletten, dan wordt het rijspakwerk nog haastig met baardwerk verhoogd om in stil water daarachter, langer met de grondophooging door te kunnen gaan. Voortdurend wordt getracht boven water, de vloed dus vóór, te blijven, opdat nergens stroom over de kade zal gaan en geulen zal vormen, die men niet zoo snel kan dichten, dat doorbraak van de kade wordt voorkomen. Is dit tot H.W. gelukt, dan worden de zwakke plaatsen nog zoo vlug mogelijk versterkt, de kade verhoogd tot ten minste $1.- m + H.W.$ waarna verdere verzwaringen en verhoogingen worden uitgevoerd, totten minste de afmetingen van de voorversching zijn verkregen. Daarna wordt het geheele dijkprofiel tusschen de aansluitende vakken doorgetrokken. De regeling van het grondvervoer is vrij lastig. Het stort waarop moet worden gewerkt is week, spoorschiften is daardoor tijdroovend, verzakkingen, ontsporingen enz. geven zeer ongewenscht oponthoud, paarden kunnen op het weeke stort moeilijk vooruitkomen en toch moet snel worden gewerkt om in dat ééne tij over de geheele lengte boven water te blijven, wil men niet het gevaar loopen, alles te moeten overdoen. Het leggen van de sluitkade wordt dan ook steeds als een belangrijk werk, en het goed gelukken daarvan als een groot succes beschouwd.

Alle beschikbare hulpmiddelen en al de beschikbare rijswerkers, vletterlieden, grondwerkers enz. (soms vele honderden) worden voor het leggen van de sluitkade samengetrokken.

De boven geschetste wijze van afdammen met twee rijzen dammen is geschikt bij eenvoudige middelen voor grondverzet (vletschuiten, kruitwagens, draagbaar spoor met kipkarretjes enz.) en geeft groote zekerheid van uitvoering.

Ze kost echter zeer veel aan rijshout en aan arbeidsloonen en vordert langzaam.

In de latere jaren, toen men al over geschikt baggermaterieel kon beschikken, is in plaats van klei wel baggergrond tusschen de rijzen dammen met onderlossers gestort en zijn de zinkstukken op die wijze met zand bestort (z.g. ingewasschen). De aanvoer met onderlossers heeft niet alleen het voordeel van veel vlugger te gaan dan met vletschuiten, maar doordat groote hoeveelheden tegelijk worden gestort, wordt minder door den stroom uit het werk gevoerd. Wordt voor onderlossers de vaardiepte te gering, dan kan toch met een bakkenzuiger, of met een baggermolen met goot, de ophooging tusschen de rijzendammen veel sneller worden voortgezet, dan vroeger mogelijk was.

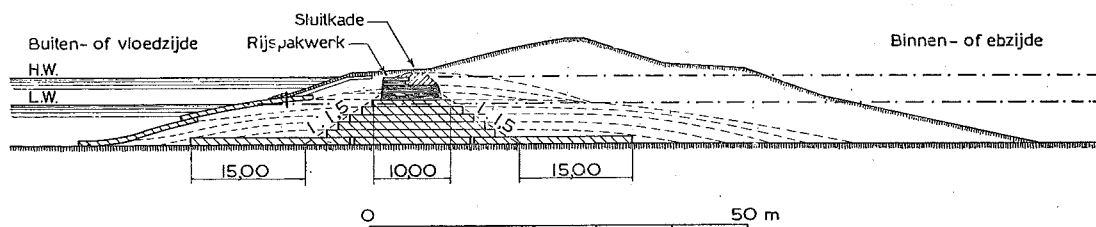


Fig. 95. Afsluiten van een geul met één rijzendam.

Een groote bezuiniging op de uitvoering bij niet te groote vermeerdering van risico's wordt verkregen, door in plaats van twee maar één rijzendam op te zinken. Die dam verkrijgt op L.W. een kruinsbreedte van 5 à 15 m (veelal wordt 10 m gekozen) met wederzijdsche belooopen van 1 op $1\frac{1}{2}$ en grondstukken, die aan weerszijden evenver — gewoonlijk omstreeks 15 m — buiten den dam reiken. Fig. 95.

De oevers worden boven L.W. voorzien en de dam opgezonken als boven voor de afsluiting met twee rijzen dammen is geschetst. Aan weerszijden van den rijzendam wordt zooveel mogelijk zand uit onderlossers gestort. Door den stroom ontstaan flauwe belooopen. Het

opzinken moet regelmatig geschieden om geulvorming in het gestorte zand te voorkomen.

De dam wordt opgezonden tot L.W. of iets daarboven en nadat de vaardiepte voor de onderlossers te gering is geworden, wordt het zand opgespoten.

Boven L.W. gaat men, in plaats van met opzinken, den rijzendam weer verhoogen met rijspakwerk, gewoonlijk 4 à 5 m breed in aanleg met wederzijdsche hellingen van 1 op $\frac{1}{4}$ of $\frac{1}{2}$. Met die verhooging gaat men door totdat men kans ziet in één tij met een sluitkade over de geheele breedte boven water te blijven. Met die sluitkade wordt ook nu weer aan de wederzijdsche oevers begonnen zoodra bij vallend water de stroom, die over den dam trekt, daarvoor niet meer te sterk is. Met opspuiten kan worden doorgegaan tot het zand nevens het pakwerk is drooggevalen. Geheel of gedeeltelijk op dat pakwerk, werpt men nu snel een kade op van het daarnevens opgespoten zand. Aan de binnenzijde valt het water tot bovenkant paklaag, aan de buitenzijde valt het zand droog tot L.W. Daar zal dus het meeste zand voor de sluitkade moeten worden gegraven. Het buitenbeloop wordt versterkt met klei en schorkloeten of met riet- en rijbeslag. Gelukt het zoo niet de sluitkade tot boven H.W. op te werpen, voordat ook aan de buitenzijde al het opgespoten zand weer is ondergevoeld dan kan het, als daartoe tijdig maatregelen zijn genomen, soms nog gelukken de sluitkade te voltooien met van de oevers aangereden klei. Waar hier de ophoogingen in hoofdzaak bestaan uit zand, zal, als het mislukt om de sluitkade tijdig te voltooien, het verlies aan grond belangrijk kunnen zijn. Is de sluiting gelukt, dan wordt de voorversching spoedig doorgetrokken om ook bij hooge zomervloeden nog veilig te zijn.

Waar het al spoedig na den aanvang van de afdamming niet meer mogelijk zal zijn, aan de binnenzijde uit onderlossers te storten, wordt daar zooveel mogelijk gestort zoolang over den dam nog met volle of desnoods gedeeltelijk gevulde onderlossers kan worden gevaren, zonder evenwel den voortgang van de afdamming daarmee te vertragen. Aan de binnenzijde van de afdamming, wordt, ook waar de vaardiepte groot genoeg is, zelden of nooit gebaggerd of gezogen omdat men daar ongaarne land in water doet verkeer, maar vooral ook omdat de gelegenheid verloren gaat, om het materieel, na afloop van het werk, uit den polder weg te voeren.

Evenals bij de vorige werkwijze kunnen de opzinking en het pakwerk als buitenbegrenzing van den dijk dienen. Het opgespoten zand geeft daarbij al steun en bevordert de dichtheid.

Toch is het, ook met het oog op de duurzaamheid, nog beter om buiten nog zooveel grond te storten, dat de buitenberm op niet geringe breedte kan worden doorgetrokken en het beloop boven L.W. met steenglooing op een kleibekleding kan worden verdedigd zooals fig. 95 aangeeft.

In die fig. is het beloop beneden L.W. geheel afgedekt met zinkstukken. Dit is alleen in bijzondere gevallen noodig. Gewoonlijk kan met een kraagstukje op L.W. worden volstaan en kan, als het beloop flauw genoeg wordt aangestort, verdere verdediging achterwege blijven. Met het oog op kwel is bestorten van dat beloop met klei aan te bevelen.

Daar het prijsverschil tusschen rijswerk en grondverzet per eenheid steeds grooter is geworden en de middelen voor grondverzet veel sterker zijn geworden, zoodat men in korten tijd veel zand kan verwerken, is de neiging om minder rijswerk toe te passen steeds toegenomen.

Nu wordt, waar daartoe de gelegenheid bestaat of die zonder groote bezwaren kan worden geschapen, de afdamming niet meer aangevangen met grondstukken, doch met krachtig opstorten ter plaatse van de te maken afdamming.

Kan daarvoor over taaie grond worden beschikt, dan kan wegspoelen van grond of verdieping van den bodem worden voorkomen, althans zeer worden beperkt, door te beginnen met een betrekkelijk dunne laag te storten over een groote oppervlakte en verder groote hoogte-

verschillen te vermijden en flauwe belooopen aan te houden. Gebruikt men zand, dan is ook wel een goed resultaat te bereiken maar gaat toch veel specie, soms wel $\frac{2}{3}$ van wat wordt gestort, door wegstroomen verloren. Hoe grover het zand hoe meer blijft liggen. Vernauwing van de geul moet worden vermeden. Soms graaft men de oevers zelfs af om de vermindering van diepte door grooter breedte te compenseeren om zoo al te groote stroomsnelheden te voorkomen.

Is bij wisselend en vallend water de stroomsnelheid ten slotte zoo groot geworden, dat men met opstorten of spuiten weinig verder komt, omdat dan vrijwel alles wegspoelt wat in het vorig tij kon worden aangebracht, dan wordt een laag zinkstukken op één of op de beide belooopen gezonken, om den grond tegen verder wegstroomen te beschermen.

Dan gaat men verder met de ophooging, gedurende den tijd dat de stroom niet te fel is om den voortgang te beletten en bezinkt dan telkens de nieuwe ophooging vóór dat die weer weg kan stroomen. De plaats en de afmetingen van de zinkstukken worden zoo gekozen, dat, ook al stroomt een deel van de grondaanvulling weg, de stukken dan onder voldoende flauwe hellingen op elkander zakken en het grondverlies dan niet verder kan gaan, maar een dam van de vereischte afmetingen, in elk geval behouden blijft. De zinkstukken hebben hier dus slechts de bestemming den grond vast te leggen, zonder dat, zooals bij „stuk op stuk”, aan den kubieken inhoud of de dikte veel waarde wordt toegekend. De rijsvulling kan, mits de dichtheid voldoende is, daarom dunner zijn en wordt gedeeltelijk ook wel vervangen door dichtere of goedkoopere stoffen als riet, slecht hooi, koolzaadstroo enz.

Wordt in andere gevallen steeds, met het oog op kwel, gezorgd dat het rijswerk nergens van buiten naar binnen doorgaande lagen vormt en de deelen door kleikisten zijn gescheiden, hier zijn doorgaande of slechts door zand gescheiden lagen niet steeds te vermijden, waarbij echter het gevaar van kwel door het inwasschen met zand en door de groote breedte, niet

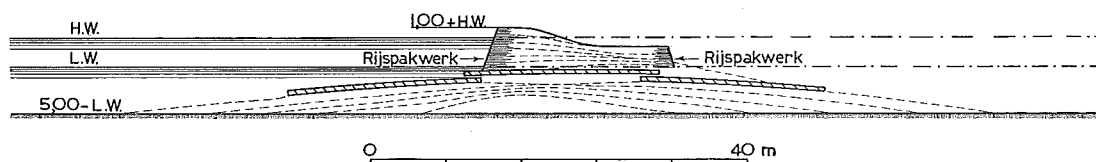


Fig. 96. Afsluiten van een geul, zonder rijzen dammen.

bijzonder groot blijft. Fig. 96. Bij voorkeur tracht men echter het met weinig of geen zinkstukken te doen, door den zandaanvoer grooter te maken. Hoe-hooger men met de opstorting vordert, hoe meer breedte die krijgt en hoe moeilijker het opstorten aan de binnenzijde wordt, tot opstorting daar tenslotte niet meer mogelijk is.

Het verlangen wordt dan groot om sneller omhoog te komen, waartoe men dan weer zijn toevlucht neemt tot rijslagen (paklaag) of wel lage walletjes van zakken zand maakt, een dikke wiep met palen bevestigt, enz. Achter een of tusschen twee van zulke keeringen wordt dan grond aangereden, in horizontale lagen over de volle breedte van de geul, gedurende liefst zoo weinig mogelijk tijen om tenslotte met het verhoogen van één walletje en het daartegen aanbrengen van grond ineens boven H.W. te komen.

Wil men doorgaan met het opspuiten van zand, dan is het raadzaam zoo snel te werken, dat de dam in één tij van L.W. tot even boven H.W. wordt verhoogd, omdat die dammetjes te zwak zijn om grondverlies te voorkomen.

Is de afsluiting tot H.W. tot stand gekomen, dan wordt op de bovenvermelde wijze de voorversching doorgetrokken en de dijk verder opgewerkt. Krachtig baggermaterieel en bakkenzuigers van groot vermogen zijn voor deze werkwijze noodig. Meer nog dan bij de methoden met rijzendammen is men afhankelijk van weer en wind en of die werkwijze inderdaad de

voordeeligste zal zijn, hangt vooral af van het tijverschil, de kracht van den stroom, vaardiepen, meer of minder beschutte ligging enz.

Als de af te sluiten geulen geen groote diepte beneden L.W. hebben en groot baggermaterieel daardoor niet, of elk tij maar zeer korten tijd tewerk kan worden gesteld, dan kan toch ook met per spoor aan te voeren grond, de afsluiting van de geul met geringe toepassing van rijswerk wel tot stand worden gebracht. Dit geschiedde b.v. in 1918 bij een inpoldering in den Braakman bij Philippine met 2 geulen tegelijk. De grond werd daarbij in hoofdzaak met de hand verwerkt. De geulen hadden ieder een wijdte van ongeveer 75 m bij een diepte van 1.— m — L.W. Het tijverschil bedraagt daar bijna 4.— m. Het in één tij van L.W. tot H.W. opspuiten van de afdamming zou hier niet mogelijk zijn geweest. Er werd wel een zandzuiger bij gebruikt doch deze kon de afdamming niet dicht naderen en voerde het zand aan door middel van een drijvende buis. Beneden L.W. werd een dammetje gemaakt van zand, dat uit de oevers van de geul werd gegraven, waardoor de breedte werd vergroot en de stroom door het dammetje niet werd geknepen.

Op de afgegraven oevers en het dammetje werd ter hoogte van L.W. een laag zinkstukken aangebracht, waarvan de vulling bestond uit een onderlaag van koolzaadstroo met een deklaag van rijshout. Door de zinkstukken werden 3 rijen palen geheid voor een brug, waarop ter hoogte van ruim 1.— m boven H.W. twee sporen met loopplanken tusschen en nevens de rails werden gelegd. Fig. 97 en 98.

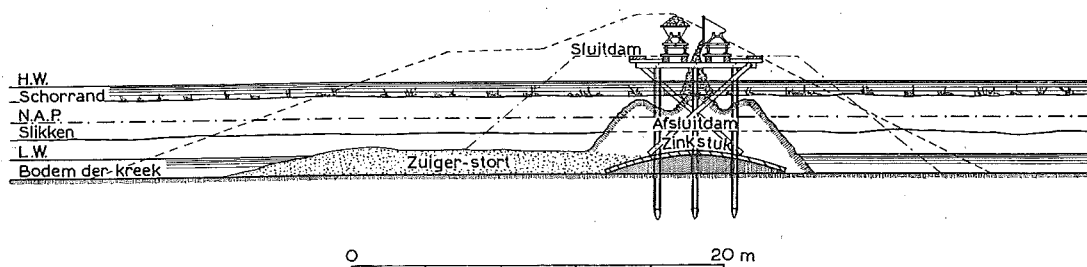


Fig. 97. Afsluiten van een geul door storten van grond van een steiger. Dwarsdoorsnede.

Toen op 1 Augustus tot sluiting der gaten werd overgegaan was de dijk ter plaatse van de beide geulen, overal opgewerkt tot ruim voldoende boven H.W.

Ter weerszijden van de geulen waren groote hoeveelheden grond in depôt gereden, die bij de dichting maar over geringe afstanden behoeften te worden vervoerd. Behalve naar deze gronddepôts liepen eenige sporen met wissels naar de dijkputten binnen de verschkade.

Bij de dichting werden de geladen treintjes tot de brug getrokken door paarden en hadden daar dan zooveel gang, dat ze zoover noodig op de brug doorliepen. De trekdraad werd even voor de brug losgepikt. Op de brug waren twee ploegen arbeiders uitsluitend belast met het kippen der karren. De ledige karren werden door arbeiders teruggeduwd naar de einden van de brug, waar de paarden weer werden aangespannen. Met het storten van grond werd aangevangen ter weerszijden buiten de geul zoodra daar de grond bij eb was drooggefallen. Terwijl men hier bezig was den dam tot H.W. op te storten vloaide het water over de zinkstukken uit den nieuwen polder. Zoodra over de stukken maar weinig stroom meer liep, werd ook daar grond gestort en reeds vóór het tijdstip van L.W. reikte de grond tot bovenkant brug en er was nu alle gelegenheid den dam tot H.W. zooveel te verbreedten, dat voor doorbreken geen vrees behoefde te bestaan. De brug was van bijzonder groot voordeel. Niet alleen dat nu het moeilijke en tijdrovende spoorleggen en omschiffen op het vaak weeke stort vervielen en het

ledigen der kipkarren vlotter ging, men kon ook veel vroeger met het storten met kipkarren aanvangen en het steeds krachtig blijven doorzetten.

Van in lagen opwerken, scherven en vasttrappen was nu uit den aard der zaak geen sprake, wat wel een nadeel is, maar het tijdig gereed zijn is bij zulk werk van zoo'n groot belang, dat aan de methode met een brug in de laatste jaren steeds de voorkeur is gegeven.

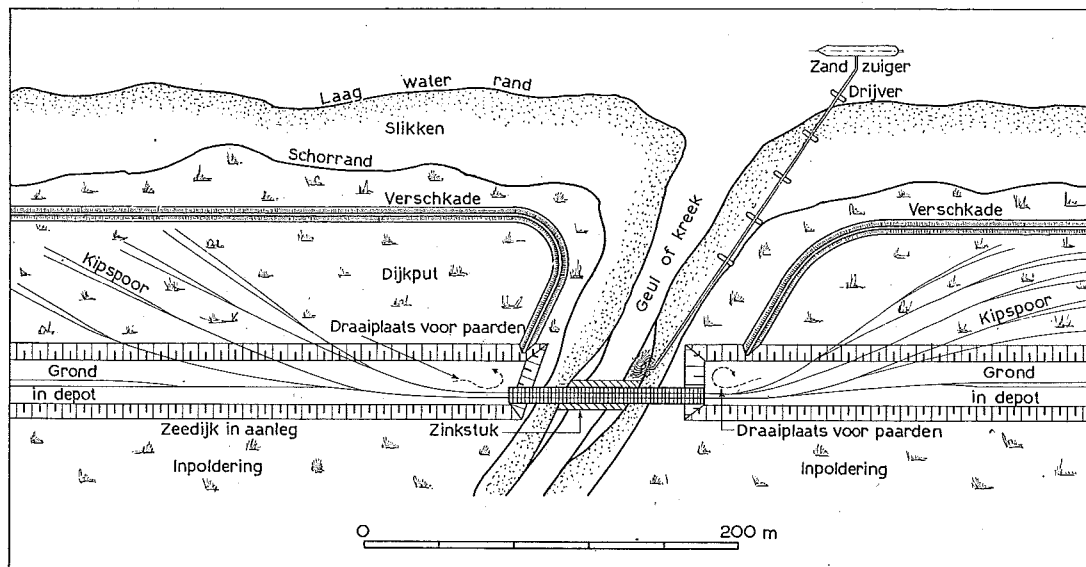


Fig. 98. Afsluiten van een geul door storten van grond van een steiger. Situatie.

Hier werden twee geulen tegelijk afgesloten daar men vreesde, dat door het afsluiten van de eene geul, de andere veel dieper zou worden omdat die dan bijna de dubbele hoeveelheid water zou moeten doorlaten. Aan de afsluiting van de twee geulen tegelijk werd door ruim 600 man gewerkt.

Naast den mond van een der geulen lag in diep water nog een zandzuiger, die met een drijvende persleiding zand tegen de zeezijde van den dam spoot. Nu het werk zoo voorspoedig verliep en de grond zoo snel kon worden aangevoerd had men de uitgaven voor het beteugelingsdammetje met bezinking wel kunnen besparen.

Echter zooiets is van te voren moeilijk te beoordeelen en er zijn gevallen, dat een kleine besparing tot in verhouding zeer ernstige gevolgen kan leiden; het lijkt nuttig hier ook zoo'n geval te vermelden.

Op 21 Juni 1911 zou de dijk van den Van Wuijckhuiseipolder in den Braakman onder Hoek worden gesloten. Er was maar één geul af te dammen. Deze had een breedte van 38 m. Den dag te voren ging men die breedte alvast beperken tot 30 m natuurlijk met de bedoeling, de sluiting op den volgenden dag te verlichten en te bespoedigen, doch toen men den volgenden dag het gat zou dichten was door die vernauwing de diepte zoo sterk toegenomen, dat de sluiting mislukte. Op de volgende dagen werd bij de nadering van springtijden de hoeveelheid water, die door de geul stroomde steeds grooter. Vloeide op 20 Juni 220.000 m³ in één tij door de opening, op 26 Juni was die hoeveelheid gestegen tot ongeveer 900.000 m³. De volgende dagen werd die weer minder maar inmiddels was de geul ter plaatse 50 m breed en zoo diep geworden, dat voor de dichting zelfs een andere plaats moest worden gekozen en alle kosten en moeite meer schade dan nut hadden gegeven.

Bij de bedijkingen met grondvervoer in langsrichting van den dijk, waarvoor toch al steigers door de geulen moeten worden gebouwd, worden deze steigers bij voorkeur ook voor de afdammingen gebruikt, al naar de omstandigheden met of zonder voorafgaande bezinking en medewerking van zandzuigers.

Van alle oudere afdammingen was die van het Sloe in 1871 ten behoeve van den aanleg van den spoorweg Roozendaal-Vlissingen verreweg de moeilijkste. Het tijverschil was daar gemiddeld 3.90 m. De lengte van de afdamming bedraagt ongeveer 1.000 m, waarvan 370 m op het schor en 230 m op het natte strand aan de zijde van Zuid-Beveland kon worden aangelegd.

Tusschen de wederzijdsche L.W. lijnen lag een geul van 365 m breedte, waarvan een gedeelte een diepte had van ruim 10 m — L.W. Het systeem met één rijzendam werd hier toegepast. Fig. 99 en 100.

Na uitvoering van de bezinkingen langs den dijk van den Susannapolder op Walcheren, waar de diepe geul dicht langs den dijk liep, werden ter plaatse van die geul grondstukken gezonken, die aan de noordzijde 20 m, aan de zuidzijde 15 m buiten den op te zinken rijzendam reikten. Intusschen werd op het schor aan den oostelijken oever een kade aangelegd van schorgrond van ongeveer 400 m lengte, reikende tot ruim de hoogte van springvloed. Vervolgens werd de geul in horizontale lagen opgezonden met stukken, die een rijsvulling hadden van 40—43 cm en die werden belast met ongeveer 30 ton steen en 5—13 m³ schorklei per 100 m². Het zinken verliep over het algemeen voorspoedig; slechts met een paar stukken had men moeilijkheden en een enkele maal kwam het voor, dat een gezonken stuk door den fellen eb-stroom weer boven water kwam. Aan de stukken kon men flinke afmetingen geven, tot 150 m lengte bij 20 m breedte.

Ter hoogte van L.W. werd de kruin van den rijzendam 18 m breed, met wederzijdsche taluds van ongeveer 1 op 1. Fig. 100. Toen de opzinking nagenoeg geheel tot L.W. was gevorderd en de rijzendam aan weerszijden was gesteund met baggergrond, die door 2 baggermolens werd opgebracht en met klepschouwen bij den dam werd gestort, wilde men den dam ineens opheugen van L.W. tot H.W. met rijspakwerk.

De bovenste zinkstukken moesten daarvoor extra zwaar worden bestort. Een dergelijke opheuging zou vele tijen vorderen, waarbij de stroomgeul steeds smaller zou worden.

Het vloedwater kon zoowel langs de noord- als de zuidzijde langs ruime wateren den dam bereiken maar de tijden van H.W. vielen niet samen en hoe meer de geul werd vernauwd hoe grooter dat verschil werd en hoe meer verval op den dam ontstond. Dat verval liep soms op tot bijna 1.— m en stroomsnelheden van 3.— m per seconde moeten daarbij zijn voorgekomen. Beschadiging van den dam en het ontstaan van diepe kuilen in den bodem van de geul bleven daarbij niet uit, doch konden telkens weer worden hersteld en aangevuld. Het rijspakwerk werd, aan beide zijden van de geul, elk tij zooveel verlengd als men in dat tij tot boven H.W. kon komen. Bij het aanbrengen van elke laag moest men het rijzen van het water voor blijven, want overstorting had onvermijdelijk verlies van grond, die het pakwerk moest steunen, vertraging en achteruitgang, tengevolge. Het einde van elk vak pakwerk werd zwaar met steen bezet. Daar was de stroom bijzonder fel en wentelde de steenen van 40 tot 100 kg van hun plaats, als deze niet extra door staken werden gesteund.

Het tot boven H.W. opgewerkte gedeelte van het pakwerk moest herhaaldelijk worden verhoogd, doordat de rijzendam sterk inklonk. Het mocht gelukken zonder veel tegenslagen het rijspakwerk geheel door te trekken en den dam tot den H.W. stand te sluiten. Dit geschiedde op 12 Juli 1871, nadat men op 14 Juni te voren den dam op L.W. al te voet had kunnen passeeren. De verhooging van L.W. tot H.W. had hier dus ongeveer een maand tijd gevorderd.

Toen het rijspakwerk was gesloten, werd de dam verhoogd met een kaadje van klei, waarmee men binnen enkele dagen voorloopig gereed was, doch dat men telkens moest verhoogen

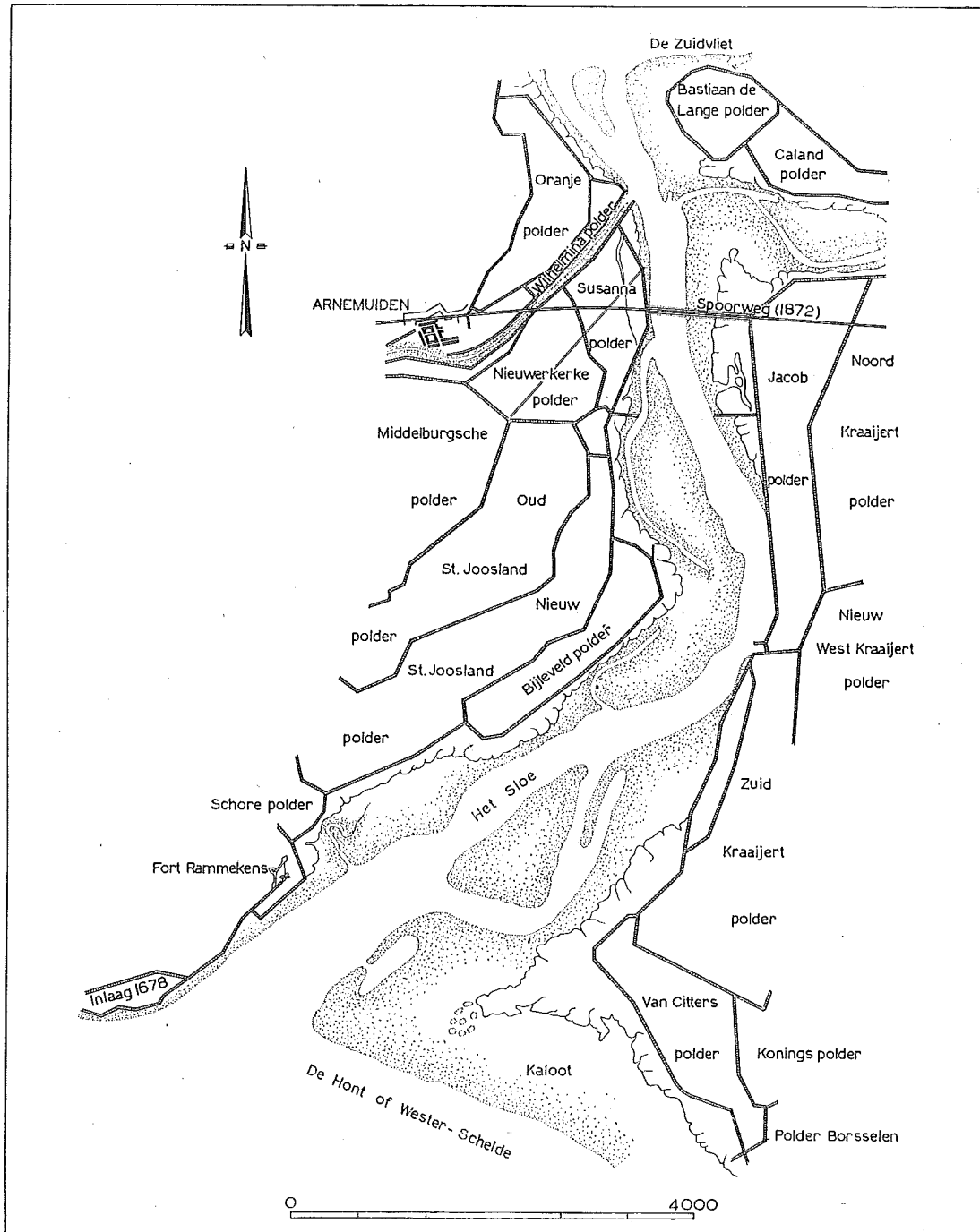


Fig. 99. Sloedam. Situatie.

en verzwaren, mede omdat de rijzendam bleef zakken, tot deze tenslotte een inklinking tot 1.80 m had ondergaan.

Het was van het grootste belang, te voorkomen, dat de kleikade zou overvloeien en doorbreken en dit is ook gelukt, hoewel die kade bij een hoog tij kort na de sluiting, nauwelijks

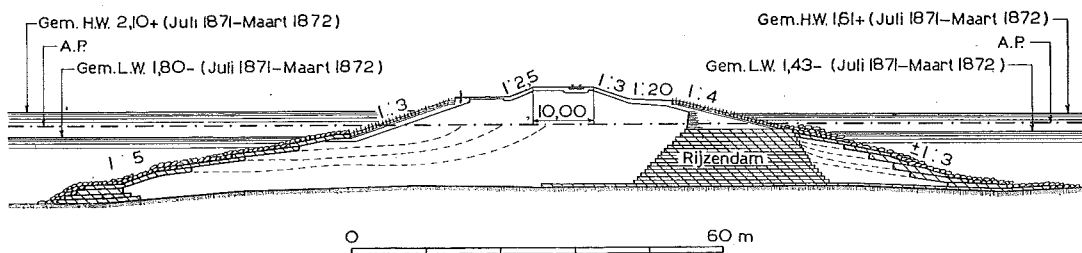


Fig. 100. Sloedam. Dwarsprofiel.

50 cm waakte en een vrij groot tijverschil moest keeren. Na de afsluiting kon de dam verder geheel in stil water vlot worden afgewerkt daar nu geen grondverlies meer plaats had. Op 1 December 1871 werd de laatste trein grond aan den dam gereden, op 21 December kon het werk geheel worden opgeleverd, 7 maanden binnen den in het bestek bepaalden termijn.

Bij het uitvoeren van de Zuiderzeewerken kwam het dichten van sluitgaten van ongekende afmetingen aan de orde. Met het oog op de vele moeilijkheden en tegenslagen, die elders bij dergelijk werk al bij zooveel kleinere afmetingen van de geulen was ondervonden, werd door velen het dichten van het laatste gat in den Afsluitdijk vrijwel onmogelijk geacht en zou, meende men, daardoor het geheele werk moeten mislukken. Anderzijds werd geoordeeld, dat voor werken van dezen omvang de van ouds bekende materialen, rijshout en grond, ontoereikend zouden zijn en dat alleen het nieuwe materiaal gewapend beton, kansen op een goeden uitslag bood.

Wie met werken op tij, in stroomen en golven, goed bekend is, weet echter, dat daarbij de omstandigheden en afmetingen snel wisselen en slechts met constructies, die niet lang te voren al moeten worden gemaakt en met materiaal, dat zonder allerlei voorbereiding gemakkelijk snel en in groote massa kan worden aangevoerd, het gewenschte resultaat kan worden bereikt.

De Directie van de Zuiderzeewerken heeft zich dan ook niet van de wijs laten brengen. Zij vond in de keileem, die in de nabijheid, of op niet grooten afstand, aan den zeebodem kon worden ontleend, zooveel men maar noodig had, een bijzonder geschikt materiaal, dat zich liet baggeren en storten en zelfs veel beter dan klei tegen wegstroomen bestand bleek, terwijl geen gebrek aan ruimte en vaardiepte hier een beletsel zouden vormen om baggermaterieel enz. van groote capaciteit in groot aantal te werk te stellen.

In plaats van dat niet te overwinnen moeilijkheden het werk deden mislukken, hebben de verschillende dichtingen van sluitgaten geen bovenmatige inspanning gevorderd en zijn die zelfs voltooid met zeer weinig rijswerk.

De eerste bij de Zuiderzeewerken uitgevoerde dichtung was die in den Afsluitdijk door het Amsteldiep tusschen het vaste land van Noord-Holland en Wieringen.

Zoals reeds in de vorige paragraaf is vermeld, heeft men daar door beteugelingsdammen van grond, gedekt met zinkstukken en keileem, de diepte van de geulen ter plaatse van de afdamming belangrijk kunnen verminderen en vastleggen, zonder dat dit leidde tot verdieping op andere plaatsen door wegstroomen van grond.

Daardoor kon buiten die geulen de dijk geheel worden gemaakt zonder bodembezinking

en was een der beteugelingsdammen als aangewezen voor de plaats van het sluitgat.

De kruin van de beteugelingsdammen was niet bezonken doch bestort met keileem tot de hoogte van 4.50 m — N.A.P. Nu werden die dammen met keileem opgestort tot 3.30 m — N.A.P., en op de plaats van het sluitgat werd over 300 m lengte een rij zinkstukken van 16 m breedte gezonken, totaal dus 4.800 m². Toen het sluitgat nog wijder was dan het nieuw bezonken vak van 300 m ontstonden al sterke stroomingen van 3 à 4 m per seconde. De vloedstroom, die nu rondom Wieringen trok, bereikte de afdamming met veel vertraging, zoodat het tij bezuiden den dam hoe langer hoe meer achter kwam bij dat benoorden den dam, met een sterk verval op den dam als gevolg.

Plaatselijke uitkolkingen van den zeebodem en in de keileemafdekking met afschuiven van de belopen van den dam en het verzakken van zinkstukken kwam nu voor, waarbij gaten ontstonden tot 10 m diepte doch door het bijstorten van keileem met twee grijperkranen konden alle gaten tijdig weer worden gevuld.

Toen eenmaal het gat tot de nieuw bezonken 300 m was vernauwd, kon men met de verdere sluiting vlug opschieten. Daar was de diepte nog slechts 3.— m en door het samentrekken van den stroom verplaatste de zône van de grootste stroomsnelheden zich van op- tot benedenwaarts buiten den dam en was op den dam de stroomsnelheid niet meer dan 70% van het maximum.

Ook bij de felste stroomingen ging maar weinig keileem verloren. De kop van den keileemdam aan de Wieringsche zijde lag, zonder bescherming van zinkstukken, ongeveer 2 maanden in de getijstroomen, zonder dat van merkbaar grondverlies sprake was. Op andere plaatsen ervoer men echter, dat bij grootere stroomsnelheden dan 1.50 m per seconde, de keileem afschuurt en men dan met het materieel ook minder vlot kan werken.

Het gat werd gesloten met een keileemdam door opstorten met onderlossers tot ongeveer 1.— m — N.A.P. verder door opstorten met een grijperkraan tot boven water en vervolgens door tot boven H.W. opstorten en verzwaren met een tweede kraan, waarbij de dam regelmatig werd vooruitgewerkt. De keileem nam daarbij een beloop aan van ongeveer 1 op 4.

Achter de kranen aan werd door opstorten en daarachter door opspuiten, het zandprofiel van den dijk langs den keileemdam opgewerkt en zonder veel tegenspoed kon zoo het sluitgat vlug worden gesloten.

Doordat de keileem zoo goed weerstand bood aan den stroom en dit materiaal met grijperkranen van groot vermogen werd opgestort, was ophoogen met zinkstukken en met rijspakwerk in het geheel niet noodig.

De tweede dichting geschiedde in den dijk om de Wieringermeer. In 1929 moesten in dien dijk twee sluitvakken, samen lang 6174 m worden gesloten n.l. een vak van 1462 m tusschen Medemblik en de Oude Zeug en een opening van 4712 m bezuiden Wieringen.

De opening bij Medemblik werd zonder veel moeite gesloten door het storten van een keileemdam. De stroom was daar niet sterk. Uitschuren van den zeebodem en wegstroomen van keileem, kwam vrijwel niet voor; met de werktuigen had men van den stroom geen grooten hinder. Met het laatste gat, dat nabij Wieringen, had men meer moeite. Toen dit gat tot ongeveer 3000 m was vernauwd door den dijk geregeld vooruit te werken, werd besloten, verder op den bodem eerst een laag keileem te storten. De diepte was veelal te gering om twee onderlossers op dezelfde plaats te storten, waardoor de laag zeer onregelmatig werd. Hier en daar stroomde ze weg en er ontstonden gaten van 8 tot 11.— m — N.A.P.

Die gaten werden met keileem volgestort, maar inmiddels konden de grijperkranen niet opschieten. Door den fellen stroom was het dikwijls noodig, een bak met grond door 3 à 4 sleepbooten te doen trekken. De maximale stroomsnelheid bleek bij metingen tot 2.80 m per seconde te bedragen.

Toen men tenslotte meende de laatste opening te kunnen dichten, mislukte dit, doordat een

diepe kuil ontstond. Na twee dagen was die kuil weer gevuld en daarna kon men het gat dicht krijgen.

Hier is het dus gelukt den dijk te sluiten geheel zonder bezinking of ander rijswerk, waartegenover een grooter grondverzet staat dan bij voorafgaande bezinking noodig zou zijn geweest. Het grondverzet zou men ongetwijfeld nog hebben kunnen beperken, als meer materieel was tewerk gesteld en de bodem van het sluitgat over grooter oppervlakte en meer regelmatig vooraf met keileem ware bedekt.

Na de dichting van de sluitgaten in den Wieringermeerdijk in 1929, kwam in 1931 en 1932 de dichting van de belangrijkste sluitgaten, die in den Afsluitdijk tusschen Wieringen en de Friesche kust, tot uitvoering. Evenals in het Amsteldiep werd hier de sluiting voorgenomen ter plaatse waar diepe geulen voorkwamen, n.l. in het Gaatje bij Wieringen, in de Vlieter, tusschen het Gaatje en Breezand en in de Middelgronden bewesten Kornwerderzand.

De bedoeling was aanvankelijk de 3 gaten, later om de twee laatstgenoemde gaten, gelijktijdig of althans in hetzelfde werkseizoen, te dichtten. De omstandigheden leidden er echter toe, dat het Gaatje in 1930 werd afgesloten en het sluitgat in de Middelgronden in 1931 werd gedicht, nog wel in het late najaar, wat men in elk geval had willen vermijden, terwijl het sluitgat in de Vlieter in het voorjaar van 1932 werd gesloten. Het den winter overliggen van den Afsluitdijk met maar één gat open, — het was 2.805 m wijd en had over de volle breedte een met zinkstukken afgedekten beteugelingsdam van keileem, heeft geen bezwaren opgeleverd. Het in het najaar van 1930 afgedamde *G a a t j e* had eerst geen beteugelingsdam. Kort voordat de dijk daar werd doorgetrokken, werd een lage keileemdam gestort om uitschuring te voorkomen, waarna, dank zij ook het goede weer, het opwerken van den dijk zonder moeilijkheden volgde. Deze dichting verliep dus bijzonder vlot.

Toen in Februari 1931 het werk aan den Afsluitdijk werd hervat, lag in en nabij de *M i d d e l g r o n d e n* een gat open, dat ongeveer 5 km wijd was, fig. 101, en waar de bodem over 3.500 m geen bedekking had. Verder lag er de beteugelingsdam, lang 1.250 m terwijl op de rest, nadat de bodem daar was uitgestroomd, keileem was gestort. Zooals reeds werd vermeld, had de beteugelingsdam, fig. 102, een kruinsbreedte van 48 m, zoodat alleen de keileemdam daarover kon worden doorgetrokken. De hoogte was deels 3.50 — N.A.P., voor een ander deel — ten behoeve van de scheepvaart — niet hoger dan 4.50 m — N.A.P. De beteugelingsdam was opgestort van keileem, de bezinking daarop had een breedte van ongeveer 100 m. Zinksteen van de gewone soort en afmetingen zouden zonder bijzondere maatregelen door den fellen stroom kunnen worden meegevoerd, zooals de ervaring bij aanleg van den Sloedam in 1871 en proeven in waterbouwkundige laboratoria, hadden bewezen. Zelfs bij steenen van 2000 kg per stuk zou wegstroomen niet zijn uitgesloten. Om dat wegstroomen te voorkomen werden op de zinkstukken, die de kruin zouden afdekken, geen tuinen gezet, maar werden de wiepen van het bovenroosterwerk, die loodrecht op den stroom loopen, om de derde, 30 à 40 cm dik gemaakt. Daartusschen werden steenen gestort van 80 tot 200 kg per stuk, 0.5 ton per m². Om de stukken sterker te maken, werden de dikke wiepen omwikkeld met staaldraad terwijl sjoerings van stalen raamkoord het onder- en bovenroosterwerk verbonden. Die stukken waren in 1929 gezonken. In 1931 bleken ze door paalworm te zijn aangetast en was het staaldraad sterk geroest waarom het veiliger werd geacht, de dichting hier niet tot 1932 uit te stellen, doch die al in 1931 te ondernemen. Nu moest dus de dijk over de volle 5 km, die het gat wijd was, worden gemaakt en moest daarbij zoo vroegtijdig tot het sluitgat reiken, dat dit vóór het ongunstige seizoen kon zijn gedicht. Gezien de in vorige jaren bereikte vorderingen, leek de verlenging van de eerst voorgenomen 3.260 m tot 5.000 m geen te zware opgaaf. (Tusschen Breezand en de Vlieter wou men dat jaar tevens nog 4.074 m dijk leggen). Behalve de diepe,

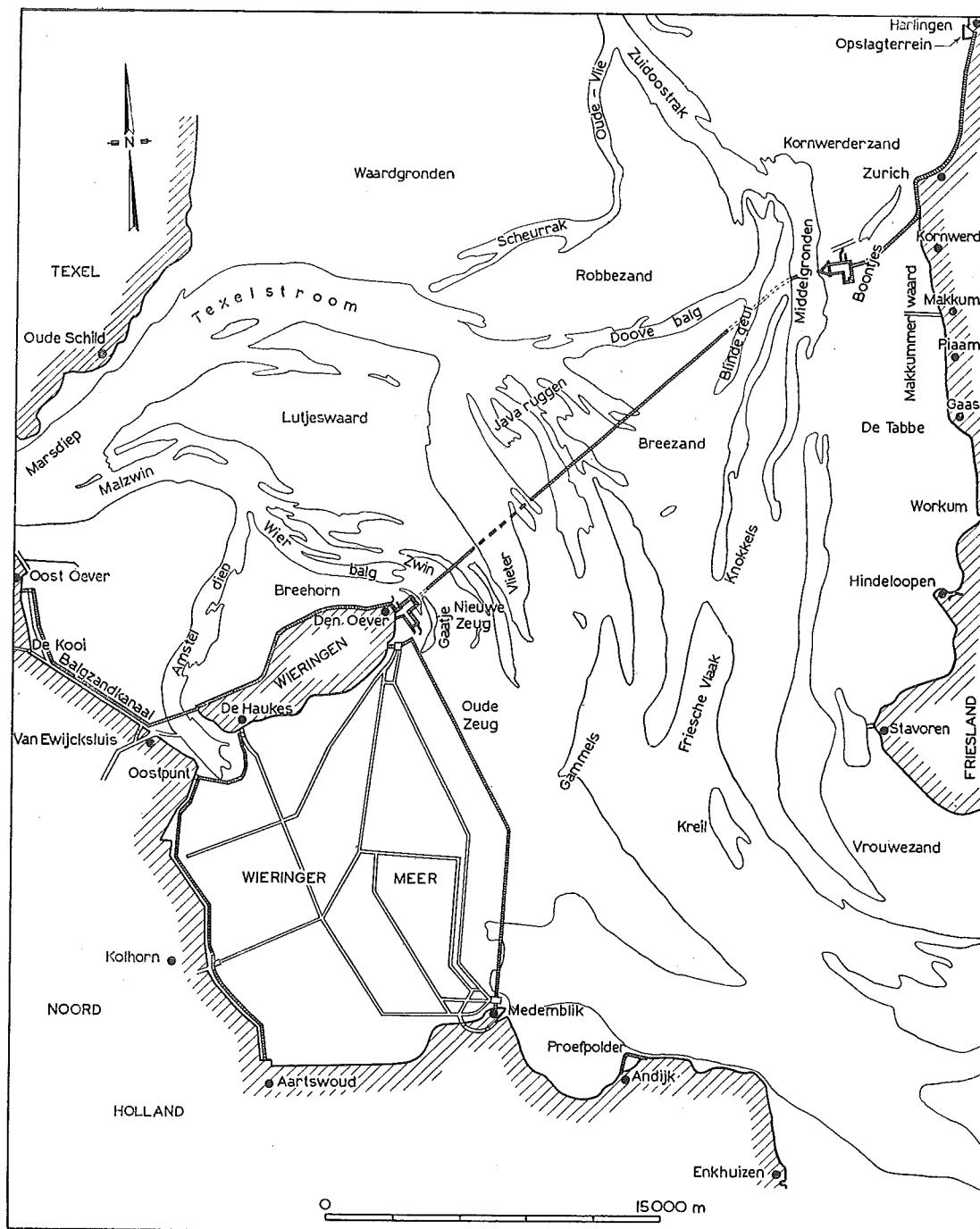


Fig. 101. Afsluitdijk van de Zuiderzee. Sluitgaten.

nu beteugelde geul de Middelgronden, aan de oostzijde van het gat, moest — aan de westzijde — de minder belangrijke Blinde geul worden gekruist.

In de andere niet zeer diepe geulen als het Zwin en het Gaatje had men een keileemdam gestort zonder bezinking en die voorziening was bij het doortrekken van den dijk voldoende gebleken en had geen bijzondere bezwaren opgeleverd. Daarom werd nu op den bodem van

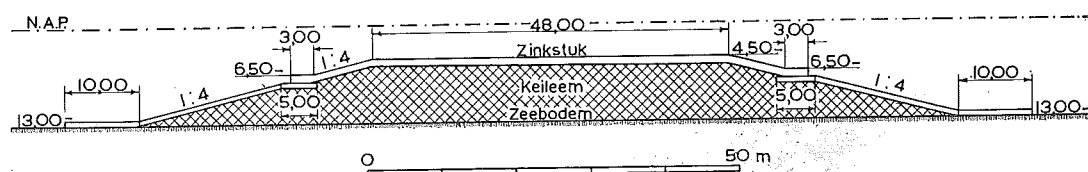


Fig. 102. Afsluitdijk van de Zuiderzee. Beteugelingsdam in de Middelgronden.

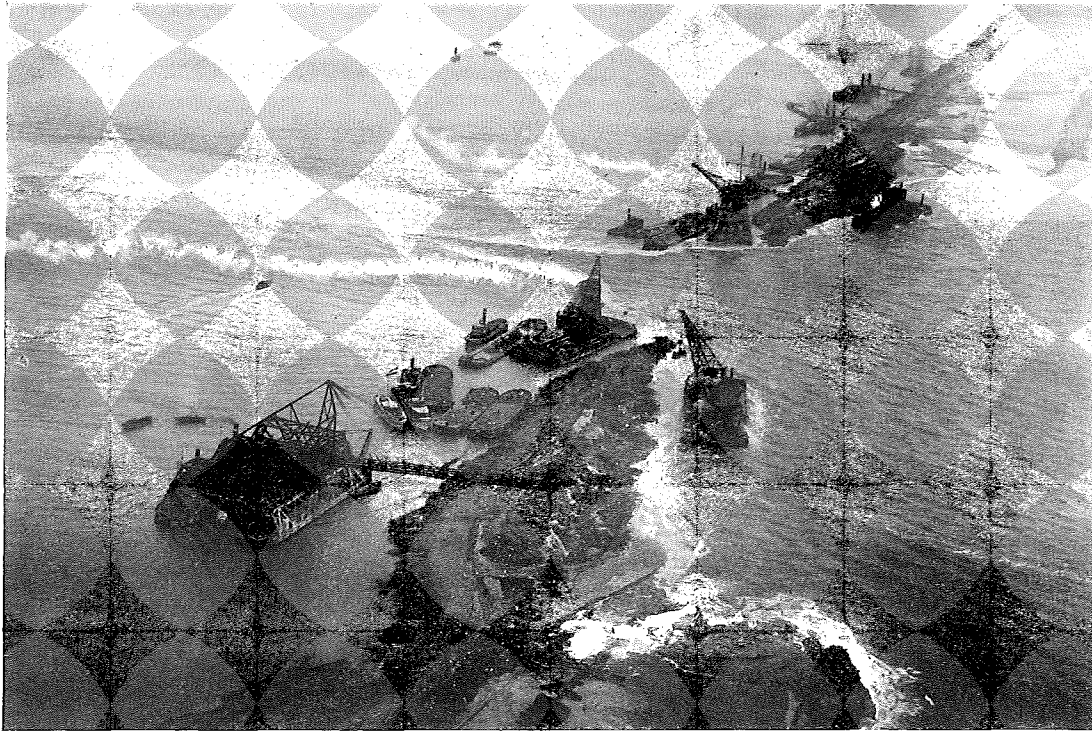
de Blinde geul ook een beteugelingsdam van enkel keileem gestort, die zich aanvankelijk ook goed hield. Aan het sluitgat in de Middelgronden zou niet krachtig kunnen worden gewerkt zoolang de Blinde geul nog niet geheel was afgesloten. Aan weerskanten van die geul begon men daarom met den aanleg van den dijk, om zoo naar elkaar toe te werken. Al spoedig bleek, dat men die geul had onderschat want nu die werd vernauwd bleek de bescherming van den zeebodem geheel onvoldoende. De beteugelingsdam verzakte voor den kop van het werk soms tot 11.— m — N.A.P. en bijna al de keileem die het materieel kon aanvoeren, moest dienen om diepe gaten te dichten, zoodat de dijk zeer traag vorderde. Daarbij kwam nog, dat het weer veelal slecht was en als de keileemdam ergens eindelijk boven water reikte, de golven hem weer afslechtten. De hooge taluds, die de keileemdam bij de diepe gaten kreeg, zakten uit onder een flauwer beloop, wat men wel trachtte te voorkomen met zinkstukken echter zonder veel succes te bereiken. Aan de koppen ontstonden buiten den beteugelingsdam nu verdiepingen, die gingen tot 18.— m — N.A.P. Hier dreigde de mislukking. Nu nog te gaan bezinken was door de steeds felle stroomingen vrijwel ondoenlijk. Daarom werd bijna al het voor en aan den dijk werkende materieel op de Blinde geul samengetrokken om door het storten van enorme hoeveelheden grond, de uitschuring vóór te blijven. Zoo mocht het gelukken de moeilijkheden te boven te komen tot eindelijk de keileemdam door de Blinde geul was gesloten, daarna kon het werk verder in stil water worden uitgevoerd.

Maar nu was het inmiddels einde September geworden, veel te laat eigenlijk voor het nog gaan dichten van een sluitgat van den omvang als in de Middelgronden.

In Juli was al ruim 400 m keileemdam tot boven H.W. opgestort, maar dat was, gezien de tegenspoed in de Blinde geul, ontijdig geweest; men had er niet mee door kunnen en durven gaan en zoo stond men eind September voor de dichting van een gat van nog 1.100 m wijdde. Al het materieel, dat nu in de Blinde geul vrij kwam, aangevuld met nog eenige andere werktuigen werd erbij te werk gesteld een vloot vormend van:

11 baggermolens;	2 lange arm kranen;
6 grondzuigers;	2 kranen;
7 perszuigers;	3 steentransporteurs;
2 hoppers;	37 onderlossers;
2 transporteurs;	60 elevatorbakken;
4 gewone keileemkranen;	35 zolderbakken en
	60 sleepbooten.

waarmede men de onderneming durfde te wagen. Met dit materieel werd een grootste grondverzet per week bereikt van 330.000 m³ zand en 92.000 m³ keileem. Het opspuiten van zand ging in den regel door van 5 uur v.m. tot 11 uur n.m. De transporteurs werkten vaak ook 's avonds bij sterk kunstlicht.



Luchtfoto K.L.M.

Fig. 103. Bouw van den Afsluitdijk in de Middelgronden, twee dagen voor de sluiting, gezien van de zijde van het Breezand. November 1931.

In het sluitgat en aan het vooruit brengen van de koppen van den keileemdam kon echter alleen bij daglicht worden gewerkt.

Herhaaldelijk ontstonden aan beide zijden vlak bij den kop van den vooruit gebrachten keileemdam, kratervormige verdiepingen (z.g. kopeffect). Sommige daarvan waren 28.— m — N.A.P. diep. Bij een er van verzakte de keileemdam, waarom men die dam er 20 m binnenwaarts omheen heeft gelegd, om zoo lang oponthoud te vermijden. Het weer hielp gelukkig nogal mee. Een paar stormachtige weken gaven wel vertraging en wat betreft den keileemdam zelfs beteekenenden teruggang, maar hevige stormen bleven uit en toen eenmaal was bereikt, dat de opening nauwer werd dan 400 m (begin November) verliep de verdere dichting zoo vlot, dat op 22 November het gat was gesloten. Er is nog enkele keeren water over de dichting gespoeld, het laatst bij stormachtig weer op 4—6 December, doch dit heeft geen ernstige gevolgen gehad.

De sluiting was dus gelukt doch inmiddels had men al maatregelen genomen voor het tegengestelde geval. Langs 500 m beteugelingsdam had men de bezinking aan weerszijden met 50 m verbreed, teneinde het bovenvermelde kopeffect uit te schakelen. Bovendien werd over die lengte van 500 m de kruin over 10 m breedte bestort met materiaal, in hoofdzaak zwaarspaath, dat een s.g. had van 4.2 à 4.5 in stukken van 10 tot 80 kg. Verder werden dwars over den dam om de 2 à 2½ m oude zware scheepskettingen strak gelegd die aan de einden met ongeveer 500 kg oud balkijzer waren verzwaaard om zoo te verhoeden, dat de zinkstukken zouden verloren gaan, als de draden en sjorrings geheel mochten doorroesten of af werden gerukt.

Van de verbreding der bezinking heeft men bij de sluiting het voordeel gehad, dat daar geen diepe kuilen en geulen langs de kanten van den keileemdam konden ontstaan.

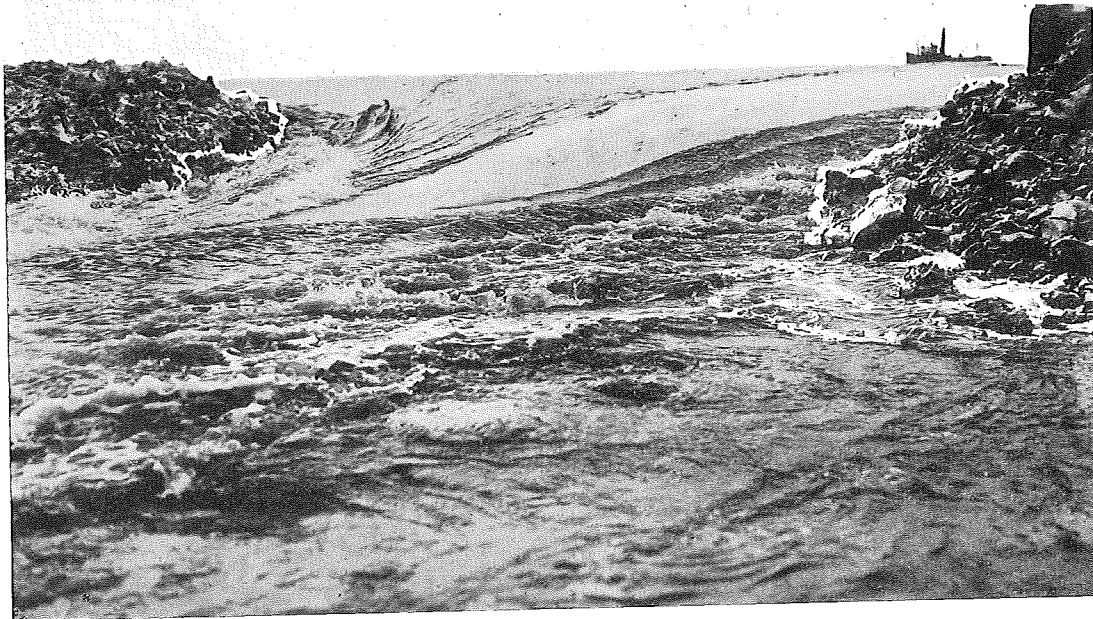


Foto Maaskant. Hippolytushoef.

Fig. 104. Ebstroom door het sluitgat in de Vlieter op den voormiddag van den dag der sluiting (28 Mei 1932) bij een verval van 1.10 m.

Na het sluiten van het gat op 22 November is de dijk verder opgewerkt en met steenglooing bekleed, buiten tot $4\text{ m} + \text{N.A.P.}$ binnen tot $2\text{ m} + \text{N.A.P.}$ met een rug keileem langs den bovenkant van die steenbezettingen. Op een deel werd nog noodbeslag gelegd en toen op 24 December het werk werd stilgelegd, achtte men alle gevaar geweken.

Toen in het voorjaar het werk werd hervat moest wel veel kraagstuk worden hersteld en steenglooing worden herzet, terwijl de dijk werd recht gemaakt waar men met den keileemdam om een diepe kuil was heengebogen.

Het laatste gat, wijd 2.805 m in de Vlieter, moest nu nog worden gesloten.

De zinkstukken op den beteugelingsdam had men in 1931 op dezelfde wijze als die in de Middelgronden versterkt met oude scheepskettingen en bestorting met materiaal van hoog s.g. over 10 m breedte. Men was daarbij ook begonnen, de bezinking aan weerszijden met 50 m te verbreed en dus op ongeveer 200 m breedte te brengen. Met bezinken werd vrijwel den geheelen winter doorgestaan met meerdere ploegen. Een maximum van 5 stukken per dag van te zamen 7.500 m^2 en 20 stukken per week van te zamen 30.000 m^2 , werd daarbij bereikt. Het bleek dat aan weerszijden van den beteugelingsdam al gaten waren gespoeld tot een diepte van 9 m. Vóór het bezinken werden de diepste gaten met keileem volgestort. De stukken konden bijna alle goed op hun plaats worden gebracht; geen enkel ging verloren. Begin Mei kwam men met het bezinken over 2500 m lengte gereed. Slechts 300 m van den bodem van het sluitgat had geen bezinking. Omstreeks 1 April 1932 was inmiddels met de sluiting aangevangen; bijna al het materieel dat het vorig najaar in de Middelgronden was gebezigd, werd nu

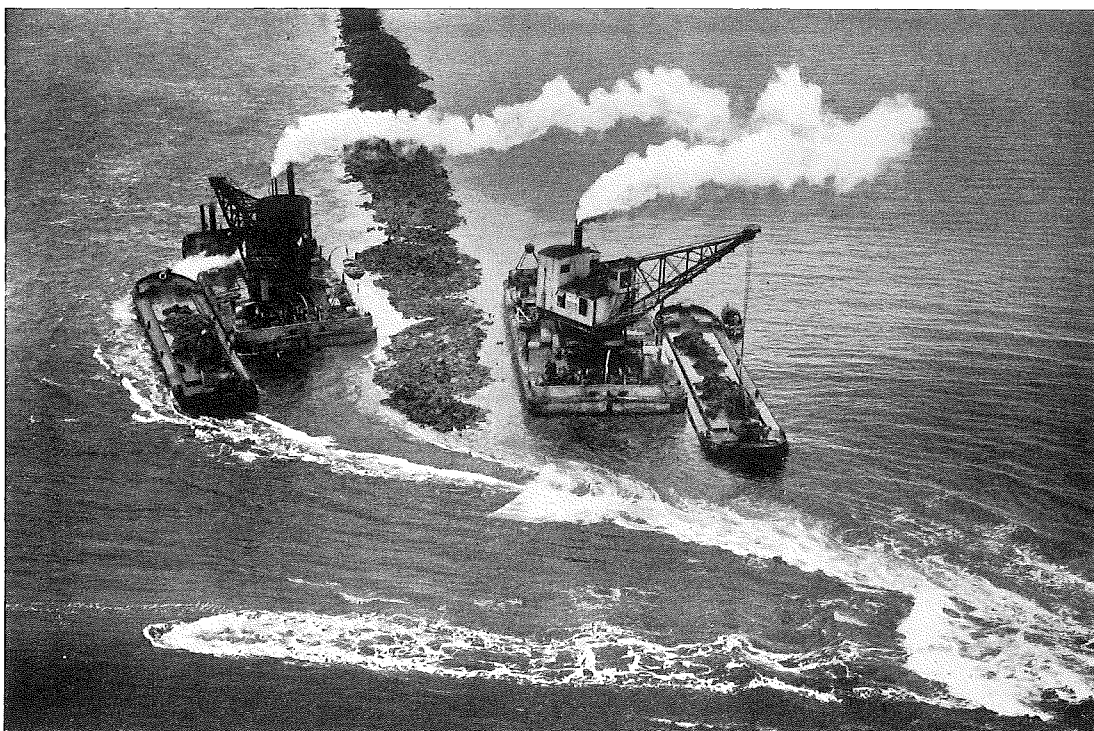


Foto Fototechnische Dienst de Kooy.

Fig. 105. De laatste opening in den Afsluitdijk 3 dagen voor de sluiting.

weer tewerk gesteld. Aan beide kanten werd begonnen en dus naar elkaar toe gewerkt. Waar keileem was gestort volgden terstond de kranen om den keileemdam tot boven water te verhoogen. Het kopeffect duurde op een bepaalde plaats bij deze werkwijze maar kort en de verbreede bezinking voorkwam daarbij het ontstaan van diepe gaten naast den keileemdam en daardoor ook, het verzakken van dien dam. De dichting had nu een regelmatig verloop. Elke week werd het gat 200 à 400 m gemiddeld 350 m nauwer. Op 9 Mei waren de uitwateringssluizen bij den Oever bedrijfsklaar geworden en werd begonnen met spuien, om het gemiddelde verschil in waterstand binnen en buiten den dijk zoo mogelijk wat te verkleinen. Het verval in het gat was bij eb hoogstens 1.25 m bij vloed hoogstens 0.79 m.

De grootste gemeten stroomsnelheid was 4.10 m seconde bij 0.70 m verval. Snelheden van 5 m en plaatselijk van 6 m moeten zijn voorgekomen, maar ook bij die groote snelheden leed de versterkte bekleeding van den beteugelingsdam geen schade.

Op 28 Mei al, dus binnen 2 maanden, waren de koppen van de keileemdammen elkaar zoo dicht genaderd, dat te 13.02 uur op dien dag de grippers het laatste geultje konden dicht storten en was de sluiting, die zoolang op de verbeelding van tallozen had gewerkt een voldongen feit geworden.

§ 20. Verhooging, verzwaring en verbetering van bestaande zeedijken.

Het verbeteren van bestaande dijken bestaat in hoofdzaak uit:

- a. het verhoogen en verzwaren met grond;
- b. het bouwen van een muur op de kruin om het overloopen van golven te beletten;

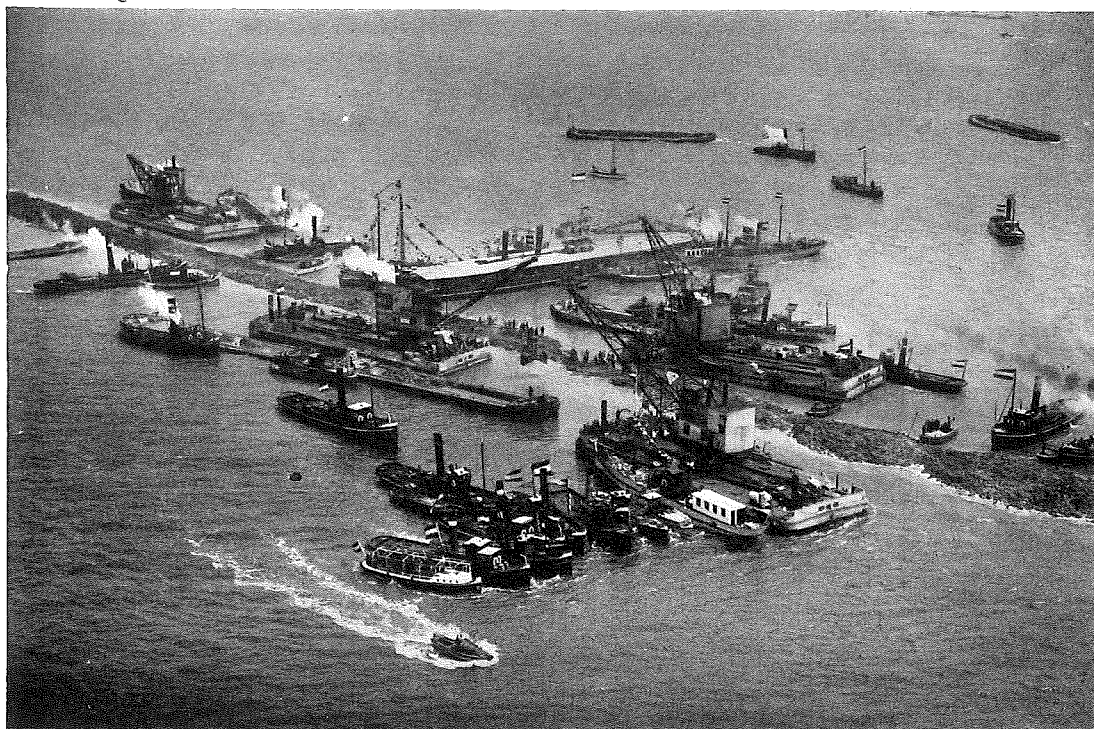


Foto Fototechnische Dienst de Kooy.

Fig. 106. Het Historische oogenblik van het sluiten van den keileemdam in de Vlieter, in het laatste sluitgat van den Afsluitdijk van de Zuiderzee, op 28 Mei 1932 te 13 uur 2 minuten.

- c. het steunen van het binnenbeloop door bermen, het draineeren of flauwer leggen van dat beloop;
- d. het aanbrengen van een sterkere verdediging op het buitenbeloop;
- e. het aanbrengen of versterken enz. van schermen of staketsels.

a. Het verhoogen van een dijk met grond is een veelvuldig voorkomend geval. Vrijwel alle oude dijken hebben eenmaal, vele zelfs meermalen een verhooging ondergaan. Deze waren noodig geworden òf omdat de dijk te laag was aangelegd, òf omdat hogere stormvloeden of(en) sterker golfoploop voorkwamen dan waarop de dijk was berekend òf wel, doordat de zate was gezakt, de dijk was ingeklonken enz. enz.

Moet men den dijk verhoogen, dan worden gewoonlijk tegelijk ook andere verbeteringen aangebracht, maar niet zelden ook gaat verhooging gepaard met verslechtering in ander opzicht, b.v. door het steiler maken van de belooen.

Het eenvoudigste geval is wel, dat een geheel aarden dijk met grond wordt verhoogd.

Verhooging van de kruin brengt onvermijdelijk met zich mee, dat de belooen worden gewijzigd of althans dat één hooger wordt opgetrokken en het andere wordt gewijzigd.

Het is een veel omstreden vraag wat het beste is, het buiten- of het binnenbeloop te wijzigen. Tegen beide oplossingen zijn bezwaren aan te voeren.

Verzwarend van het buitenbeloop maakt noodig, de grasnerf te verwijderen en den grond om te spitten, om een goede aanhechting van het nieuwe aan het oude werk te bevorderen.

De nieuw opgebrachte grond en de nieuwe bezoding zijn lang niet zoo goed tegen golfslag bestand, als de oude en dat duurt vaak jaren. Het is dan ook meermalen voorgekomen, dat vrijwel al de nieuwe grond wegsloeg en de oude grond door het ontzoden en omspitten minder weerstand kon bieden aan den golfslag, dan te voren, dat dus in de eerste jaren de ophooging eer een verslechtering was dan een verbetering.

Wordt het buitenbeloop opgehoogd, dan moet vette klei worden gebruikt, moeten alle bonken goed fijn gescherfd worden en dient de grond zeer stevig gestampt of door paarden vastgetrapt te worden. Daarbij moet het nieuwe beloop worden bezood en bekramd, of soms tijdelijk met rijsbeslag worden verdedigd. Een voordeel is, dat de grond wordt aangebracht aan de waterkeerende zijde en, als die grond geschikt is, daarmede de kleibekleding wordt verzaard. Betreft de verzwareing de geheele breedte van het buitenbeloop dan kan dat beloop vaak meteen flauwer worden gelegd en onregelmatigheden worden weggenomen en een te smalle kruin worden verbreed. Fig. 107. Daartoe moet dan gelegenheid bestaan om den teen zeewaarts te verplaatsen.

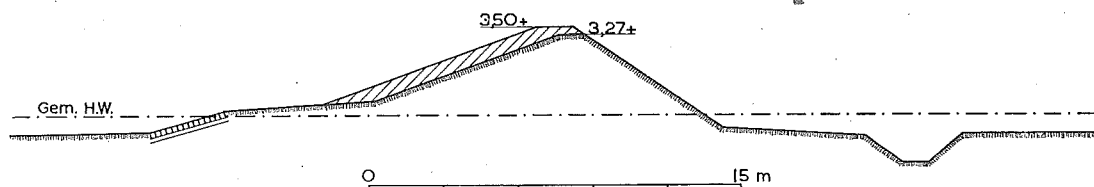


Fig. 107. Verhooging van den dijk door verzwareing op het buitenbeloop.

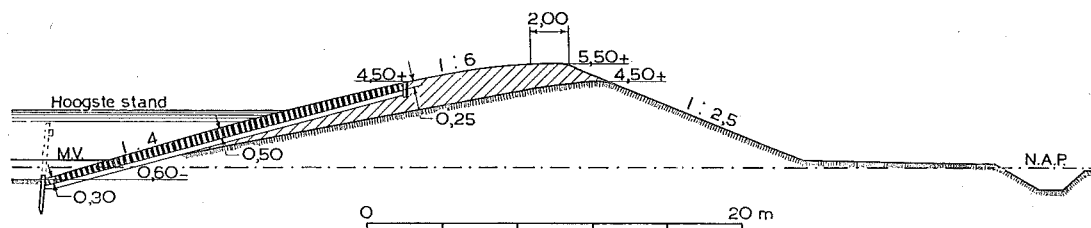


Fig. 108. Verhooging van den dijk door verzwareing van het buitenbeloop en aanleg of verbreding van steenglooiing.

Waar die gelegenheid ontbreekt, wordt het nieuwe beloop vanaf den teen — vaak ook vanaf een hooger punt — steiler opgezet, zoodat het ook nog in dat opzicht bij het oude beloop achterstaat. Wordt tegelijk steenglooiing aangebracht of aanwezige glooiing opgenomen en door zwaarder of dichter bekleeding vervangen, dan geeft dat gelegenheid het verdedigde deel van het beloop wat steiler te maken en het bovenbeloop de oude helling te laten behouden of het flauwer te leggen. Fig. 108.

Als voorland ontbreekt, is het zeewaarts verplaatsen van den teen in den regel niet mogelijk of althans niet raadzaam. Is de diepte gering en de bodem vlak, dan geeft dat verplaatsen van den teen echter toch vaak het beste werk, zooals bij Nieuwendam na den stormvloed van 1916. Daar ging die verplaatsing nog met grondverbetering gepaard. Fig. 109.

Bij verzwareing van het binnenbeloop en het ongerept laten van het buitenbeloop kan minder goede grond dan voor het buitenbeloop noodig is, worden gebruikt. Kan men niet over vette

klei beschikken, dan is alleen daardoor al verzwaring van het binnenbeloop de eenige mogelijke oplossing.

Om een goede aanheeling te bevorderen, wordt het oude beloop eerst trapsgewijze ontgraven. Bij niet te geringe dikte kan de verzwaring in horizontale lagen worden aangebracht en zoo worden bewerkt, dat een behoorlijke verbinding tusschen oud en nieuw werk ontstaat. Fig. 110.

Beschikt men niet over geschikte bekleedingsgrond en wordt de verzwaring uitgevoerd met zand, dan wordt de oude bekleedingsgrond naar buiten gewerkt om daarmee het zand af te dekken. Een dergelijke verzwaring heeft het groote nadeel, dat in den dijk gedrongen water snel afvloeit naar den hiel, daar de bekleding doorweekt en deze kan doen afschuiven. Fig. 111.

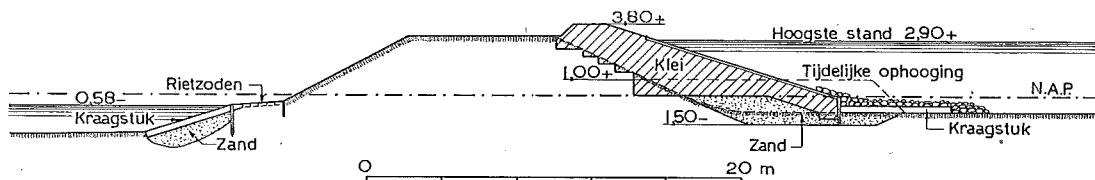


Fig. 109. Verhooging van den dijk met het zeewaarts verplaatsen van den teen bij Nieuwendam na den stormvloed van Januari 1916.

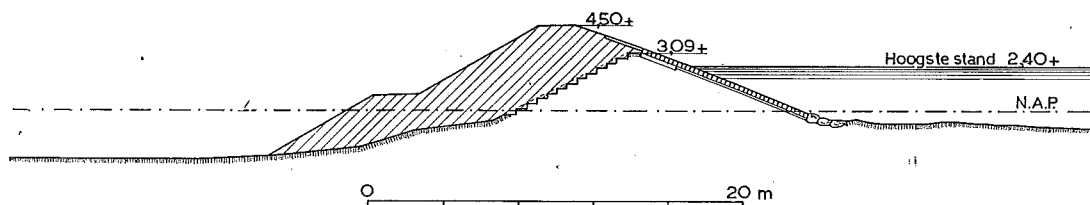


Fig. 110. Verhooging van den dijk door verzwaring aan de binnenzijde van den Waarddijk (N.H.) in 1916.

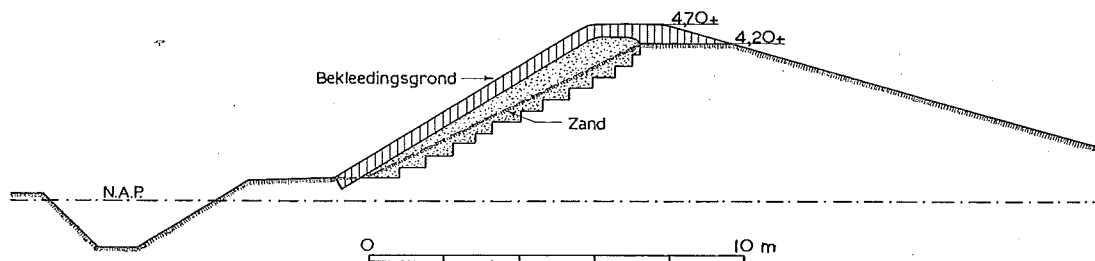


Fig. 111. Verhooging van den dijk door verzwaring aan de binnenzijde.

Gras wil op dergelijke belooopen slecht groeien, daar de zandlaag het uitdrogen zeer in de hand werkt, terwijl aan zoo'n uitgedroogd en slecht begroeid beloop licht schade ontstaat door aftrappen enz.

Meermalen wordt de noodige verhooging van den dijk verkregen, door zoowel het binnen- als het buitenbeloop steiler op te zetten. De geringe aanheeling bij den teen en de hiel vormen jaren lang zwakke plaatsen. Buiten ontstaat gemakkelijk afslag; het beloop is hier beduidend zwakker geworden dan voorheen, tijdelijk, omdat het lang duurt eer de losgemaakte

en de versch aangebrachte grond vast is geworden en goed met de oude grond is verheeld en blijvend, door de minder flauwe helling.

Binnen zal het losse en steiler opgezette beloop spoediger verweken en afschuiven. Fig. 112.

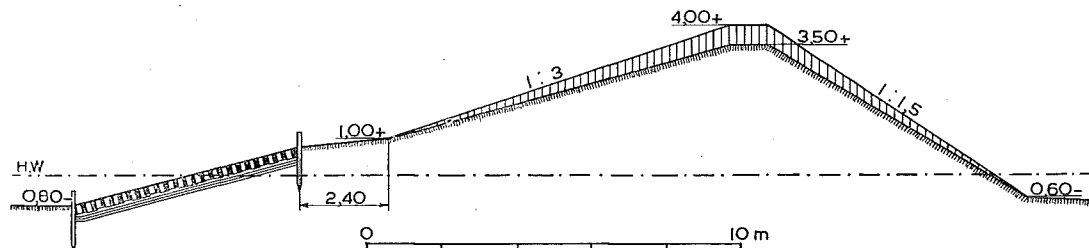


Fig. 112. Verhooging van den dijk door het steiler maken der belopen.

Aanleiding tot het op deze wijze uitvoeren van een dijksverhoging is veelal gebrek aan fondsen of zuinigheid. In zoo'n geval is het beter de verhoging te maken met een hieronder te vermelden betonmuur, waarbij de grasnerf en de oude grondbelopen onaangeroerd worden gelaten en niet steiler worden terwijl de kosten nog lager zijn.

b. Na den stormvloed van 12 Maart 1906, die in Zeeland voor sommige polders noodlottig, voor vele andere zeer dreigend was, werd door den toenmaligen ingenieur van het waterschap Schouwen, Jhr. R. R. L. de Muralt een dijksverhoging aangebracht van gewapend beton. Sedert werd op tal van dijken, vooral in Zeeland, over meer dan 100 km lengte, dijksverhoging volgens het „systeem de Muralt" uitgevoerd. Fig. 113.

De muur is niet op de gewone wijze gefundeerd, doch rust met een breede voetplaat op den dijk en grijpt met inkassingen — een diepe langs den buitenrand en een minder diepe aan den binnenkant — daarin.

Opdat geen krimp- en andere scheuren zullen ontstaan, wordt de muur uit moten van 2.— m tot hoogstens 3.50 m lengte samengesteld, en om te voorkomen, dat bij eenige zetting de kopvlakken der moten ten opzichte van elkaar zouden gaan verspringen, worden de moten met tussenruimten van 0.25 à 0.30 m geplaatst, waarna, na hun verharding, z.g. lijsten of glijdingsplaten, van gewapend beton worden gestampt, die ten minste 5 cm buiten en boven den muur en boven de voetplaat uitsteken. De aanhechting tusschen muurmoot en lijst wordt voorkomen, door teer of asfaltpapier tegen de kopvlakken.

Bij de eerste uitvoeringen werden de muurmoten door een uitkraging aan de lijsten omvat, doch dit voldeed niet; de kragen braken af, of waren een beletsel, dat de moten volledig met den grond meezakten, waarom de lijsten nu met effen vlakken worden uitgevoerd. De voetplaat verkrijgt aan de zeezijde eene breedte van 0.50 à 1.50 m. Een groote breedte is ongewenscht als de voetplaat aansluit tegen een aarden beloop, omdat langs den rand dan uitspoeling van grond optreedt. Waar dit het geval is, kan dit het beste worden verholpen met een strook klinkers op den kop of op den kant.

Ook wordt, waar steenglaoing aanwezig is, deze wel tot aan de voetplaat doorgetrokken. In elk geval moet daar het wegslaan van grond worden voorkomen, omdat afslag het afzakken of omvallen van den muur tengevolge kan hebben en overslag van golven dan al bijzonder gevaarlijk zou worden.

Aan de binnenzijde verkrijgt de voetplaat eene breedte van 0.20 m à 0.50 m of omstreeks de helft van de hoogte van den muur. De muur wordt gezet aan de buitenzijde van de kruin.

Als toppen van golven hem belopen, dan spat het water hoog op en wordt veelal door den

wind zoover meegevoerd, dat het niet op de kruin en het binnenbeloop neervalt.

Opgemerkt moet worden, dat de muren uitsluitend zijn bestemd om het over den dijk lopen van golven te voorkomen en niet om boven de kruin reikende waterstanden te keeren. Voor dit laatste zijn de naden niet dicht genoeg, maar is vooral de verbinding van muur en dijk ontoereikend om onderloopsheid te voorkomen. Tegen overslag is de muur alleen dan geschikt als hij rust op een oud beloop van vaste vette klei.

Op versche of magere grond, boven wegverharding, puinlagen enz. is het gevaar voor afslag en onderspoelen van den muur te groot en dient van toepassing te worden afgezien.

Aan dijkverhooging met een betonmuur, moet dan ook een nauwkeurig onderzoek van het bovendeel van den dijk voorafgaan. Op een slappe zate kan een muur het voordeel hebben, boven verhooging met grond, dat het gewicht zoo gering is, dat daardoor geen nieuwe zakking zal optreden. Een nadeel van de toepassing van een muur is, dat het dwarsprofiel, dat van vele, vooral van Zeeuwsche, dijken zoo

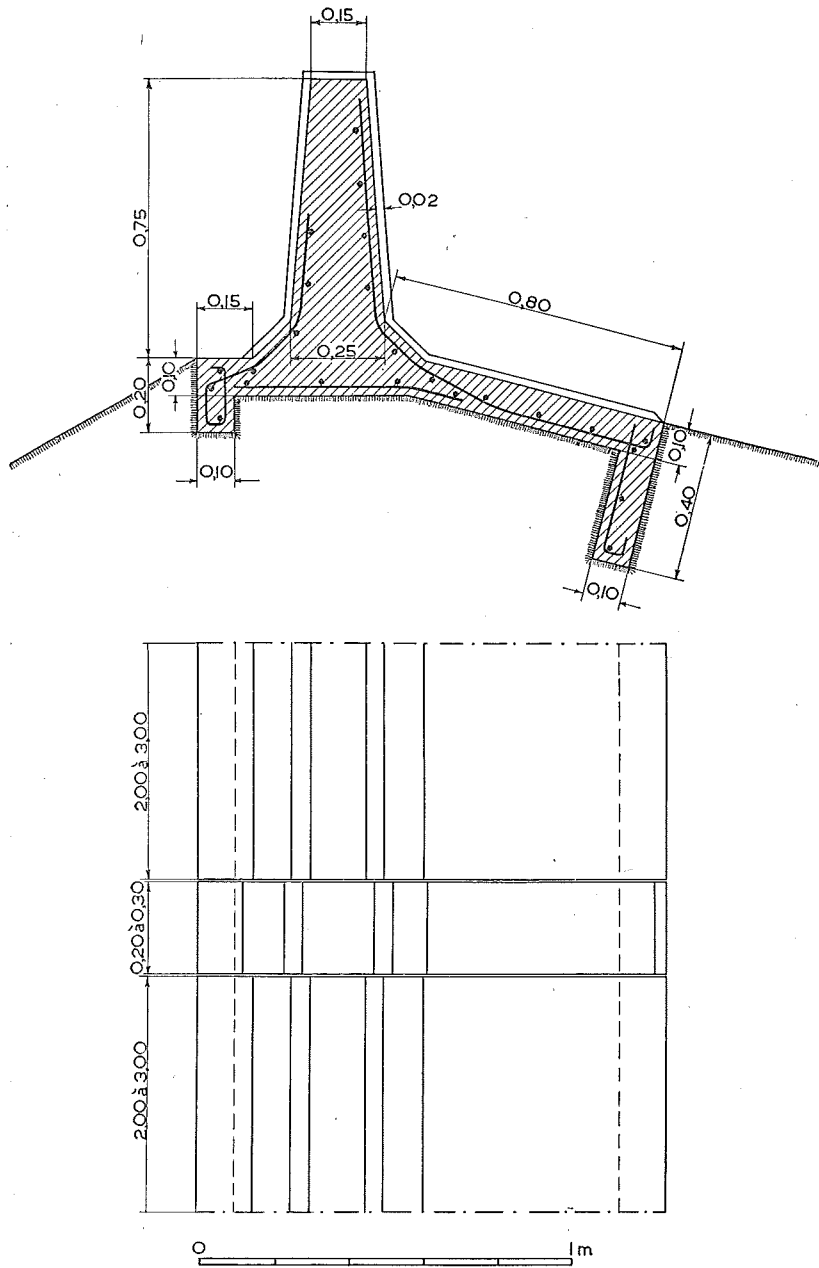


Fig. 113. Verhooging van den dijk met een betonmuur, systeem „de Muralt”.

erg schraal is, nu schraal blijft terwijl het bij verhooging met grond allicht ook zwaarder met flauwer hellingen zou zijn gemaakt. Dat nadeel bestaat niet waar een weg op de kruin ligt en deze daardoor al een flinke breedte heeft. Voor dergelijke plaatsen was oorspronkelijk de

muur ook ontworpen, doch daar hij aan het doel, overslag van golven te verhoeden, zoo goed beantwoordde, is hij ook op de zeer smalle, daartoe minder geëigende kruinen veelvuldig toegepast en heeft ook daar, op niet kostbare wijze, toch ook grooter veiligheid gebracht.

c. Wielen, vaarten en slooten mogen niet dicht langs het binnenbeloop liggen omdat dit het gevaar voor afschuivingen vergroot en deze, als ze ontstaan, zich dieper in den dijk zullen uitstrekken. In vroeger jaren heeft men dat blijkbaar niet zoo ingezien, althans langs tal van dijksgedeelten is de binnenberm erg smal of ontbreekt die geheel.

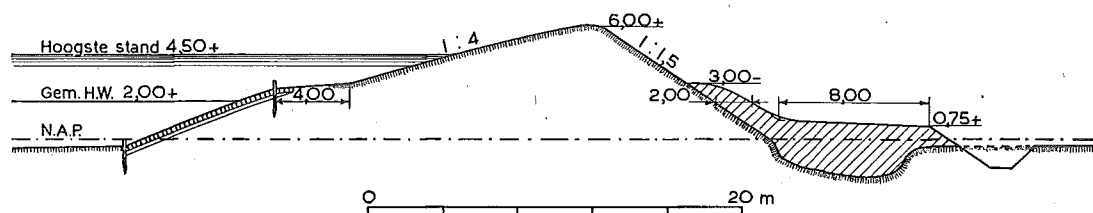


Fig. 114. Versterking van den dijk door aanleg van binnenbermen.

Bij de verbetering van dijken in den lateren tijd heeft men echter veelal een binnenberm aangelegd.

In Noordholland geschiedde dit langs de Zuiderzeedijken na 1916 bijna overal, waarbij de verharde weg van de kruin veelal maar dien berm kon worden verlegd. Na den stormvloed van Maart 1906 was men het in Zeeland over de waarde van hooge en breede binnenbermen nog oneens; sedert heeft men ook daar verbredingen en verhoogingen aangebracht.

Zonder twijfel is daardoor het waterkeerend vermogen van de dijken belangrijk vergroot en het gevaar van afschuiving van het binnenbeloop verminderd.

Grondsoorten, als lichte zavel en zand kunnen er uitstekend voor dienen. Kleibekleding is wenschelijk voor de grasbegroeiing maar is overigens niet erg noodig, zoodat met een geringe dikte kan worden volstaan. De berm kan meteen voor weg worden bestemd.

Een hoogteligging boven den H.W. stand is gewenscht en waar de kruin vele meters boven den berm reikt, is aanleg van een tweede berm ter beperking van die hoogte zeer aan te bevelen. Fig. 114.

Soms volstaat men met het aanbrengen van een puin- of grindsleuf nabij den hiel met afvoerbuizen naar de berm-sloot. Uittreding van water uit- en verweeking door kwel van het benedengedeelte van het binnenbeloop kan ermede worden voorkomen, verweeking door overslaande golven echter maar in beperkte mate.

Met minder grondverzet dan door verhooging van bermen valt een vaak zeer gewenschte verbetering te bereiken door aanhooping van het binnenbeloop onder flauwe helling over de geheele hoogte, desnoods over de onderste helft alleen.

d. Zeer talrijk zijn de dijkverbeteringen, waarbij het hoofddoel is, het buitenbeloop beter tegen afslag of de verdediging beter tegen beschadiging bestand te maken.

Het flauwer leggen van het buitenbeloop stuit in vele gevallen af op afwezigheid van voorland of op gebrek aan vette klei. Bijna steeds beweegt de verbetering zich in de laatste eeuw dan ook in de richting van aanleg, verbreding of versterking van steenglooing. Zooals boven reeds werd opgemerkt, kan aanleg of versterking van een steenglooing op het benedengedeelte van het buitenbeloop tevens de gelegenheid verschaffen om aan het grasbeloop op het bovendeel een flauwere helling te geven.

Waar bij wijziging van de helling of de hoogteligging van steenglooing de ophooging niet

belangrijk is, wordt dikwijls de puinlaag niet mee opgenomen om die weer aan te brengen nadat het grondprofiel is verzwaaard, doch wordt de puinlaag eenvoudig dikker gemaakt. Dat kan een nadeel worden als dit meermalen gebeurt en de puinlaag zodoende een groote dikte verkrijgt, zoodat een belangrijk deel van het dwarsprofiel zeer on dicht is.

Dat was o.a. het geval bij dijken langs de Zuiderzee in Noordholland. Oorspronkelijk hadden die aan de buitenzijde een verdediging van een muur van wier, z.g. wierriem, fig. 57, later hier en daar van opgestapelde pannen of van metselwerk.

Beschadiging aan het benedendeel kwam veelvuldig voor en was lastig te herstellen. Er voor geplaatste palen werden vernield door paalworm. Dit leidde ertoe, dat de bestorting langs de zeezijde, fig. 58, werd verhoogd met steen, vaak ook met puin. Toen in 1916 aan die dijken doorbraken en groote schade was ontstaan, brachten archiefonderzoek en boringen in den dijk aan het licht, dat onder de steenglooing op het buitenbeloop geen grond, doch tot groote diepte enkel steen en puin aanwezig was. Kennelijk had men met die materialen ineens of geleidelijk het geheele profiel aangestort en daarop de in 1916 aanwezige steenglooing aan-gebracht.

Na het droogmaken van de Wieringermeer bleek de nu binnendijk geworden Drechterland-sche dijk van Medemblik tot Aartswoud een rijke bron van materialen, o.a. voor wegverharding in den nieuwen polder. Al is een niet te dunne puinlaag nuttig onder steenglooing, om de grond tegen uitspoeling te beschermen, deze zeer dikke laag had het nadeel, dat een groot deel van het dwarsprofiel zeer on dicht was zoodat kwelwater maar een betrekkelijk korten weg door den grond behoefde af te leggen en ook, dat, als steenen uit de glooing sloegen, het gat spoedig een vrij grooten omvang aannam.

e. Dikwijls zou beschadiging aan een buitenbeloop uitblijven, als de golfbeweging maar wat minder hevig was. Damping van de golven is te bereiken, door langs den teen een paalscherm te plaatsen of in de steenglooing paalrijen of staketsels te zetten. Deze werken zijn echter zoozeer in onbruik gekomen, dat men ze zelden of nooit op nieuwe plaatsen toepast, doch zich, hoogstens, beperkt tot onderhoud van de bestaande.

§ 21. Gebouwen, hekken, boomen enz. op zeedijken.

Op zeedijken treft men weinig gebouwen aan en waar dit wel het geval is, zijn ze bijna altijd hinderlijk of leveren ze bezwaren op. Vooral als de dijk moet worden verhoogd en verzwaaard maken ze veelal extra voorzieningen noodig. Bij woningen worden door afval- en regenwater, vee, kippen, enz. de belooopen allicht beschadigd terwijl door ingravingen voor bergplaatsen, kelders enz. het dijkprofiel wordt verkleind.

Waar bebouwing niet kan worden geweerd, zal die daarom wel nimmer op het buitenbeloop en slechts zelden op de kruin en het binnenbeloop worden toegelaten.

Het minst hinderlijk is ze op den binnenberm op geruimen afstand van de hiel, zoodat geen enkel deel van den dijk aan het oog is onttrokken.

Als de dijken worden beweide, dan kunnen dwars over den dijk loopende veekeeringen niet steeds worden geweerd.

Ook deze zijn gewoonlijk nadeelig. Het komt vaak voor, dat aan weerszijden kale of weeke plekken in de belooopen ontstaan, paadjes erlangs door het vee worden uitgelopen, de kruin wordt afgetrapt enz.

Bij hooge vlooden is er alle kans dat er wier of vee aan blijft hangen en de golven er zoovee vat op krijgen, dat de palen wegslaan en gaten in het beloop ontstaan of dat veel vee tegen die afrasteringen samendrijft. Gewoonlijk worden de afheiningen zoo geconstrueerd, dat ze tegen het najaar kunnen worden weggenomen, hetzij dat de palen in kokers staan hetzij wel

de palen moeten blijven staan maar alle dwars verbindingen afneembaar zijn, maar niet steeds geschiedt het wegnemen tijdig genoeg. Boomen zijn op de belooopen en de kruin ontoelaatbaar. Bij storm zwiepen ze heen en weer en maken de grond rondom de wortels los. Hoogstens zouden er langs de landzijde van den binnenberm mogen staan, maar ook daar ziet men ze zelden.

Wel zijn slaperdijken, zoowel langs de kruin als op de belooopen, soms met opgaand hout, struiken of vruchtboomen beplant. Men neemt dan aan, dat de dijk wel nimmer water zal moeten keeren en mocht dat onverhoopt nog eens het geval worden, dat er dan gelegenheid zal zijn de boomen zoo noodig om te hakken of af te zagen. Geheel zonder risico is dat natuurlijk niet.

Op de bermen van deze dijken doen de boomen niet veel kwaad. Struikgewas, knotwilgen enz. kunnen soms zelfs nuttig zijn voor demping van golfslag.

§ 22. Onderhoud van zeedijken.

Zeedijken eischen aanhoudend toezicht en onmiddellijk herstel of voorziening in geval van beschadiging of het aan den dag komen van gebreken, omdat is éénmaal een gebrek ontstaan, dit zoo licht grootere afmetingen kan aannemen. Zijn in aarden belooopen gaten of kale plekken ontstaan, dan zal herstel met grond en zoden in najaar en winter niet veel kans op succes geven. Eer de grond vast en dicht is geworden en de zoden zijn vastgegroeid komt allicht een hooge vloed alles wegspoelen.

Noodig is daarom die gaten en kale plekken te bekrammen nadat de steile randen onder een flauw beloop zijn bijgestoken. Zijn de steile kanten echter vrij hoog, zoodat door het afsteken groote oppervlakten zouden worden ontzood, dan verdient het de voorkeur, de gaten op te vullen met pakken stroo of met rijshout, dicht aansluitend tegen de steile kanten en vastgepend met staken en ijzerdraad.

Heeft de dijk op het buitenbeloop slechts een bekleeding van klei en zijn daarin gaten ontstaan tot in of nabij de kern van zand of zavel, dan zou bij een volgenden stormvloed de beschadiging een grooten omvang kunnen aannemen en de dijk in een gevaarlijken toestand kunnen komen. Daarom moeten die gaten met den meesten spoed worden aangevuld met taaie klei, die goed fijn wordt gescherfd en zwaar wordt gestampt of door paarden wordt vastgetrapt. Daarna worden de aanvullingen bekramd en met rijs- of rietbeslag gedekt.

Vaak is het te gevaarlijk de beschadigde plaatsen onverzorgd te laten tot ze aan de beurt komen om hersteld te worden en wordt spoedshalve, als voorloopige voorziening een krammat aangebracht, die bij het meer afdoend herstel, weer wordt opgeruimd.

De herstelde en voorloopig herstelde plaatsen worden in het voorjaar van beslag en krammat ontdaan, geëffend en bezood en de zoden, als ze vrij laag op het beloop liggen, of als vee op den dijk zal worden toegelaten, met stroobeugels vastgelegd.

Als in den winter het water in de polders hoog mocht worden, dan komen mollen en muizen in grooten getale naar den dijk. Door het omwroeten van de grasnerf en door het graven van gangen en gaten maken ze den dijk voor water meer toegankelijk en kan afslag gemakkelijker ontstaan. Noodig is daarom, de dieren zooveel mogelijk te verdelgen, de hoopen te slechten en de gangen dicht te trappen, te slaan of te walsen.

Mollen mogen voor het grasgewas nuttige dieren zijn, in dijken kunnen ze niet worden geduld. Wel maken ze niet, zooals men soms meent, gaten dwars door den dijk, die rechtstreekse kwelgaten zouden vormen, doch de gangen op 10 à 50 cm beneden de oppervlakte, die soms van het buiten- naar het binnenbeloop doorloopen en dat in alle richtingen volgen, zijn al erg genoeg.

Veek of vloedmerk spoelt op tal van dijken tegen hekken of in luwe hoeken in groote hoeveelheden aan en vormt vaak ook wallen op het beloop. Tijdens stormvloeden dempt het soms de

golven, wat voor den dijk zeer nuttig kan zijn. Blijft het liggen op steenglooingen, dan doet het aan den dijk geen schade. Op grasbeloopen echter wordt het al spoedig een verzamelplaats van ongedierte: het gras verstikt er onder, zoodat kale, rauwe plaatsen ontstaan. Het veek dient daarom van grasbeloopen spoedig te worden verwijderd.

Hoefblad, brandnetels en distels verbreiden zich snel en verdringen het gras maar vormen zelf geen dichte nerf. Door uittrekken of veelvuldig afmaaien moeten ze worden bestreden. sporen, laagten, putten en gaatjes moeten geregeld worden gevuld met grond en de begroeiing worden bevorderd.

Dreigen tegen het najaar in natte perioden door de beweiding diepe sporen, afgetrapte en kale of weeke plekken te ontstaan, dan moet de beweiding worden gestaakt of tot die van klein vee worden beperkt.

Streng moet er steeds de hand aan worden gehouden, dat geen kippen, konijnen en varkens op den dijk komen, daar deze de belooopen beschadigen. Waar op den buitenberm zeewater blijft staan, gaat het gras dood. Zoo mogelijk moet door verbetering van de ligging, of desnoods met ondiepe begroeide geulen of greppeltjes voor vlugge afvoer van dat water worden gezorgd.

Ook de binnenberm moet worden drooggelegd als daarop in laagten en sporen water mocht blijven staan.

In droge tijden ontstaan, vooral in versch opgeworpen of verzwaarde dijken, vaak diepe scheuren. Ook dunne kleibekleedingen zijn erg aan scheuren onderhevig. Al die scheuren gaan in natte tijden weer dicht, maar er kunnen stormvloeden komen vóórdat dit het geval is en het water daardoor gemakkelijk in den dijk dringt of afslag ontstaat. Wenschelijk is het daarom, tegen het najaar alle scheuren te dichten met kruimelgrond en de wijdeste en diepste van boven wat wijder te steken en ze dan met goede grond te vullen en met een smalle stamper of staaf dicht te stooten. Door regen en beweiding geraken ze verder dicht.

Slaan in het stormseizoen gaten in de steenglooingen dan moeten die terstond worden herzet. Om het nastorten of scheefvallen van steenen langs den bovenrand der gaten te voorkomen, worden daar, zoo noodig staken of ijzeren pennen tot steun voor de steenen in den grond gedreven.

Zijn alleen niet zeer diepe verzakkingen in de steenglooingen ontstaan, dan wordt het herstel tot het voorjaar uitgesteld. Wordt steenglooing hersteld beneden of weinig boven de H.W. lijn, dan mag geen grooter oppervlakte worden uitgebroken dan in hetzelfde tij kan worden herzet.

Het opruimen van de puin, het aanvullen met grond, het bekrammen daarvan en het weder aanbrengen van de vlijlagen en stortpuin vordert daarbij veel tijd en, tenzij de verzakkingen zeer diep zijn, geeft men er veelal de voorkeur aan, de laagte niet met grond doch enkel met puin aan te vullen, al wordt nu de puinlaag extra dik.

Het is dan wel zaak, te zorgen, dat de laag door vlijen en stampen zoo dicht mogelijk wordt. Kunnen in herfst en winter de gaten niet terstond worden hersteld, dan kan door het erin storten van de bij herzetting benodigde steenen, de veiligheid toch worden bevorderd.

Op den duur ontstaan aan de meeste steenglooingen gebreken als: verzakkingen, het splijten of vergruizelen (zonnebrand bij basalt), afschilferen enz. van enkele steenen, vertanding en verzakking langs den teen enz.

Herzetten kan dan noodig worden, waarbij in den regel de puinlaag wordt opgevuld en meer of minder steenen worden ingeboet.

Dit herzetten heeft steeds plaats in het voorjaar en in den zomer.

Met het oog op de lage ebbën, die men daarbij noodig heeft, wordt aan sommige dijken al met het herzetten aangevangen in Februari of begin Maart omdat dan veelal de laagste ebbën

voorkomen. Het gevaar is dan echter allerm minst denkbeeldig, dat men door een voorjaarsstorm wordt verrast en aan de gedeeltelijk opgebroken glooiing en door wegslaan van puin en steen veel schade ontstaat. Wel kan men dit voorkomen door de noodige voorzorgen en de wijze van uitvoering, doch gewoonlijk acht men de moeite en het oponthoud te groot.

Bij betonglooiingen moet geregeld worden nagegaan of de grond onder de platen ook wegslaat of verzakt.

Waar dit voorkomt moeten de holten door het ingieten, door daarvoor in de bekleding gespaarde of gemaakte gaten, van weke grond of beton worden gevuld.

Laat men dit na of wacht men daarmee te lang, dan dreigt het gevaar, dat platen verzakken of breken en dan is het herstel veel omvangrijker.

Als tengevolge van ijsgang, bevrozen, verzakking, ontleding door zeewater, enz. de beton wordt beschadigd en ijzer bloot komt, dan moet dat terstond tegen roesten worden beveiligd en moet de beton-dekking door bijpleisteren worden hersteld. Wordt aan een dijk nog krammat voor winterverdediging gebruikt, dan legt men die bij voorkeur pas in den nazomer, opdat er tegen het stormseizoen nog geen schade aan zal zijn ontstaan.

Aan paalregels, paalkisten en staketsels moeten kleine herstellingen als: het vervangen van gebroken bouten, het bevestigen van losgeslagen gordingen, het aanvullen van paalkisten als daaruit steenen en puin zijn geslagen, enz. terstond worden uitgevoerd, nadat de schade is ontstaan, omdat bij uitstel het gevaar groot is, dat de gebreken zich snel uitbreiden.

Voor zooveel bestortingen bij eb droogvallen, worden ze geëffend als langs den teen schrale plekken en elders bulten zijn ontstaan. Van zeer lage ebbën wordt gebruik gemaakt om naar buiten geslagen steenen weer op te halen en op hun plaats terug te brengen.

Op vele bestortingen ontstaat een dichte bezetting van mosselen, alikruiken, wieren enz. De dichtheid van de bestorting en de rustige ligging van de steenen wordt er zeer door bevorderd. Het is raadzaam, de steenen dan zooveel mogelijk op hun plaats te laten en slechts, waar onregelmatigheden zijn ontstaan, de te lage plaatsen door bijstorten van steen aan te vullen.

De lage dammen of hoofden, die versterkte punten en bestortingen met den dijk verbinden of die enkel aanwezig zijn om verlaging van den vooroever te voorkomen, eischen soms voorziening, doordat langs de kanten geultjes ontstaan.

Verbreeding met flauw hellende berm en van enkel steenglooiing op puin of van rijsbeslag met steenbezetting, is dan veelal noodig. De nieuwe teen wordt in het strand ingegraven.

Soms hebben de hoofden door dergelijke uitbreidingen al een groote breedte verkregen en liggen ze te hoog boven het strand of den vooroever. In dat geval worden ze niet verbreed met weer nieuwe berm en, doch verlaagd.

De versterkte punten, de bestortingen en de onderzeesche oever daar tusschen en daarnevens eischen op tal van plaatsen voortdurende waakzaamheid, want is ergens een zwakke of te steile plaats ontstaan, dan kan in korten tijd door vallen, afscheuren van zinkstukken, het naar de diepte rollen van bestortingen, enz. het gebrek een grooten omvang aannemen.

Peilingen, met niet te lange tusschenpoozen in steeds dezelfde raaien, zijn in de eerste plaats noodig om met veranderingen in den toestand zoo spoedig mogelijk op de hoogte te komen. Moeten voorzieningen worden getroffen, dan bestaan die meestal uit het uitbreiden van de bezinkingen en bestortingen, zeewaarts of ter vermeerdering van de lengte, soms in nabestorting van klei en steen of in het opnieuw bezinken langs afgescheurde kanten maar in bijna alle gevallen zijn die voorzieningen kostbaar en maken ze administratieve en financiële voorbereidingen noodig.

Het opgeven van zeer zwaar beschadigde versterkte punten zou voor den dijk extra noodlottig kunnen worden, afgezien nog van het gevaar, dat een val zal ontstaan, want heelemaal opgeruimd worden ze door den stroom niet. Een door rijshout, klei en steen gevormde bult of rug blijft altijd over en die zou oorzaak kunnen worden, dat een geul daarachter diep uitschuurt en den dijk rechtstreeks gaat bedreigen.

§ 23. Maatregelen bij stormvloeden.

Hooge stormvloeden komen snel en onverwacht op; veel tijd om maatregelen te nemen is er dus niet. Het is bij zeedijken dan ook bepaald noodig, dat ze ten allen tijde voor hun taak zijn berekend en openingen, laagten enz. die met deuren, schuiven, schotbalken enz. moeten worden gesloten, worden vermeden of althans tot de allernoodzakelijkste worden beperkt en sluiting zonder tijdroovende voorbereiding en in zeer korten tijd kan geschieden.

Toeziethabbenden en bestuurders zoowel als de bewoners van de achtergelegen polders worden door stormvloeden vaak volkomen verrast, zoodat die openingen dan ongesloten blijven en het gevaar voor vollopen van den polder en van doorbraak vergrooten.

Het tijdens den stormvloed herstellen van schade en het versterken van zwakke plaatsen is vaak uiterst moeilijk. Ingeval de gevaarlijke plaatsen al tijdig worden ontdekt, vordert toch de aanvoer van materialen en werkkrachten gewoonlijk te veel tijd, terwijl het werken in den stormwind op een door golven overspoelden dijk zeer bezwaarlijk en bij nacht zeer gevaarlijk of geheel onmogelijk is.

Noodig is in de eerste plaats, dat gereedschappen en noodmaterialen niet eerst van verre behoeven te worden gehaald. Daarom dienen op niet te groote onderlinge afstanden langs of nabij de dijken opslagplaatsen en magazijnen aanwezig te zijn, waar lantaarns, zeilen, touwen, gewichten, stootijzers, steenhamers, steentangen en andere gereedschappen en rijshout, horden, steen, puin enz. ten allen tijde beschikbaar zijn. Die magazijnen en opslagplaatsen hebben ook voor het gewone onderhoud groote waarde en hoe langer hoe meer ziet men het nut er van in. Noodig is ook, dat regelingen zijn getroffen, dat werklieden tijdig daarvoor aangewezen, op een bepaald sein naar den dijk trekken en dat naastwonenden verplicht zijn hulp en onderdak te verschaffen, terwijl de met de zorg voor de dijken belaste bestuurders en ambtenaren in noodgevallen zonder vertragende formaliteiten over particuliere eigendommen kunnen beschikken — behoudens later vast te stellen of overeen te komen vergoedingen.

Het is te voorzien, dat op de plaatsen met vrij groot tijverschil, waar dus het water snel opkomt, ook de beste regelingen nog te langzaam zullen werken om nog tijdens den storm voorzieningen van eenigen omvang te kunnen uitvoeren, maar goede regelingen en voorschriften kunnen dan nog groot nut hebben ingeval van doorbraak en als na den eersten hoogen vloed gevaar bestaat, dat ook een of meer volgende tijen veel van den dijk zullen vergen.

Wanneer beschadiging aan het buitenbeloop ontstaat en deze zich zoo ernstig laat aanzien, dat afkalving of wegspoelen tot in of door de kruin moet worden gevreesd, dan tracht men den dijk meestal te behouden door het spannen van zeilen op en kruinwaarts van de beschadigde plaats. Vele dijksbesturen hebben zeilen in voorraad; meermalen zijn ook scheepszeilen, molenzeilen en dorschkleeden voor dat doel aangewend.

Bij aflopende golf wordt het zeil naar beneden getrokken. De onderrand wordt met ankers, pennen, stootijzers of zware gewichten, steenen enz. vastgemaakt, de bovenrand eveneens en het zeil daarna met steenen, zakken grond enz. bezwaard. Het sluit het beschadigde beloop dan vrij dicht af en belet verdere afslag. De moeilijkheid is, het zeil uit te vouwen of te rollen en het in den stormwind en de golven meester te blijven.

Soms ook worden tegen den steilen rand van de bres, horden, wiepen, bossen hout of stroo, pakken stroo enz. met palen bevestigd of worden daartegen met zand of grond gevulde



Fig. 115. Noodvoorzieningen aan de Zuiderzeedijk bij Uitedam.
Januari 1916.

Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

zakken gestapeld en vast aangetrapt.

Langs vele dijken gaan verhalen van het verhoeden van doorbraak of het dichten van reeds ontstane doorbraken met een vaartuig, dat men er in deed stranden en zinken. Zoo wordt van den Noorderdijk op Texel vermeld, dat deze bij den stormvloed van 14 en 15 November 1775 veel had te lijden en ongetwijfeld zou zijn bezweken, zoo niet een los geslagen vaartuig op de gevaarlijkste plaats op den dijk was gestrand en zoodoende den aanval der zee had afgeweerd. Tijdens dienzelfden storm viel een gat in den dijk bij Enkhuizen, dat door het laten zinken van 3 haringschuiten werd gedicht, terwijl te Buiksloot vier gaten door het laten zinken van schuiten, zoo goed men vermocht, zijn gestopt.

Ook in Friesland en Zeeland moeten dergelijke gevallen zijn voorgekomen.

Vrij zeker zijn de verhalen opgesmukt; het met één gewaagde daad of gelukkigen inval ineens alle gevaar af te wenden, spreekt tot de verbeelding, maar het bij aanlandigen storm precies ter juister plaats brengen van een vaartuig, het daar te doen stranden en dan snel te doen zinken voor het weer een ongunstiger positie heeft verkregen, is wel erg moeilijk zoo niet onmogelijk.

Is al een opening in den dijk ontstaan, zoodat de stroom een vaartuig tot in het gat kan meevoeren, dan zal het toch een bijzonder toeval zijn, als het op de juiste plaats aan den grond komt en het gat meteen zoo afsluit dat er onder en er langs geen openingen open blijven, die door den stroom snel worden verwijd voor ze met grond, mest of zakken zand geheel kunnen worden afgesloten.

Als de gaten nog boven den waterstand reiken en dus alleen door overslaande golven water naar binnen vloeit, ja dan kan een ter juister plaats gezonken vaartuig van eenige lengte in

zooverre nuttig zijn, dat het de golven keert en dan het ophoogen van de bres gemakkelijker is geworden.

Als universeel middel om doorbraken te voorkomen, moeten vaartuigen echter als geheel ongeschikt worden aangemerkt.

Komen in de kruin of het binnentalud scheuren, zakt dit laatste uit of zijn al afschuivingen in dat talud ontstaan, dan is het zeer noodig, dat daar het overslaan van golven terstond wordt belet.

Op het buitenbeloop nabij de buitenkruinlijn of op de kruin, als deze niet al te smal is, kan daartoe een wal van steenen of met grond, grind of steenslag gevulde zakken worden gevormd of bij gebrek daaraan van brokstukken van afgebroken muren. Ook kan het doel vaak worden bereikt door rijbsbossen met staken vast te pennen of pakken stroo met touwen of draden te koppelen en aan palen vast te leggen.

Soms ook worden de scheuren en afgekalfde grond en zoo mogelijk het beloop over de geheele hoogte bedekt met zeilen, om het verder verweken en het wegspoelen van grond tegen te gaan.

Kan zoo soms, zij het ten koste van veel inspanning en met gevaar voor de uitvoerders, zeer nuttig werk worden verricht, in vele gevallen staat men tijdens de gevaarlijkste oogenblikken machteloos, doordat men ter plaatse niet spoedig genoeg over materialen kan beschikken en het verblijf op den dijk te bezwaarlijk of te gevaarlijk is.

Eerst als het water weer valt en de storm wat is geluwd, het grootste gevaar dus voorbij is, kan dan weer op den dijk worden gewerkt. Genoemde voorzieningen kunnen dan nog in zooverre nuttig zijn, dat ze bij het volgend tij het gevaar kunnen keeren, als dan het water weer zeer hoog mocht rijzen.

Uit den aard der zaak kunnen ook dan maar enkele gevaarlijke punten worden voorzien.

Is veel schade ontstaan, dan vordert de voorloopige voorziening al dagen en soms weken.

Veelal worden ook daarvoor de materialen toegepast, die men het eerst bij de hand heeft en worden werkwijzen gevolgd waarmee men met de beschikbare arbeidskrachten het vlugst opschiet, ongeacht of zoo nu wel het beste resultaat, met de geringste uitgaven, wordt bereikt.

Herhaaldelijk zijn voor de noodvoorzieningen gevulde zakken genoemd. De zakken zijn licht en kunnen meestal gemakkelijk naar den dijk worden gevoerd. Ze worden gevuld op de plaats waar ze noodig zijn, desnoods met aan den dijk zelve te ontleenen grond, mits de vulling niet door het weefsel heen kan wegspoelen en zoo kan men er vaak al goed werk

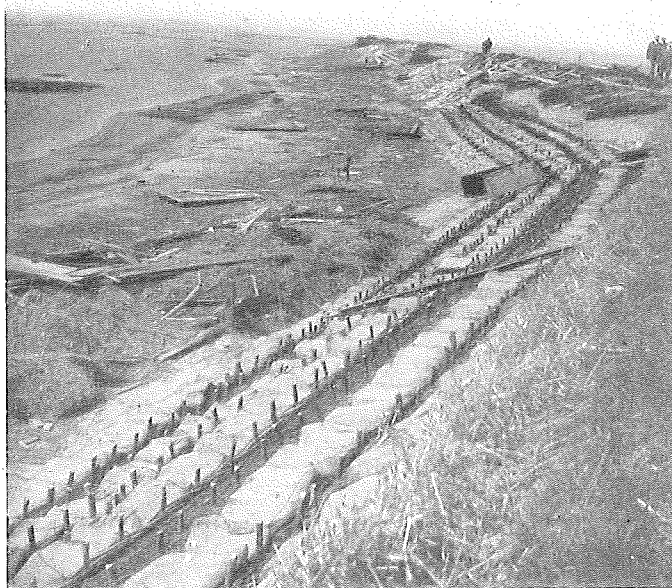


Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Fig. 116. Noodvoorziening met rijbsbeslag en zandzakken langs den oostelijken dijk van den Anna Paulownapolder. 25 April 1916.



Fig. 117. Voorloopige voorziening van een beschadigd beloop met zeilen en gevulde zakken.

Foto Maaskant Hippolytushoef.

mee doen, vóórdát andere materialen ter plaatse zouden kunnen aankomen, terwijl het verwerken geen bijzondere kennis, kracht of handigheid vereischt.

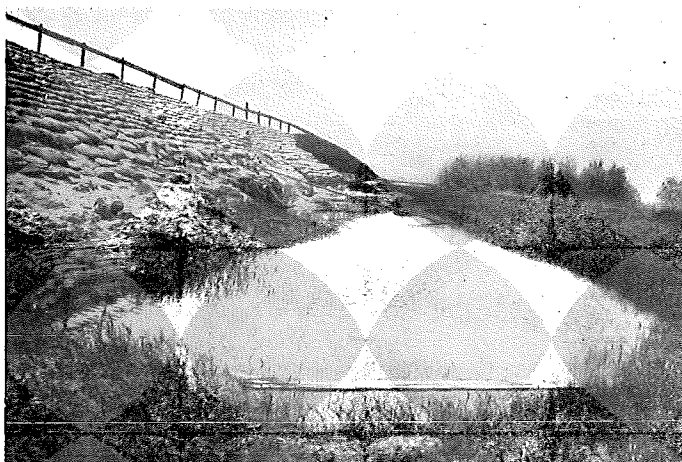


Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Fig. 118. Afschuiving van den Waterlandschen dijk langs het Kinselmeer met noodvoorziening van zandzakken. Juni 1916.

§ 24. Dijkbreuken en het dichten daarvan.

Bij stormvloeden kunnen beschadigingen aan het buitenbeloop ontstaan, die plaatselijk zoo'n grooten omvang aannemen, dat ook de kruin wegslaat en een laagte ontstaat waarover het water naar binnen vloeit. In toenemende mate wordt dan grond door den stroom en het langs het binnenbeloop neerstortend water meegevoerd, zoodat het gat snel in omvang toeneemt. Vooral zal dat het geval zijn, als de dan bloot gekomen kern van den dijk uit specie bestaat, die weinig samenhang bezit.



Fig. 119. Een der doorbraken van den Waterlandschen zeedijk gezien van de zeezijde. Jan. 1916.

Foto Rijkswaterstaat.

Hoewel het buitenbeloop de sterkst aangevallen plaats van den dijk is en dus het eerst en het meest aan beschadiging is blootgesteld, zijn de gevallen, waarin een doorbraak op bovenbedoelde wijze verloopt toch niet zeer talrijk.

Veel vaker zijn overslaande golven de oorzaak, dat de dijk doorbreekt. Het kan daarbij voorkomen, dat een stuk van de kruin wegslaat en zoo een gat ontstaat dat verder door instroo- mend water wordt verdiept en verbreed, maar in de meeste gevallen verloopt de doorbraak van binnen naar buiten zooals is vermeld in par. 12.

Stort het water in een dikke laag over den dijk, dan ontstaat aan den hiel daarvan in of achter den binnenberm een diep gat. Bestaat de dijk geheel uit vaste klei, dan biedt deze nog geruimen tijd weerstand aan den stroom, maar bestaat die in hoofdzaak uit specie met weinig of geen samenhang, dan breidt de kuil zich van den binnenberm zeewaarts uit en spoelt ook in de zate een gat van soms 10 m en meer diepte.

Ligt achter de doorbraak een polder van geringe oppervlakte, dan is deze spoedig gevol- vloed. Het overstorten duurt dan niet lang en er is kans, dat van het buitenbeloop een rand blijft staan. Valt deze bij L.W. droog, dan is het zaak, daarop of daartegen zoo spoedig moge- lijk een tijdelijke verhooging tot boven H.W. aan te brengen, opdat in- en uitstroomen en dus ook verwijding en verdieping van de doorbraak, bij volgende tijen wordt belet.

Die verhooging kan bestaan uit wanden van steenen of gevulde zakken met grond daar- tusschen, uit een kade van grond waarvan het buitenbeloop wordt verdedigd met gevulde zakken of rijsbeslag, of uit rijspakwerk, bezwaard met grond.

Is de afsluiting tot H.W. gelukt, dan moet die terstond worden verhoogd en verzwaard om



Fig. 120. De doorbraak van den Amsteldijk van den Anna Paulownapolder, Jan. 1916. Foto Rijkswaterstaat.

In elk geval boven water te blijven, ook al wordt het water wederom extra hoog, opdat geen nieuwe overstorting het gat weer opent.

Achter die voorloopige keering wordt nu de dijk weer doorgetrokken en het nieuwe buitenbeloop definitief verdedigd of van krammat en rijsbeslag — voor tijdelijke verdediging — voorzien. Liggt achter de doorbraak een groote polder of veel laag gelegen terrein, dan duurt het instroomen niet alleen lang, maar vermindert het verval in het gat niet spoedig en is het gevaar groot, dat de dijk plaatselijk geheel verdwijnt niet alleen, doch dat ook in de zate en daarbuiten een diepe geul ontstaat.

Is er geen voorland, dat bij eb droogvalt, dan blijft het water elk tij in- en uitstroomen zoodat het gat steeds wijder wordt en de dichting gaat gelijken op de afdamming van een kreek als in par. 19 omschreven, maar die onder veel moeilijker omstandigheden moet geschieden, omdat werkterrein en terrein waaraan grond kan worden ontleend ontbreekt. Daar de dichting spoedig moet geschieden om de gevolgen van de doorbraak niet nog veel erger te doen worden, is er ook weinig of geen tijd voor voorbereiding.

Zoo verkreeg de doorbraak in den Amsteldijk van den Anna Paulownapolder, die ontstond door den stormvloed van 14 Januari 1916, een lengte van 164 m terwijl het gat aan de zeezijde tot 3.— m aan de landzijde tot 6.— m — N.A.P. uitspoelde.

In dienzelfden stormvloed ontstond in den Katwouder zeedijk een gat van ongeveer 120 m lengte met diepten ter plaatse van den dijk van ruim 7.— m.

Het gat in den Amsteldijk werd afgesloten volgens het systeem met 2 rijzendammen

waartusschen grond met een zuiger werd gespoten, terwijl op die afsluiting een kleikade werd gelegd. Deze afsluiting kwam gereed op 30 Maart 1916, 75 dagen na het doorbreken. Fig. 122. Het gemiddelde tijverschil bedroeg daar toen 0.67 m.

Een der gaten in den Waterlandschen dijk en het gat in den Katwouder dijk werden afgesloten volgens het systeem met één rijzendam. Fig. 123. Deze afsluitingen kwamen gereed op 23 Maart 1916 of 68 dagen na de doorbraak.

Bij bovenvermelde dichtingen werden bezwaren ondervonden door stormen op 16 tot 18 en 22 en 23 Februari, die groote massa's water door de doorbraken joegen, waardoor niet alleen tijdens die stormen, doch nog vele dagen daarna een felle stroom door de gaten liep.

Na de dichting werden de dijken op hun oude plaats herlegd. Ze werden in hoofdzaak gemaakt van zand met kleibekleding, terwijl ter bevordering van de dichtheid onder den buitenteen een kleikist werd gemaakt waartoe, nadat het zandlichaam



Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Fig. 121. Doorbraak van den Katwouder zeedijk. Januari 1916. Uitgespoelde en weggedreven bonken veen steken boven water uit.

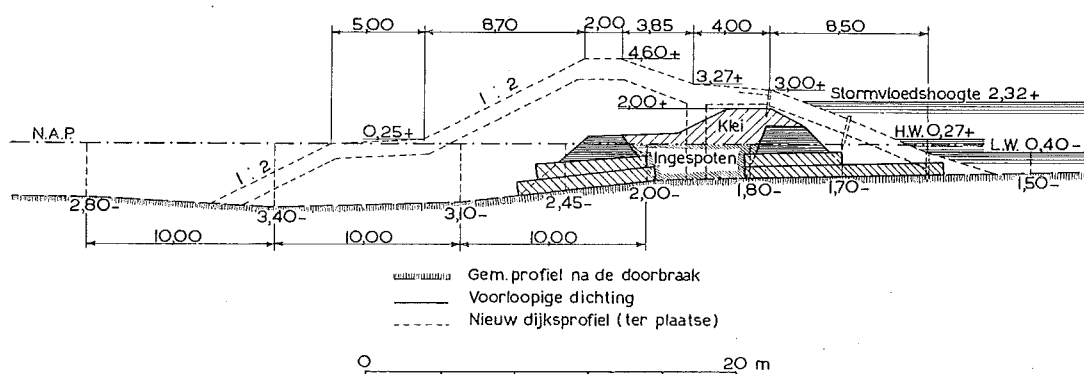


Fig. 122. Dichting van de doorbraak in den Amsteldijk van den Anna-Paulownapolder in 1916.

tot boven water was opgespoten, daarin tijdelijke damwanden werden geheid, waartusschen het zand werd weggebaggerd en door klei werd vervangen. De dichting van het 164 m. wijde gat in den Amsteldijk heeft een uitgaaf gevorderd van rond f 434.000.—.

Waar het tijverschil grooter is dan bij bovengenoemde doorbraken het geval was en nog geen doorgaande diepe geul is ontstaan, verdient het de voorkeur, de dichting niet in de richting

van den dijk te maken, doch buiten- of binnenwaarts als hulpdam of vingerling om de kuil heen, ook al wenscht men den dijk op zijn oude plaats te herleggen.

In de meeste gevallen is aan de buitenzijde daarvoor de beste gelegenheid. De lengte wordt wat grooter dan recht door het gat, doch dat bezwaar valt bij wijde gaten geheel weg tegenover het voordeel van geringer diepte. Een nadeel is wel, dat het totale grondverzet grooter is omdat de afsluitdam nu geheel buiten het profiel van den dijk valt, doch daar staat weer tegenover dat de dijk er een flinke breede buitenberm door krijgt.

Het grondwerk is bij dergelijke dichtingen veelal vrij lastig uit te voeren.

Aanvoer te land is niet mogelijk, vaartuigen en baggermaterieel kunnen den dijk niet naderen wegens te geringe vaardiepte zoodat òf eerst een vaargeul tot nabij het gat moet worden gebaggerd of voor het zand een lange drijvende persleiding moet worden gelegd en klei,

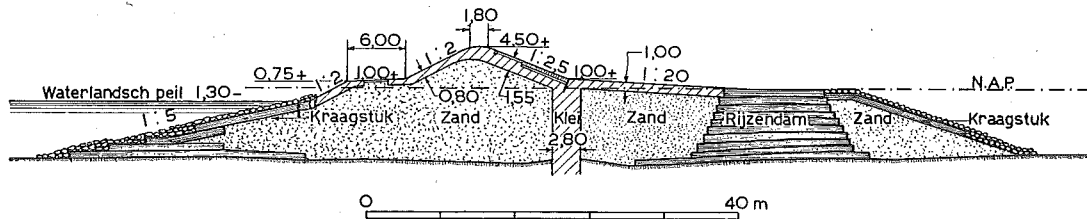


Fig. 123. Dichting van de doorbraak in den Katwouder zeedijk en van een doorbraak in den Waterlandschen dijk in 1916.

rijshout, steen enz. met vaartuigen met zeer geringe diepgang moeten worden aangevoerd, of soms over grooten afstand over de kruin van den dijk moeten worden aangereden, waarvoor dan veelal draagbaar spoor moet worden gelegd.

Hoe bezwaarlijk de grondaanvoer bij dergelijke dichtingen kan zijn, kwam b.v. tot uiting bij die aan weerszijden van Monnikendam in 1916. Het zand daarvoor werd met bakken en sleepbooten aangevoerd van IJmuiden, werd te Monnikendam overgeladen in spoorwagens en langs op de dijkskruin gelegde sporen naar de doorbraken gereden.

In Zeeland wordt bij het dichten van dijkbreuken de grond veelal aangevoerd met vletschuiten, hoogaarzen, schokkers enz. die dan alleen op H.W. kunnen lossen. Het is duidelijk, dat in zulke gevallen de grondaanvoer niet tot groote hoeveelheden per dag kan worden opgevoerd en beperking van het grondverzet desnoods ten koste van meer rijswerk dan wordt nagestreefd. Dit mag echter nimmer zoover gaan, dat de zinkstukken niet genoeg worden ingewasschen en bestort of het rijspakwerk niet genoeg wordt aangevuld en belast, want dan zouden weer lekken kunnen ontstaan, die tot grondverlies leiden.

Aan afsluiting met twee rijzendammen, de veiligste methode, waarbij het grondverzet betrekkelijk gering kan zijn, wordt dan nog meermalen de voorkeur gegeven.

Dit was b.v. het geval bij de dichting van de doorbraak in den dijk van den Wilhelmuspolder (Zeeuwsch Vlaanderen bij Walsoorden) in 1906. Die doorbraak had op de plaats van de kruin, een lengte van 65 m terwijl daarnaast nog over 61.— m lengte de dijk sterk was beschadigd en grootendeels aan de binnenzijde tot aan den buitenberm was weggefallen. De bodem van de doorbraak had een diepte van 3.— m à 3.50 m — H.W. met een diepste plaats van 3.85 m — H.W. Het tijverschil is daar ruim 4.— m. Op 12 Maart was de dijk doorgebroken op 28 April werd de dichting aanbesteed en aangenomen voor f 63.900.—. Vóór de besteding waren de kanten van de doorbraak afgevlakt en gedekt met rijbseslag en waren smalle zinkstukjes langs den benedenkant van het rijbseslag geplaatst en had men ook eenige bezinking en beslag in den polder aangebracht, om verder grondverlies te voorkomen.

14 Mei werd met de dichting aangevangen, 21 Juli d.a.v. was het werk geheel voltooid.

De dichting geschiedde met 2 rijzendammen op grondstukken, met een tussenruimte van 3.— m die met schorgrond werd gevuld. De opzinking met stukken geschiedde zoo hoog mogelijk tot men tenslotte met grond in één tij tot 0.20 m + H.W. kon komen. 17 dagen na den aanvang van het werk had men met de sluitkade een hoogte van 1.— m + H.W. kunnen bereiken, waarna die kade nog werd verhoogd tot 2.50 m + H.W.

Boven L.W. werd, in afwijking van het gebruik, geen pakwerk gemaakt, maar werden de dammen opgezonden.

Ook bij de dichting van de doorbraak van den dijk van den Suzannapolder op Tholen, mede ontstaan door den stormvloed van 12 Maart 1906, gaf men aan het systeem met 2 rijzendammen de voorkeur. Ook daar was de onderlinge afstand der dammen 3.— m en werd de kleikist geleidelijk ook opgehoogd met schorgrond. Langs de kruin gemeten was de breedte van het gat 90 m, op L.W. 50.— m, terwijl de diepte tot 4.70 m — L.W. bedroeg. De wederzijdsche belopen werden, ter voorkoming van grondverlies, terstond verdedigd met rijsbeslag. Het tijverschil is daar ongeveer 3.50 m. Er stroomde vrij veel zand in het gat terug en met twee, op 22 en 27 Maart gezonden stukken, kon de grootste diepte worden verminderd tot 2.10 m — L.W.

Op 1 Mei werd de dichting aanbesteed, op 12 Juni kon de sluitkade worden aangebracht. Een van de rijzendammen had toen een hoogte van 0.50 m + de andere van 0.50 m — H.W. De dag na de sluiting kon men de sluitkade tot 1.— m + H.W. verhoogen. De voorloopige bezinking kostte ongeveer f 7.400.—, de geheele dichting kwam op f 55.000.—.

De dichting van de doorbraak in den dijk van den Alsteinpolder in Zeeuwsch Vlaanderen, welke doorbraak eveneens 12 Maart 1906 was gevallen, had een breedte van 125 m bij een grootste diepte van 4.— m — H.W. Het tijverschil is daar ruim 4.— m. Hier werd maar één rijzendam opgezonden. Aanvankelijk lekte die sterk, maar bij het aan weerszijden opspuiten van zand, werd dit beter en op 4 Mei kon de sluitkade den vloed keeren en kon de dijk verder zonder hinder van stroom worden voltooid. De aannemingsom bedroeg hier f 108.000.—.

Een geheel andere methode dan bij al de vorengenoemde doorbraken werd toegepast bij het dichten van twee doorbraken in den dijk van den polder de Elft, in den Biesbosch die op 13 Januari 1916 waren gevallen.

Het eene gat had op L.W. een lengte van 55 m en in de kruinlijn van 124 m bij een grootste diepte van 3.70 m — L.W. Het ander had een lengte van 30 m op L.W. en 50 m in de kruin van den dijk met een grootste diepte van 1.80 m — L.W.

Reeds op 17 Januari werden de dichtingen met het verder herstel onderhands aanbesteed voor f 29.000.— en een week later werd met het werk begonnen.

Het nieuwe profiel mocht worden gemaakt van zand, met boven L.W. een kleibekleding van 0.50 m dikte. Het buitenbeloop boven L.W. en de kruin moesten worden verdedigd met rietbeslag, gedeeltelijk bezet met vlechttuinen en bezwaard met steen en langs den bovenrand alleen worden vastgezet met ijzerdraadspanningen. Het tijverschil is daar gemiddeld 1.75 m. Fig. 124.

Na het opruimen van enkele ondiepten konden de gaten worden genaderd met baggermateriael van vrij groot vermogen. Het benodigde zand kon in de nabijheid worden gebaggerd.

Te werk gesteld werden:

2 baggermolens,	2 sleepbooten,	2 onderlossers en
2 bakkenzuigers,	4 elevatorbakken,	5 zolderschuiten,

met het daarop benodigde personeel benevens 4 rijswerkers en eerst 4, later 40 grondwerkers. Behalve het genoemde materieel dienden nog 4 woonarken voor verblijf.

De gaten werden zooveel mogelijk aangestort met onderlossers en daarna volgespoten tot even onder L.W. Het zand nam daarbij flauwe belooopen aan en stroomde deels weg. Om nu vlugger omhoog te komen werden van zakken zand en dikke wiepen van riet 2 dammetjes aangelegd bij den laagsten waterstand en vervolgens daartusschen het zand gespoten. Getracht werd nu, met het opgespoten zand de walletjes te verhoogen. Deze werden aan de buitenzijde laag na laag bekleed met zakken zand en wiepen van riet en zoo bleef men de vloed voor. Bij het kleinste gat leidde deze werkwijze snel tot het doel. Reeds na een week was de dijk opgespoten tot 3.— m + N.A.P. (is 3.60 m + L.W. en 1.85 m + H.W.) waarvoor 5.000 m³ zand toe-reikend was gebleken.

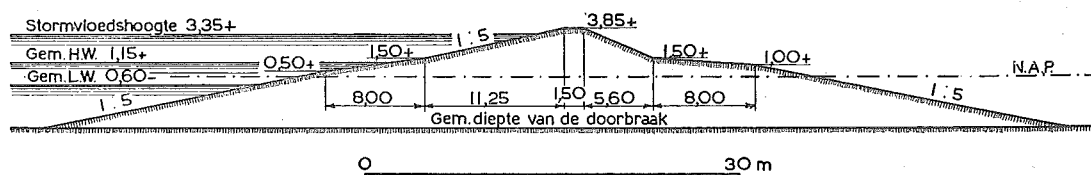


Fig. 124. Dichting van een doorbraak in den dijk van den polder de Elft in den Biesbosch in 1916.

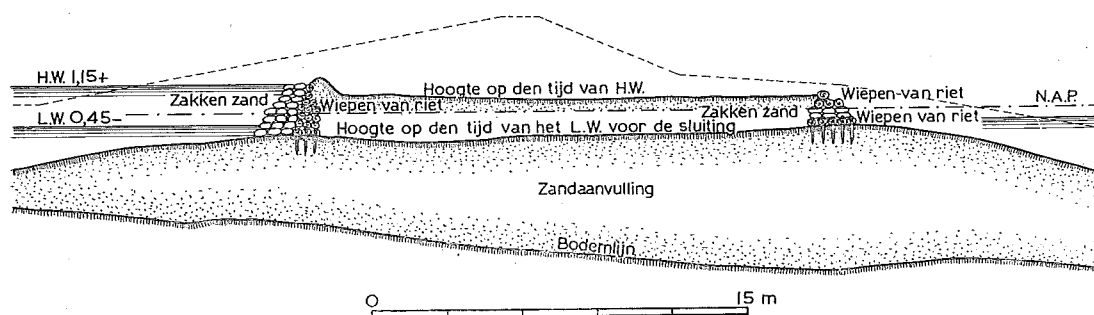


Fig. 125. Dichting van een doorbraak in den dijk van den polder „de Elft” in den Biesbosch in 1916.

Door het grootste gat liep veel stroom en de dichting viel in een periode van zeer onstuimig weer, waardoor de uitvoering ernstig werd gehinderd. Het gemiddeld tijverschil is daar 1.60 m. De eerste week werd 9.000 m³, de tweede week 15.000 m³ zand opgespoten, waarna het gat tot 1.— m + N.A.P. of bijna tot gemiddeld H.W. was opgevuld. In de 3e week vorderde de verdere ophooging tot 3.— m + N.A.P. of 1.85 m + gem. H.W. echter nog 10.000 m³.

De sluiting geschiedde daarbij op dezelfde wijze als bij het kleine gat en ze gelukte, zij het slechts met veel inspanning. Fig. 125. Bij het tweede tij, dat op de sluiting volgde, liep het water op tot 1.35 m + gem. H.W. en was de golfslag hevig, maar de zanddam met zakken- en wiepenverdediging aan de H.W. zijde hield zich goed. Was men er niet in geslaagd met den dam boven water te blijven, dan zou, bij het toen gekeerde verval van ongeveer 3.— m de uitspoeling ongetwijfeld zeer omvangrijk zijn geworden. Nu werd geen verlies van grond enz. geleden.

Op 17 Februari, 35 dagen na den aanvang waren beide gaten gedicht en 11 Maart was het werk geheel voltooid.

Op 13 Januari 1916 brak ook de dijk van de in den Biesbosch aan den Amer gelegen polder de Gijster en Heemplaats door en wel op 5 plaatsen, n.l. op 3 aan de Oostzijde en op 2 aan de Zuidzijde.

De zuidelijke doorbraken hadden een diepte van ongeveer 1.— m beneden H.W. of 0.40 à 0.50 m boven L.W. bij een wijdte van 23 en 22 m.

Een dezer gaten nam eenige dagen later zeer in omvang toe: de diepte werd daarbij 4.50 m — L.W. Voor de dichting was nu, in plaats van de geraamde 1.000 m³ grond in totaal, al 27.000 m³ zand noodig waarbij nog de klei voor de bekleeding kwam.

Van de drie gaten in den oostelijken dijk had het noordelijkste een lengte van 52 m op L.W. en 55 m in de kruin bij een grootste diepte van 6.60 m — L.W. en een gemiddelde diepte van ongeveer 4.— m — L.W. Het middelste gat had een lengte van 45 m op L.W. en 50 m in de kruin bij een grootste diepte van 9.— m — L.W. en een gemiddelde diepte van 4.40 m — L.W. Het zuidelijkste gat had een lengte van 49 m op L.W. en 55 m in de kruin bij een grootste diepte van 4.60 m — L.W. en een gemiddelde diepte van 3.65 m — L.W.

Het dichten van deze 5 doorbraken werd al op 19 Januari, den 6en dag na den stormvloed, in het openbaar aanbesteed en werd aangenomen door dezelfde aannemers die de voren- genoemde dichtingen van „de Elft” hadden aangenomen. De aannemingssom bedroeg f 60.350.—.

De profielen van dichting waren ongeveer gelijk aan die van den dijk van de Elft, fig. 124, de werkwijze was dezelfde. Het tijverschil is daar gemiddeld ongeveer 2.— m.

Op 7 Februari werd met het werk aangevangen. Door 15 grondwerkers werd het kleinste gat in den zuidelijken dijk in ruim een week gedicht. Op 17 Februari werd aangevangen met het dichten van het andere gat in den zuidelijken dijk, dat zooals boven werd vermeld, naderhand nog zoo diep was uitgestroomd. Begonnen werd met 1 baggermolen, 1 bakkenzuiger, 1 sleepboot, 4 elevatorbakken en 2 onderlossers, die aan de Elft waren vrijgekomen.

In de daarop volgende week werd het materieel versterkt tot 5 baggermolens, 3 bakkenzuigers, 3 sleepboten, 8 elevatorbakken en 2 onderlossers, doch na 2 weken werd het weer verminderd met één baggermolen en nog een week later weer met 2 baggermolens, 2 zuigers en een sleepboot.

Behalve het personeel op dat materieel waren nog 15 tot 29 grondwerkers en gedurende een 4-tal weken nog 10 rijswerkers tewerkgesteld en gehuisvest op 4 woonarken en op het materieel. De eerste 3 dagen werd 2.600 m³ zand verwerkt, de daarop volgende weken achtereenvolgens 17.000 m³, 19.000 m³, 28.000 m³ en 2.000 m³.

Op 1 Maart, 12 dagen na den aanvang van het baggeren waren de twee kleinste gaten dicht.

Ter beperking van de uitspoeling was inmiddels in ieder der twee resteerende gaten een zinkstuk aangebracht, de eenige die bij deze dichtingen zijn aangewend. 10 Maart waren ook deze beide gaten opgewerkt tot minstens 0.90 m + gem. H.W., midden Maart, 2 maanden na de doorbraak, waren de dijken weer volledig waterkeerend, 2½ maand na de doorbraak waren ze geheel hersteld.

De gevolgde werkwijze had dus veel succes opgeleverd zoowel wat betreft den duur der uitvoering als de kosten.

Een gunstige omstandigheid was hier, dat in de nabij gelegen geulen genoeg geschikt zand kon worden gebaggerd en de zuigers alle gaten dicht genoeg konden naderen om zand in die gaten te persen. Een enkele maal vielen de machines bij L.W. aan den grond, met geen ander gevolg echter dan ongewenscht oponthoud. De totale gestorte en opgespoten hoeveelheid zand was ongeveer het dubbele van de nwiskundigen inhoud der doorbraken. Een groot deel van het weggestroomde zand kwam terecht in en bij de wielen die bij de doorbraak waren ontstaan en vulde deze nagenoeg geheel. Een ander deel spoelde op het land en moest later worden verwijderd.

Lang niet alle dichtingen van doorbraken verlopen zoo voorspoedig als de bovenvermelde en er werden ook nog andere methoden toegepast.

In den dijk van den Nieuw-Olzende polder nabij Ierseke op Zuid-Beveland vielen bij den stormvloed van 12 Maart 1906 drie doorbraken van 50 m, 20 m en 15 m lengte, terwijl daarin diepten voorkwamen van 1.20 m tot 2.50 m onder den bovenkant der voorliggende slikken. In die slikken waren geulen ontstaan van ongeveer 1.— m diepte, die zeewaarts te niet liepen. Het tijverschil is daar gemiddeld ongeveer 3.30 m. De dichting der 3 gaten werd aanbesteed op 21 April d.a.v.

Hier paste men 2 dammen toe van met zand gevulde zakken met daartusschen schorgrond. Op 17 Mei had men zoo twee gaten dicht gekregen, maar de dammen waren niet sterk genoeg. Ze bezweken op 20 Mei, zoodat opnieuw moest worden begonnen. Op 13 Juni waren alle 3 gaten afgesloten, 53 dagen na de besteding, 3 maanden na de doorbraak.

Bij de dichting van ook op 12 Maart 1906 gevallen doorbraken in de dijken van den Eersten en Tweeden Bathpolder op Zuid-Beveland werden de gaten omringd door kaden, die reikten tot 1.20 m + H.W. Deze kaden waren bij den Eersten Bathpolder gereed in de eerste helft van April; bij den Tweeden Bathpolder kon de aanbesteding eerst einde Mei worden gehouden, maar toen waren de omringkaden al op 15 Juni voltooid.

Op 12 Maart 1906 brak ook de dijk door van den Reigersbergschen polder op Zuid-Beveland, aan de Wester Schelde. Over 40 m lengte schoof het binnenbeloop af tot in het buitenbeloop, zoodat buiten nog slechts een deel bleef staan met den hoogsten rand op ongeveer 1.— m + H.W. Onverwijd werd op het buitenbeloop een noodkeering gemaakt van palen en planken waarachter grond werd gestort. De noodkeering had een hoogte van 1.75 m + H.W. Bij het morgentij van 13 Maart vloeide het water erover, de noodkade spoelde geheel weg en de rand brokkelde af tot 0.50 m + H.W., terwijl de zate wegspoelde tot 1.30 m — H.W. en daarachter een kuil ontstond van 22 bij 23 m diep 3 à 4.— m — H.W.

Onmiddellijk werd nu op den overgebleven rand van het buitenbeloop een vingerling van schorgrond opgeworpen, die het volgend hoogwater een hoogte had van 1.95 m + H.W. en de vloed kon keeren. Met kracht is toen doorgewerkt tot de dijk weer was doorgetrokken tot de hoogte van 3.50 m + H.W. Het tijverschil is daar gemiddeld ongeveer 4.30 m.

Op 12 Maart 1906 brak ook de dijk door van den Grooten Isabellapolder in Zeeuwsch Vlaanderen over een lengte op half tij van 58.— m terwijl ter plaatse een gat ontstond van 3.60 tot 6.60 m — H.W. Het tijverschil is daar gemiddeld ongeveer 4.— m.

De Belgische eigenaar was bekoord door de gedachte, het gat ineens te stoppen, door er een vaartuig van 35 m lengte in te laten zinken. Het plan mislukte volkomen. Het vaartuig kwam wel in het gat maar er om en er onder spoelde de grond weg, het verzakte, brak en sloeg toen uitelkaar. Inmiddels was het gat groter geworden. Er werd nu een kade van schorgrond door het gat gelegd doch bij opkomend tij schoof die weg en het gat kreeg nu een diepte van 8.50 m — H.W.

Daarna werd een kade van schorgrond aan de zeezijde om het gat heengelegd, welke kade als verdediging slechts een smal zinkstukje en eenig rijsbeslag kreeg, maar ze hield het en op 18 April was zoo toch een dam verkregen, die de vlooden kon keeren.

Meermalen worden nog andere methoden dan de in bovenvermelde gevallen toegepaste, voor het dichten van doorbraken aanbevolen. Het heien van damwanden, het storten van dammen van enkel steen en het laten zinken van vaartuigen of groote bakken vonden enkele malen toepassing, doch voerden niet of moeilijk tot het doel.

Het dichten van de 4 gaten in den dijk om Walcheren, welke gaten in October 1944 met vliegtuigbommen waren gemaakt om door inundatie van het eiland, de Duitschers te noodzaken de verdediging van Walcheren op te geven, was een werk van zeer grooten omvang,

dat bij 3.— tot 4.50 m tijverskil, onder bijzonder moeilijke omstandigheden, moest worden uitgevoerd.

Doordat er bijna een jaar verliep eer tot de uitvoering kon worden overgegaan, kregen de door de bressen ontstane geulen een groote wijdtte en een buitengewoon groote diepte.

De materialen, benodigd voor zinkstukken en bestorting waren moeilijk en tot slechts beperkte hoeveelheden te verkrijgen.

Keileem, waarmede men aan de Zuiderzeewerken de dichtingen zoo voorspoedig had kunnen uitvoeren, was hier niet te verkrijgen, wel goede klei, doch deze moest 100 km ver worden gehaald en kon bij Westkapelle niet aan den dijk worden gebracht.

Wel echter kon worden beschikt over een ruim aantal pontons van uiteenlopende afmetingen tot een lengte van 60 m bij een breedte van 12 m en een hoogte van 12 m toe, die in Engeland voor oorlogsdoeleinden waren aangemaakt, over opgerolde antitorpedonetten van staaldraad, en over landingsvaartuigen, bulldozers, amphibivaartuigen enz.

Een en ander leidde er toe, dat bij deze dichtingen tot het laten zinken van groote eenheden werd overgegaan.

Het sluiten der gaten op deze wijze, gelukte, maar niet zonder tegenspoeden, die men niet zou hebben kunnen overwinnen, als voor verloren gegane pontons, niet onmiddellijk over andere had kunnen worden beschikt.

Het gat in den Nolledijk bij Vlissingen, was het eerste dat werd gedicht.

De nieuwe dijk werd binnenwaarts van den ouden dijk gelegd en verkreeg een lengte van 520 m.

Hij werd opgespoten van uit de Schelde gebaggerd zand, aan de zeezijde voorzien van een kleibekleding van 0.60 m à 1.— m dikte.

Toen het gat begin Augustus 1945 was vernauwd tot 120 m werd tot sluiting overgegaan ter plaatse van de diepe geul.

De bodem was daar van te voren bedekt met zinkstukken over 60 à 70 m breedte en op die bezinking werd nu van steen een dam

gestort, waarop 18 pontons van gewapend beton lang 12.75 m breed 4.65 m en hoog 2.60 m z.g. beetles zij aan zij zouden worden tot zinken gebracht.

Toen op 22 Augustus 1945 reeds 13 pontons op hun plaats waren gezet en de laatste 5 gekoppeld gereed lagen om met behulp van een groote kraan in de resterende opening te worden gevaren, werd het stormachtig en gingen de 5 gekoppelde pontons en 8 van de reeds geplaatste verloren. Het gat werd 40 m wijder.

Op 27 Augustus kon weer worden aangevangen met het vernauwen van het gat. Aanvan-



Fig. 126. Vloedstroom door het gat in den Nolledijk. Foto Jan Henning, Vlissingen.



Foto Jan Henning, Vlissingen.

Fig. 127. Sluitgat van den Nolledijk op 1 September 1945. De ebstroom bruist onder het in het sluitgat aan den grond gebracht vaartuig door.

kelijk werden alleen zand en klei verwerkt, tot om sneller op te schieten, eerst een ponton, daarna een ijzeren vaartuig, een z.g. Kempenaar, in langsrichting in het gat aan den grond werden gebracht en met klei werden afgedicht en belast. Daarna poogde men de resteerende opening met een in langsrichting geplaatste ponton af te sluiten, wat echter maar ten deele gelukte. Met steenen, antitorpedonetten en klei konden de laatste openingen worden afgedicht.

De pontons sloten

slecht tegen elkaar en op den bodem. De Kempenaar brak doormidden, de stroom ging er met geweld onderdoor, doch het mocht, met behulp van een groote kraan gelukken, alle lekken met klei af te dichten, waarna de sluitkade snel tot 3.— m + N.A.P. en hoger kon worden doorgetrokken.

De stormvloed op 24 September 1945 brak de afsluiting weer door. Er ontstond een gat van 35 m

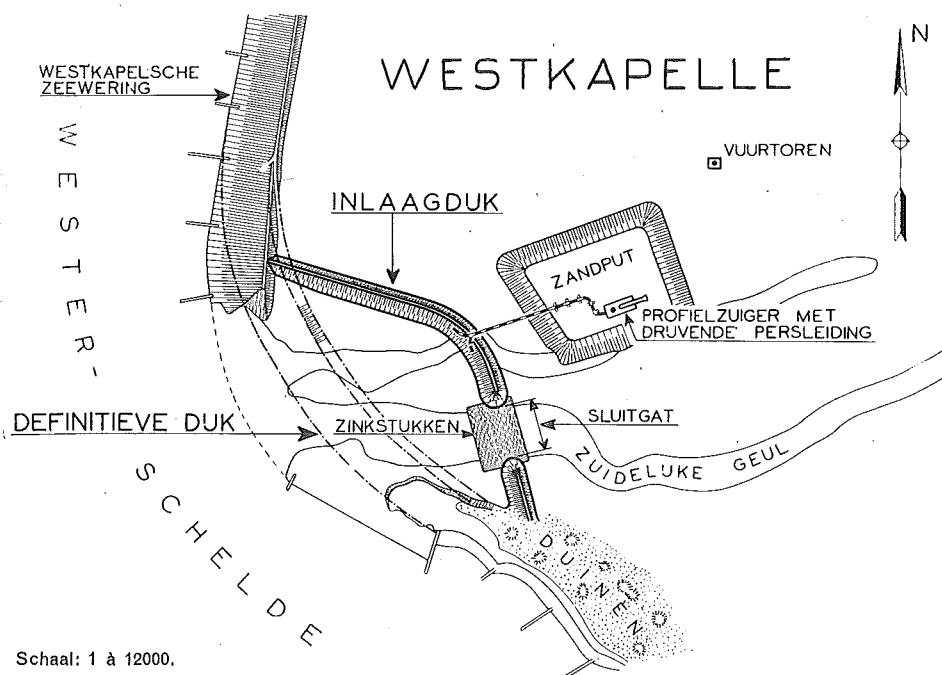


Fig. 128. Sluitgat van de bres bij Westkapelle. Sept. 1945.

van 35 m breedte, 2 van de in den dijk aanwezige pontons

verdwenen in de diepte, zinkstukken kwamen omhoog en dreven weg.

Deze nieuwe doorbraak werd afgedicht, door er eerst een ponton, daarna een landingsboot van 21 m lengte, in te doen zinken en een ponton van 38×17 m hoog 4 m aan de zeezijde ervoor aan den grond te zetten, met antitorpedonetten er naast en er achter. Vervolgens werden nog 2 kleine pontons aan de landzijde gezonken en op die 2 een derde gezet.

De kuil daarachter had toen een diepte van 7 m — N.A.P.

Zonder ophouden werden stalen netten en daarop klei gestort en werd zand gespoten.



Foto v. d. Boudt, Middelburg.

Fig. 129. Het blokkeeren van het sluitgat te Westkapelle op 2 Oct. 1945.

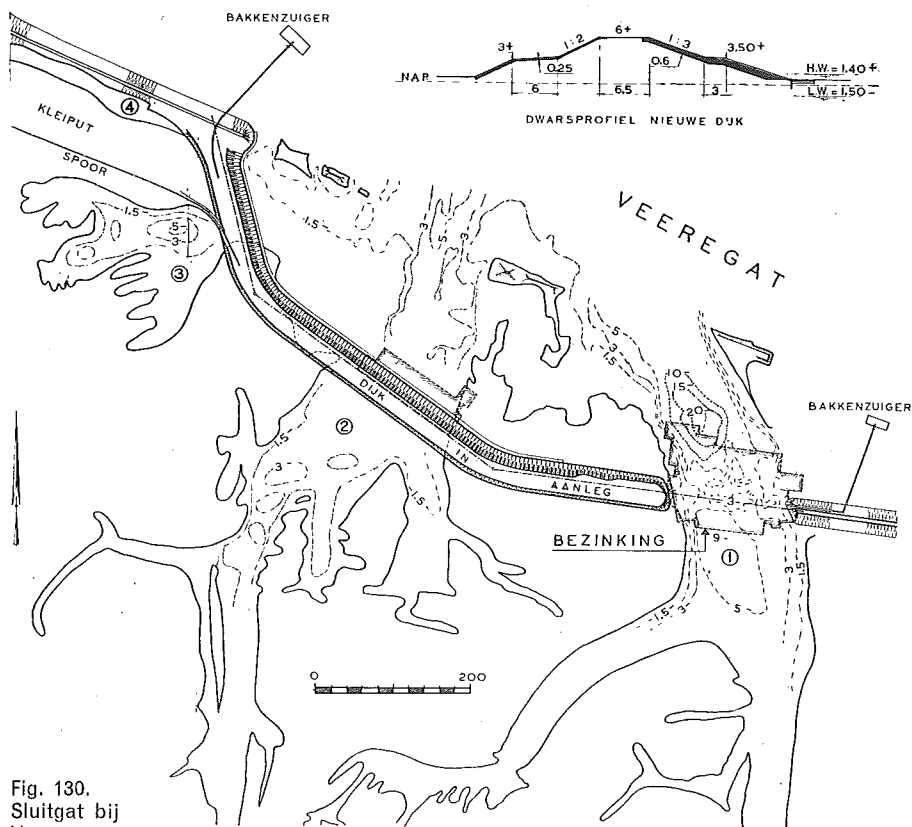


Fig. 130. Sluitgat bij Veere.

Tot steun van de klei werden op de groote ponton, 14 stuks gekoppelde ijzeren pontons van 2.17×1.55 m hoog 1.55 m, gezet.

Na vanaf 26 September dag en nacht te hebben door-gewerkt was de doorbraak op 2 October d.a.v. weer gesloten en kon in een rustiger tempo, de nieuwe dijk vervolgens worden voltooid.

In de bres te Westkapelle waren twee geulen ontstaan. Ter plaat-

se van de grootste, de zuidelijke, werd het sluitgat ontworpen. Daar werd de bodem over 110 m in de lengterichting van den dijk, ter breedte van 80 m bezonken. Een groote zuiger werd tewerk gesteld naast de noordelijke geul, de eenige plaats waar hij veilig kon liggen, doch waar hij zich achter den nieuwen dijk zou opsluiten. Fig. 128.

Door opspuiten van zand en het aan de zeezijde bekleeden met klei, die in de nabijheid uit niet geïnundeerd terrein kon worden ontgraven, welke klei nogal mager was, kon de nieuwe dijk worden gemaakt, tot nog een gat van 40 m overbleef. Toen echter ruimden hooge vloedden veel zand weer op, waardoor het gat verwijdde tot 110 m. De koppen werden opnieuw vooruitgebracht en begin September dacht men het gat te sluiten met 4 pontons van 24.40 m lengte, 17.25 m breedte en 4.57 m

hoogte met 2.15 m diepgang. Van de eerste 2 pontons, die van Vlissingen werden gehaald, geraakte 1 lek, op eenigen afstand zeewaarts van het sluitgat. De bezinking werd door den fellen stroom aangetast, een zinkstuk dreef weg en er ontstond een gat van 9 m diepte. De eerste poging tot sluiten was mislukt, vóór goed was begonnen. Nadat de kuil met zand was volgespoten, de bezinking was hersteld en daarop een dam van 25 m kruinsbreedte tot ongeveer 3.50 m — N.A.P. van steen was gestort, wilde men het gat blokkeeren met 2 gekoppelde pontons van 38 × 50 m hoog 4 m.

De eerste ponton werd 30 Sept. aangevoerd, de tweede op 1 Oct. doch deze stiet bij het binnenvaren op een versperring en zonk. Terstond werd een nieuwe gehaald en aan de eerste gekoppeld. De breedte was nog onvoldoende waarom aan de eene zijde nog een betonnen waterschip, en aan de andere zijde een kleine ponton, een z.g. beetle, werd vastgemaakt.

Dit samenstel werd op 2 Oct. met 2 sleepbooten in de opening getrokken. Fig. 129. Ter juiste plaatse aangekomen, werden ze met springladingen op den bodem, tot zinken gebracht.

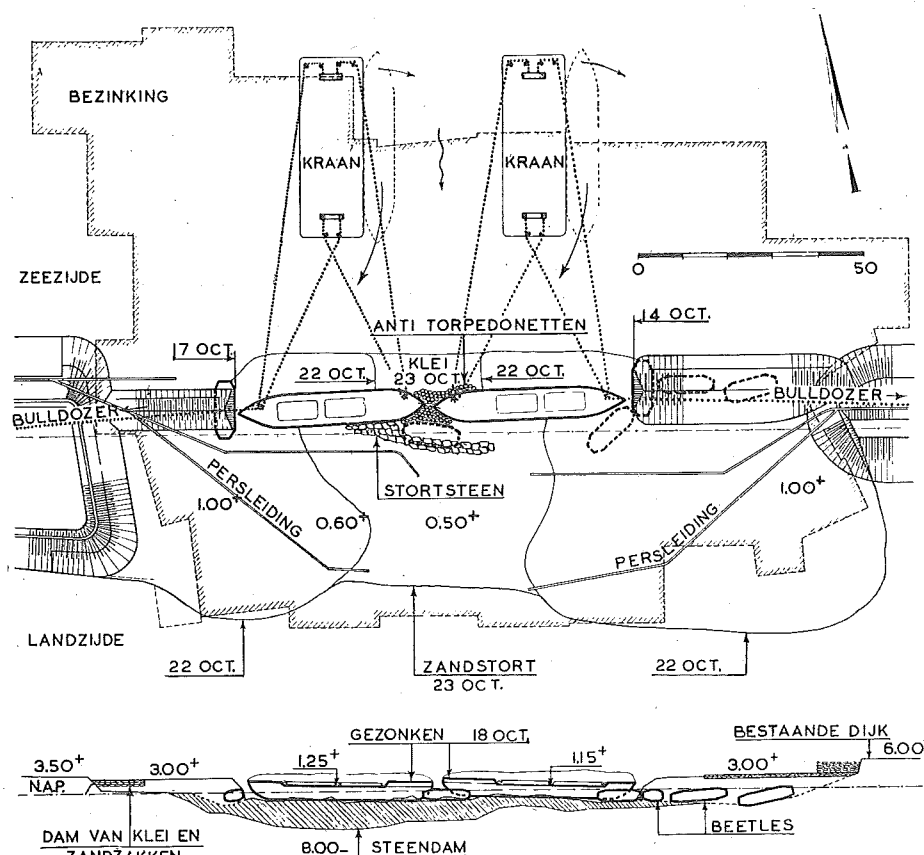


Fig. 131. Het sluitgat bij Veere geblokkeerd. 18 October 1945.

De bovenkant van de pontons varieerde van 0.24 m tot 1.95 m + N.A.P. De vloed liep er dus overheen.

Terstond na het zinken van de pontons, de waterboot en 2 beetles werden de openingen tusschen de pontons en de koppen van den dijk, volgestort met steen en met zand in zakken. Een 5 m breede dam van met zand gevulde zakken hoog 3 m + N.A.P. werd nu tot de pontons doorgetrokken.

De afsluiting was nog ver van dicht. Door de steenen dammen liep een felle stroom en door het spuiten van zand en het storten van steen, werden de lekken maar moeizaam verkleind.

Op 10 October werd de dam van met zand gevulde zakken in één rij over de pontons doorgetrokken.

Door het voortdurend storten van steen, puin, zand en klei, gelukte het ten slotte de lekken in de afdamming te dichten.

Was het tijverschil binnen de afdamming eerst 103 cm en na een dag nog 65 cm, na 3 dagen was het verminderd tot 10 cm en dat verschil verdween geheel, toen het zand tegen den dam was opgespoten tot H.W.

Bij Veere was de dijk over groote lengte vernield. De nieuwe dijk, die meteen bocht naar binnen is gelegd, heeft een lengte van 1000 m.

Hier waren meerdere geulen ontstaan, waaronder 3 wijde en diepe. Het sluitgat werd ontworpen ter plaatse

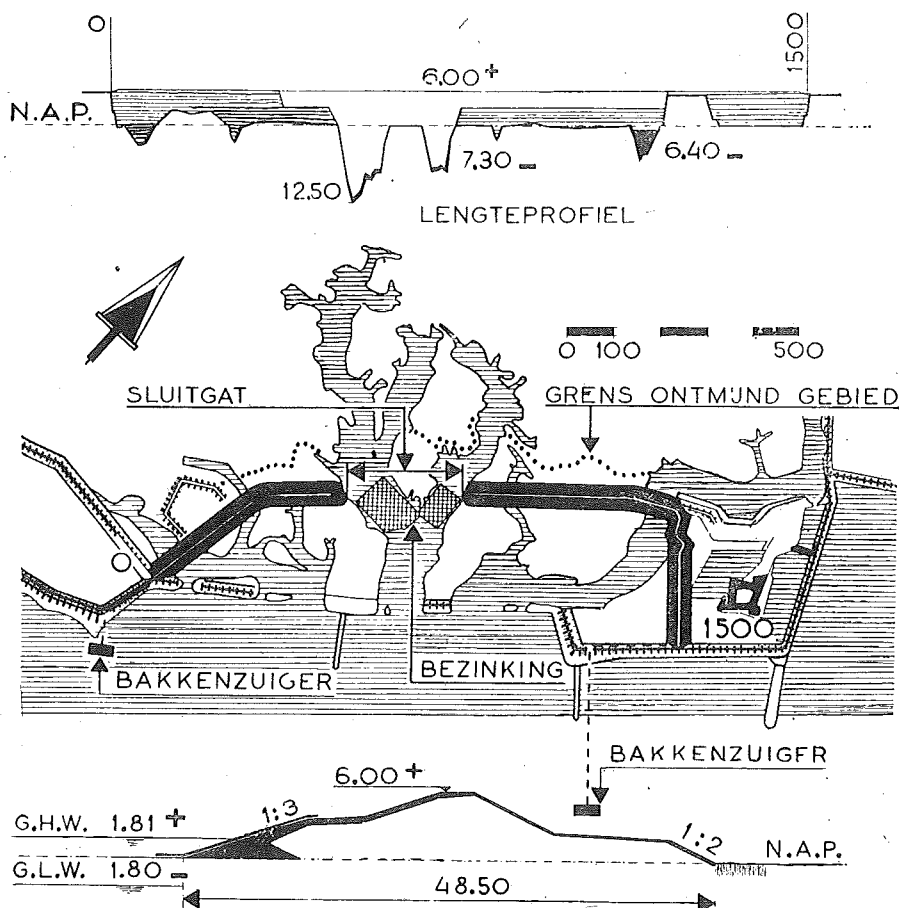


Fig. 132. Rammekens, Oct. 1945.

van de kruising van de meest zuidelijke.

Toen de dijk tot die geul was doorgetrokken, bedroeg de breedte van het gat nog 160 m. De bodem was bezonken tot 70 à 80 m buiten en 20 m binnen de as van den dijk. Nabij de bezinking had de geul aan de buitenzijde een diepte van 5 tot 20 m aan de binnenzijde van 3 tot 9 m — N.A.P. Fig. 130. Het sluitgat werd door opspuiten tot ongeveer 100 m vernauwd. De bodem werd met steen opgehoogd tot ± 3 m — N.A.P. Met het oog op de e.v. springtijden

moest met de verdere dichting groote spoed worden betracht.

Op 18 October 1945 werden 2 schepen van gewapend beton in langs-richting tegelijk in het gat gevaren door ze met den stroom mee te vieren met behulp van 2 aan de zeezijde verankerde drijvende kranen. Op de juiste plaats in elkaars verlengde, werden ze tot zinken gebracht en volgestort met klei.

In de openingen werden

beetles gezonken en in de ruimte tusschen de vaartuigen werd klei gestort tegen een rug van steen aan de binnenzijde. Om de klei vast te houden werd ook hier een ruim gebruik gemaakt van antitorpedonetten. Zoo snel mogelijk werd aan de buitenzijde der schepen klei gestort en aan de binnenzijde met 2 zuigers zand gespoten. Fig. 131.

Hoewel met de vaartuigen slechts een smalle dam tusschen diepe gaten werd gevormd, verliep deze sluiting alleszins voorspoedig. Mooi weer en gunstige tijen, werkten zeer mede.

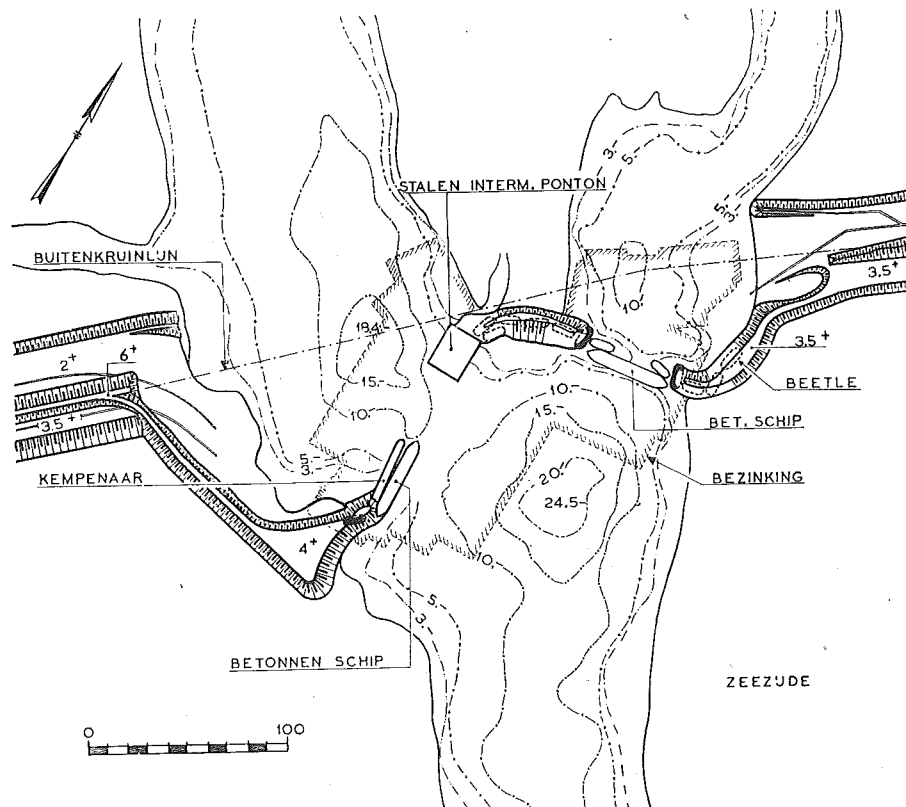


Fig. 133. Het sluitgat bij Rammekens, eind November 1945.



Fig. 134. De op 1 Dec. 1945 geplaatste Phoenix ponton is hevig zij- en onderloopsch.

Foto v. d. Boudt, Middelburg.

Het laatste gat, dat op Walcheren moest worden ge-

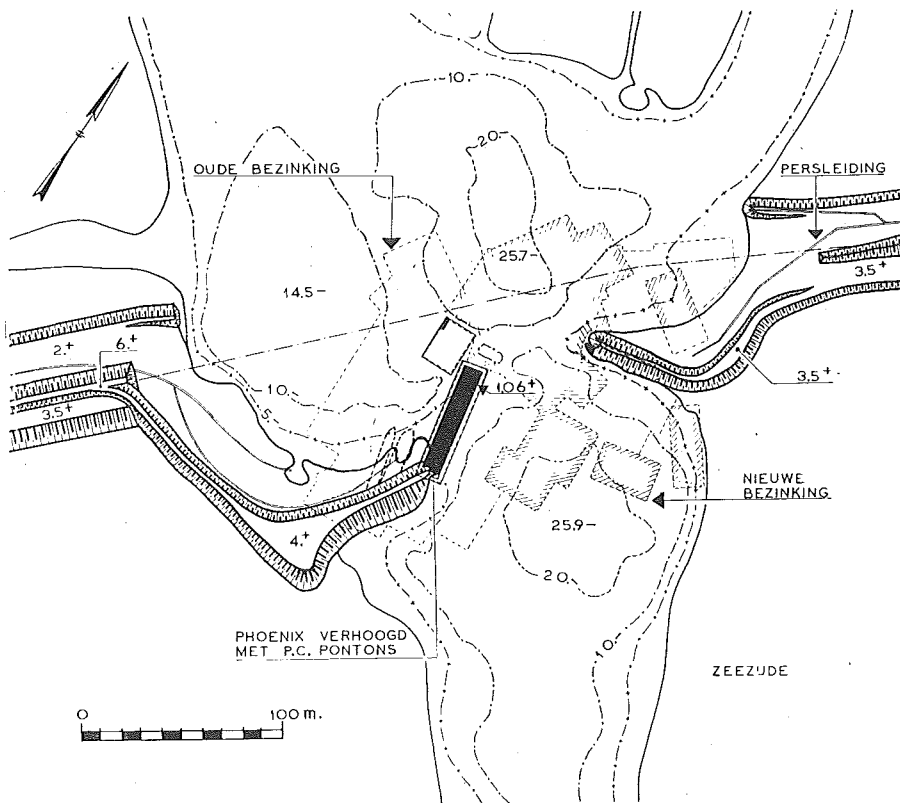


Fig. 135. Het sluitgat bij Rammenkens na de mislukte blokkeering van 1 Dec. 1945.
Toestand begin Jan. '46.

geul was de machtigste. Op korten afstand zeewaarts van de as van den nieuwen dijk splitste die geul zich in twee takken. Daar werd het sluitgat ontworpen en werd de bodem al vroegtijdig met zinkstukken verdedigd.

Het voor den dijk benodigde zand werd in de nabijheid uit de Schelde gezogen, de klei werd bij Klundert uit het Hollandsch Diep gebaggerd. Aan weerszijden van het sluitgat werd de dijk door opspuiten vanaf de einden vooruitgebouwd. Het passeeren van geulen vorderde veel bezinking en bestorting maar gaf geen bezwaren.

dicht, dat bij Rammenkens, was tevens het wijdste, met de diepste geulen. Deze dichting verliep niet zonder ernstigen tegenspoed. De dijk was over 750 m vernield. De nieuwe dijk werd 150 m naar binnen gelegd en werd 1500 m lang. Fig. 132. Hier waren een 5 tal geulen ontstaan waardoor bij springtij omstreeks 24 miljoen m³ en bij doortij ongeveer 10 miljoen m³ water per tij, in- en uitstroomde.

De middelste

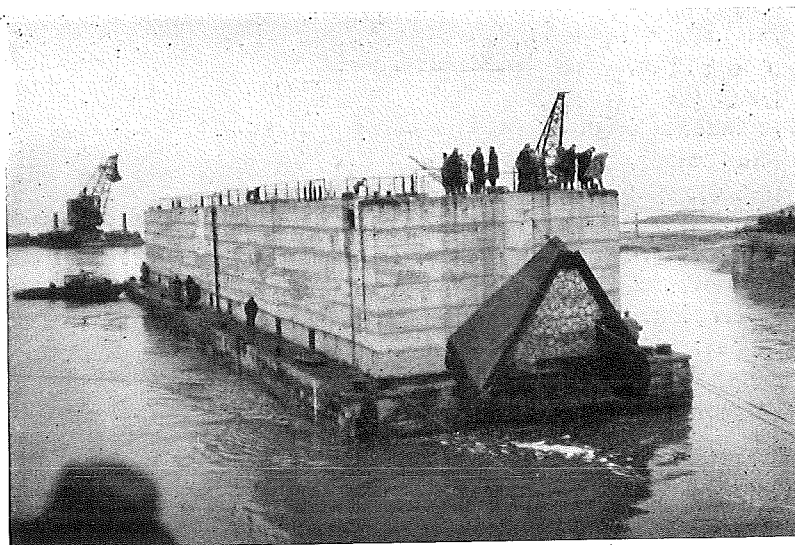


Foto v. d. Boudt, Middelburg.

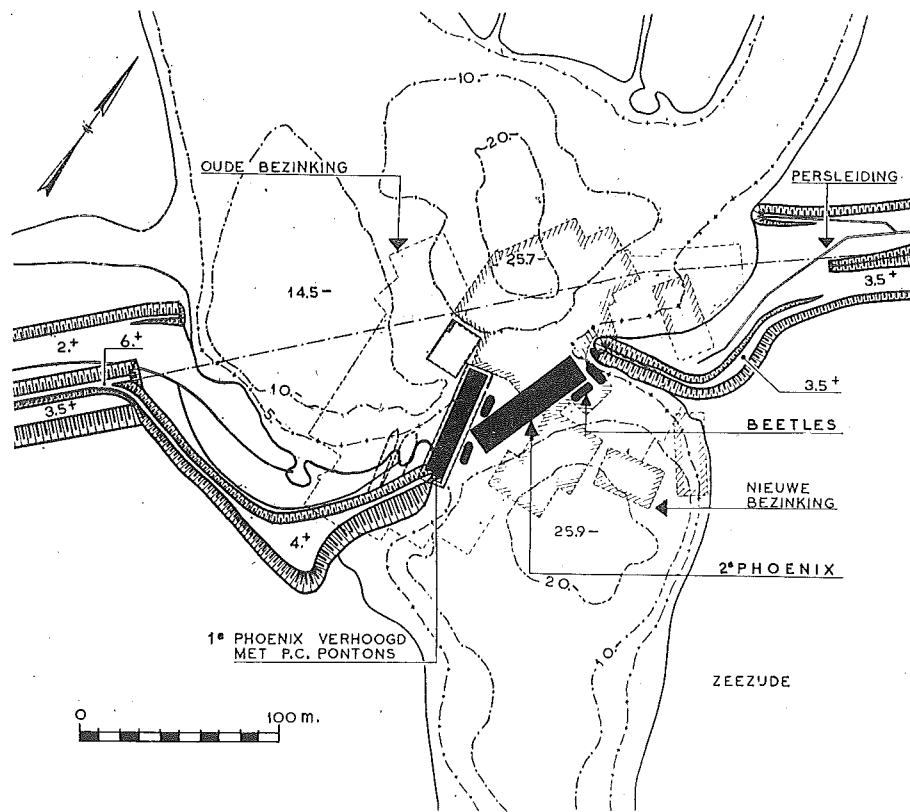
Fig. 136. Op 24 Jan. 1946 wordt weer een Phoenix in het sluitgat gevaren.

Toen de koppen van den dijk elkaar tot op 300 m waren genaderd werden ze zeewaarts langs de geul uitgebouwd. Op de punt van het schiereiland tusschen de takken der geul werd een kade opgeworpen van beetles en klei. Op 10 Nov. 1945 werd aan het westelijk einde daarvan een stalen ponton van 18×23 m aan den grond gezet. Op 25 Nov. werden aan de andere zijde van de westelijke tak een Kempenaar en een betonnen schip naast elkaar tot zinken gebracht, fig. 133, nadat een daar geplaatste stalen ponton in de diepte was verdwenen.

Op 28 November werd nu eerst de oostelijke tak afgesloten met een betonnen vaartuig van 44 m lengte met beetles aan de einden.

Hoewel hier de tot 2.— m — N.A.P. opgestorte drempel niet breder was dan 15 m en de geul aan de zeezijde een diepte had van 24.5 m, mocht het toch gelukken, deze afsluiting met steen en klei te voltooien en ze te behouden, zie fig. 133.

Op 1 December werd een betonnen ponton van 60×12 m, hoog 12 m, een z.g. Phoenix, beladen met 180 ton steen, in het, nu nog alleen open zijnde sluitgat



24 Jan. 1946 Rammenkens.

Fig. 137. Het sluitgat bij Rammenkens voor de tweede maal geblokkeerd.

van de westelijke tak, dicht tegen de daar al aanwezige versperringen, aangebracht

Het ter plaatse brengen en doen zinken van de ponton gelukte uitstekend, doch de afsluiting bleek hevig zij- en onderloopsch en dit kon bij deze groote ponton niet snel genoeg worden verholpen. Fig. 134. De bezinking en bestorting op den smalle drempel tusschen 2 diepe kuilen, ging zakken, de Phoenix zakte mee, de ijzeren ponton zakte scheef en schoof af en het ergste was, dat tusschen de pontons en de punt van het schiereiland nu zoo'n felle stroom ging loopen, dat de kade wegviel en waar eerst land was, al spoedig een kuil ontstond van 25 m diepte en een gat van grooter wijidte, dan het afgeslotene. Fig. 135.

De sluiting was mislukt en door bodembezinking en het storten van veel steen moest een drempel worden gevormd, waarop een nieuwe dichting zou kunnen worden beproefd.

Met alle macht werd dag en nacht doorgewerkt, maar het duurde tot 24 Januari 1946 eer men

een nieuwe poging om het gat te blokkeeren, kon wagen.

Weer werd een Phoenixponton voor deze afsluiting bestemd. Fig. 136. Met 5 sleepbooten werd deze tegen de bestorting geduwd en daarna door het openen van kranen tot zinken gebracht.

De aan de einden overgebleven openingen werden zoo goed mogelijk snel met beetles, steenen, antitorpedonetten en klei afgesloten. Fig. 137.

Door het aanhoudend storten van klei met 3 kranen en het spuiten van zand met 3 groote zandzuigers mocht het, na een strijd van 14 dagen tenslotte gelukken, de lekken volledig te stoppen. De afsluiting van de oostelijke tak hield zich al dien tijd uitstekend.

Op 3 Februari 1946, kon deze afsluiting, verkregen met groote drijvende lichamen en met behulp van veel zeer krachtig materieel en vele werklieden, ten slotte als voldoende veilig worden beschouwd en kon de dijk daarlangs verder worden doorgetrokken.

Uit al de ervaringen bij het afsluiten van geulen en krekken en het dichtten van doorbraken opgedaan, valt op te maken, dat overal waar stroom door de geul of het gat trekt er rekening mee gehouden moet worden:

1e. dat bij geleidelijke vernauwing de stroomsnelheid in het gat toeneemt en daardoor veelal ook de diepte grooter wordt. De verdieping is het grootst voor en terzijde van den kop van de vernauwing en daardoor komt tenslotte de hoogte van den afsluitdam over bijna de geheele lengte overeen met een veel grootere diepte van de geul, dan die ze bij den aanvang van het werk had.

Ergers is nog, dat er een moment kan komen, dat de diepte in een bepaald tijdsbestek evenveel of meer toeneemt, dan de vernauwing in dienzelfden tijd. Kan men door krachtiger uitvoering of doordat bij wisseling der waterstanden de stroomsnelheid afneemt, niet over het doode punt heenkomen, dan dreigt algeheele mislukking. De kansen op succes van geleidelijke vernauwing worden veel grooter, als vooraf de bodem van de geul over de volle breedte en over een lengte, waarvan het minimum afhangt van de diepte, de stroomsnelheden, de aard van den bodem enz., tegen aantasting door den stroom wordt beveiligd.

Dan is het nog van belang, in hoeverre het materiaal waarmee de dichting wordt uitgevoerd, tegen wegstroomden bestand is. Ook nu kan nog het moment aanbreken, dat men niet meer vordert, omdat evenveel in een bepaald tijdsbestek wegstroomt, als men in denzelfden tijd kan verwerken.

2e. dat bij geleidelijke verkleining van de diepte er een oogenblik komt, waarop verdere verondieping met verruiming van de breedte gepaard zal gaan.

Gewoonlijk kan de diepte al belangrijk worden verkleind eer verbreeding zal ontstaan. Het zoodanig versterken van de oevers dat geen verbreeding kan optreden, is over het algemeen niet moeilijk en niet kostbaar.

Belet men de verbreeding of voert men die niet zelf uit — verbreedt men in den regel verre te verkiezen boven het laten uitstroomen — dan treedt verdere stroomversnelling op en voor elk geval afzonderlijk zal moeten worden nagegaan, wat is te verkiezen, grooter wijdte of grooter stroomsnelheid. Wordt voor het geleidelijk verminderen van de diepte materiaal gebruikt dat zelve niet door den stroom wordt meegevoerd, of geschiedt dit met constructie's, die door den stroom en de waterdruk niet van hun plaats kunnen worden gebracht, dan kan tusschen versterkte oevers de dichting worden voortgezet tot die voleindigd is.

Gebruikt men echter materiaal dat wel door den stroom wordt aangetast, dan neemt het verlies van materiaal toe naarmate de diepte verkleind wordt. Men vordert dan hoe langer hoe slechter en ook nu kan het oogenblik aanbreken, dat al het materiaal, dat men verwerkt, door den stroom wordt meegevoerd.

Of versterking van den aanvoer of aanwending van beter tegen den stroom bestand mate-

riaal, b.v. keileem, klei of zinkstukken (met steen bezwaard) in plaats van zand, moet dan worden toegepast om over het doode punt heen te komen en mislukking te ontgaan.

3e. dat van de wisselende waterstanden door de tijbeweging kan worden geprofiteerd om met geringe middelen in den droge de afdamming snel op te hoogen maar dat men daarbij het opkomende water dan ook steeds voor moet blijven omdat anders achteruitgang van grooten omvang door uitstrooming kan optreden.

Waar dat over de geheele wijde van het gat niet mogelijk zal zijn, moet het oppervlak van den onvoltooiden dam worden beschermd met materialen of constructie's die hem tegen uitspoelen of wegstroomen bestand doen zijn en moet voor de afdichting ook boven L.W. materiaal worden gebruikt, dat niet door den stroom wordt meegevoerd of moet althans plaatselijk (aan den kop o.a.) door materiaal worden toegepast, dat door den stroom niet wordt verplaatst of meegenomen.

4e. dat de steeds wisselende omstandigheden tijdens de uitvoering het wenschelijk maken materialen en constructie's aan te wenden, waarmee men zich snel en zonder groot bezwaar aan al die wisselingen kan aanpassen.

5e. dat starre constructie's, die dicht tegen elkander en op den grond moeten aansluiten, waarvan de diepgang, hoogte enz. niet of niet snel veranderd kunnen worden en waarvan het vervoeren en verwerken vrij gevoelig is voor stroom, golfslag en wind, al zijn ze overigens geschikt voor het doel, voor dit soort werk toch al te veel kans op oponthoud, kostenverhoging en mislukking geven.

§ 25. Slaperdijken en droomers of z.g. droge dijken.

Na bedijking van nieuwe polders worden de oude dijken niet vergraven. Men behoudt ze als slaperdijken. Ligt steenglooing op het buitenbeloop, dan wordt deze terstond of later opgenomen en veelal aan den nieuwen dijk weer verwerkt, maar overigens laat men den ouden dijk zooals hij is. Vooral in Zeeland, waar in den loop der eeuwen zoovele polders door de zee weer zijn verzwolgen, leeft het besef, dat de dijk nog wel eens opnieuw de buitenste verdediging zou kunnen worden.

Maar bovendien is het voordeel van een tweede waterkeering voor iederen polder van groot belang, omdat hij overstrooming zal kunnen beperken, als de nieuwe dijk door stormvloed of dijkval te eeniger tijd mocht bezwijken.

Niet alle bestaande slaperdijken zijn oorspronkelijk waker geweest. Waar geen nieuwe polders zijn gemaakt, doch de dijk al sedert eeuwen waterkeering is, moet deze vaak een groot gebied tegen overstrooming beveiligen, wat o.a. het geval is langs de westkust van Friesland.

Om de noodlottige gevolgen van dijkbreuk te beperken zijn hier en daar slaperdijken opzettelijk aangelegd, die aan de einden tegen den zeedijk of tegen hooge gronden aansluiten.

Slaperdijken zijn over het algemeen hinderlijk voor het verkeer te water en te land.

Om niet in hooge opritten te vervallen worden voor de kruising met spoorwegen en dikwijls ook met belangrijke gewone wegen, dijkgaten aangebracht, die met deuren, schotbalken of schuiven kunnen worden afgesloten.

Moet een kanaal den slaperdijk kruisen, dan wordt ter plaatse van het kruispunt een keersluis gebouwd, tenzij aanleg van hooge dijken langs het kanaal een betere of minder kostbare oplossing mocht kunnen geven.

Hoe hoog de slaperdijken ten minste moeten zijn, hangt van velerlei omstandigheden af, in de eerste plaats van de standen, die bij inundatie door dijkbreuken tegen den dijk kunnen ontstaan.

Die standen worden beheerscht door de wijde en diepte der dijkbreuken, de uitgestrekt-

heid en hoogte van het overstroomde gebied, de duur van de inundatie enz. maar zoolang de voorliggende dijk niet als waterkeering is opgegeven, zullen tegen den slaperdijk de waterstanden belangrijk lager blijven dan de hoogst mogelijke of de hoogst bekende standen in zee.

Gewoonlijk komen de hoogste standen tegen den slaperdijk niet voor tijdens den stormvloed waarbij de waker of wakkere dijk doorbrak, doch bij latere hooge vloedén vóórdat de gaten weer zijn gedicht. Zoo viel, in het op 14 Januari 1916 overstroomde deel van Noordholland de hoogste stand op 18 Februari 1916. Het water steeg toen te Purmerend tot $0.70 \text{ m} + \text{N.A.P.}$, dat is ongeveer $2. — \text{ m}$ beneden den stormvloedsstand in zee op 13—14 Januari te voren.

De Anna Paulownapolder vloeide na de doorbraak op 13 Januari 1916 snel vol, doch het water kwam op 15 Januari toch niet hooger dan $0.95 \text{ m} + \text{N.A.P.} = 1.37 \text{ m}$ beneden den hoogsten zeestand van 14 Januari. Op 16/17 Februari bereikte het water in den polder een stand van $1.10 \text{ m} + \text{N.A.P.}$ of 1.22 m beneden den hoogsten stand in zee op 13 Januari tevoren.

Aan slaperdijken is wegens de geringere waterdiepte minder golfoploop te duchten dan aan wakende dijken, zoodat ook uit dien hoofde bij den slaperdijk met minder hoogte kan worden volstaan.

De kruinsbreedte is gewoonlijk $2. — \text{ m}$ doch als er een weg over loopt, 5 tot $7. — \text{ m}$. De belopen zijn veelal 1 op 3 en 1 op 2.

Sommige slaperdijken, die nimmer zeedijk zijn geweest, heeft men bij gebrek aan meer geschikte grond, van zand of veen gemaakt, met een vrij dunne kleibekleding. Van die dijken is het buitenbeloop 1 op 5 of 1 op 6 en het binnenbeloop 1 op $2\frac{1}{2}$ à 1 op 4. Slaperdijken zijn met gras begroeid en worden beweid en gemaaid. Niet zelden zijn ze tevens met boomen beplant, die, als de dijk moet keeren, soms zeer nadeelig kunnen zijn, daar ze bij harden wind aanleiding geven tot het ontstaan van scheuren, verweeking enz.

Is een dijk de derde of vierde van buitenaf gerekend, dus droomer, dan wordt hij ook nog wel als reservekeering onderhouden maar gaat men er ook menigmaal toe over, hem als bouwland te gebruiken, de kruin te verlagen, de belopen flauwer te maken, voor den doorgang van wegen er laagten in aan te brengen enz., zoodat de beteekenis als reserve waterkeering voor een goed deel, maar toch niet heelemaal verloren gaat.

§ 26. Inlaagdijken.

Als men vreest, dat een zeedijk zal doorbreken, doordat het diepe van een geul den dijk al te zeer is genaderd en men zich finantieel of technisch niet in staat acht afdoende maatregelen tot behoud van den dijk te nemen, dan wordt wel een inlaagdijk gelegd, d.w.z. een nieuwe dijk ongeveer evenwijdig aan de stroomdraad van de geul of aan den zeedijk, landwaarts van den zeedijk.

Soms strekt zich de inlaagdijk uit langs de geheele lengte van den polder, dus van dwarsdijk tot dwarsdijk, in andere gevallen, waar de oude zeedijk niet over de geheele lengte gevaarlijk ligt, wordt de inlaagdijk korter gemaakt en buigt aan de einden dan om tot tegen den buitendijk. Fig. 43 en 50.

Het maken van een inlaagdijk is de eerste stap op den weg van terugtrekken voor de zee, een stap, die door velen ernstig wordt afgekeurd, want terugtrekken beteekent: vrijwel alles opgeven, wat aan aanleg en verdediging van den polder is ten koste gelegd niet alleen, maar de restanten ervan vormen op den zeebodem een verhooging die de stroom zeer nadeelig naar den nieuwen dijk kan stuwen.

De gewone gang van zaken is, dat de inlaagdijk, na het opgeven van de oude waterkeering, na korter of langer tijd in denzelfden gevaarlijken toestand komt als deze voordien en het terugtrekken opnieuw aan de orde komt en men, ten koste van hooge uitgaven en landverlies niets heeft gewonnen dan wat uitstel.

Alleen als buiten den inlaagdijk genoeg vaste punten overblijven of worden aangelegd om verdere teruggang van den oever geheel te voorkomen en die vaste punten met den aanleg van den inlaagdijk veel minder uitgaven vorderen dan handhaving van den oever op de oude plaats, b.v. door een aaneengesloten bezinking en bestorting, en daarbij de dijk zal passen in een afgerond verdedigingsstelsel, kan men met aanleg van een inlaagdijk vrede hebben.

In vroegere tijden, toen men nog geen ander middel kende om afname van den oever tegen te gaan, dan het uitbrengen van hoofden en dit middel zoo dikwijls faalde, zat er vaak niet anders op dan een inlaagdijk te leggen wilde men niet den geheelen polder prijsgeven, nu wordt van dien aanleg vaak gevreesd, dat deze zal leiden tot verslapping of uitstel van den strijd tegen de zee en tot bezuiniging, die in de toekomst noodlottig zal worden.

Op tal van punten langs onze kusten is al gebleken, dat met een inlaagdijk soms wel voor een korten tijd, maar zelden definitief, de ergste gevaren voor den polder of voor de naburige polders kunnen worden ontgaan.

Een inlaagdijk krijgt gewoonlijk ongeveer dezelfde hoogte, belooopen en kruinsbreedte als de bestaande zeedijk, maar ook legt men hem wel lager en lichter aan uit overweging, dat, als de dijk werkelijk als zeewering dienst moet gaan doen, er wel tijd en gelegenheid zal zijn hem tot zeedijk te verzwaren. Aan den ouden dijk kan dan grond worden ontleend. Dit geldt vooral daar, waar het verlies van den bestaanden dijk waarschijnlijk in nauw verband zal staan met dijkval, waarmee nimmer hooge stormvloeden gepaard gaan.

Het is echter volstrekt niet uitgesloten, dat een dijkval ontstaat tijdens of kort voor het stormseizoen, zoodat dan het verhoogen en verzwaren van den inlaagdijk niet alleen in het ongunstige seizoen moet geschieden, doch de dijk ook nog niet in de beste conditie zal verkeeren, als hij al door hooge vloeden kan worden belooopen.

De inlaagdijk bij den aanleg meteen op volle hoogte en zwaarte te brengen, is daarom wel verkieslijk en in vele gevallen zelfs noodig.

Verdediging brengt men op het buitenbeloop zelden aan. Geeft men den ouden dijk prijs, dan wordt die van zijn verdediging zooveel mogelijk ontdaan en de afkomende materialen worden voor verdediging van den inlaagdijk gebruikt. Soms kan dat in het stormseizoen ook moeilijkheden geven, maar de kans daarop getroost men zich liever dan voor de verdediging al dadelijk zeer groote bedragen uit te geven.

Door den inlaagdijk wordt een deel van den polder, de z.g. inlaag of kuip, van zijn gewone afwatering afgesloten. Om daarin te voorzien, moet in een der dijken — meestal in den inlaagdijk — een duiker worden gebouwd. Dat deze duiker later voor afwatering naar zee van het resteerend deel van den polder zal kunnen dienen, is zeer twijfelachtig, omdat niet is te voorzien, waar de uitwatering later het beste mogelijk zal zijn.

§ 27. Hoogte.**a. Waterstanden.**

De rivierdijken moeten uit den aard der zaak bij de hoogste waterstanden, die ooit ter plaatse kunnen voorkomen, het water kunnen keeren. Het is dus van belang die hoogste standen te kennen; men heeft daarvoor geen andere gegevens, dan vroegere waarnemingen en voor sommige vakken berekeningen. De geneigdheid is steeds groot, om aan te nemen, dat de tot dusver voorgekomen hoogste stand niet meer zal worden overschreden; echter tot 1883 beschouwde men zoo de hooge standen van 1876 op den Rijn en die van 1880 op de Maas tot in 1883 toch weer hoogere standen voorkwamen, terwijl deze laatste standen op sommige plaatsen in Januari 1920 en deze nog weer in Januari 1926 werden overschreden.

Op de hoogste waterstanden zijn o.a. van invloed: de uitgestrektheid van het stroomgebied, de terreinhellingen, de hoogte, grondsoorten en gesteenten, de bebossching, bebouwing enz. enz., voornamelijk door den invloed die ze hebben op den meer of minder snellen afvoer van regen en smeltwater naar de rivier en op het deel van den neerslag dat teruggehouden wordt door verdamping of wordt opgenomen door planten en dat de rivier dus niet bereikt.

Vele factoren, die op den afvoer van een rivier van invloed zijn, blijven steeds gelijk, andere echter, als bebouwing ont- of bebossching, het gebruiken van den stroom voor technische doeleinden en het daarvoor opstuwen van het water door dalafsluiting, bevoeiing, rivier-afsnijdingen, kanalisatie enz. zijn veranderlijk.

De veranderingen zijn in hoofdzaak in eersten aanleg menschenwerk en ieder afzonderlijk van geringen invloed op de allerhoogste standen. Toch is het niet onmogelijk dat, vooral ontbossching omvangrijk genoeg kan worden om tot vergrooting van den maximalen afvoer en daardoor tot verhooging van de hoogste standen te leiden.

Zekerheid, dat de grootste neerslag door een toevallige samenloop van omstandigheden, de tot dusver voorgekomene niet zal overtreffen, is er ook niet en de veiligheid gebiedt dus, op overschrijding van de hoogst bekende standen te rekenen.

Bij gelijken afvoer en breedte van de rivier, wordt de hoogste waterstand beheerscht door de hoogte van het rivierbed. Bij sterke helling van dat bed is de stroomsnelheid groot en het water schuurt dat bed uit, te sneller naarmate de samenhang van de bodemstoffen geringer is of — in sommige gevallen — beter in water oplosbaar is. Met den bodem daalt dan de waterstand: tal van rivieren en riviergedeelten hebben zoo diepe beddingen in den bodem uitgeschuurd.

De losgemaakte en meegevoerde stoffen bezinken op plaatsen waar de bodem minder heft en waar diengevolge de stroomsnelheid geringer is. Daar heeft dus verhooging van het rivierbed plaats en stijgen de waterstanden. Dit kan tengevolge hebben, dat het rivierbed boven het omringende terrein komt te liggen, op een gegeven oogenblik de hooge randen van het bed doorbreken en de rivier zich naar het lagere terrein verplaatst en een geheel nieuwe richting neemt. Dit heeft zich o.a. op groote schaal herhaaldelijk voorgedaan in China waar de bodem bestaat uit löss, die gemakkelijk door den stroom wordt losgemaakt en toch onder steile belopen blijft staan en komt ook veelvuldig voor in vulkanische streken (o.a. op Java) waar de bergrivieren groote massa's materiaal meevoeren, dat wordt afgezet, waar die rivieren de vlakten of de zee bereiken en langzaam gaan stroomen. In de delta's die daar ontstaan splitst zich de rivier en verandert telkens opnieuw van richting.

In Nederland hebben in voorhistorische tijden dergelijke veranderingen zich ook herhaaldelijk voorgedaan en in den lateren tijd nog door den St. Elizabethsvloed op 18—19 November 1421, toen de Groote Zuid-Hollandsche Waard inbrak, waarna het water van de Waal en de Maas een nieuwen weg zocht door het Bergsche Veld.

Waar in Nederland de groote rivieren niet dicht langs hooge gronden stroomen, zijn ze al vele eeuwen geleden bedijkt. Het afzetten van met den stroom meegevoerde stoffen kon hier al dien tijd slechts plaats hebben op de smalle door de dijken en hooge gronden begrensde terreinstroken (het winterbed). Dit was alleen mogelijk doordat de geologische gesteldheid van de stroomgebieden van dien aard is, dat niet veel vaste stoffen worden meegevoerd. Toch kwam op den duur het rivierbed in het algemeen hooger te liggen dan de bedijkte gronden er nevens, zoodat Multatuli met wat dichterlijke vrijheid zelfs kon spreken van rivieren op stelten.

Toen in vorige eeuwen hier herhaaldelijk hooge rivierstanden voorkwamen en dijkbreuk met overstroming een vaak voorkomende ramp was, werden vele plannen tot verbetering gemaakt, die veelal draaiden om zijdelingsche afleidingen. Men was toen sterk onder den indruk, dat verhooging van de dijken geen gelijken tred zou kunnen houden met de verhooging van het rivierbed door aanzanding en opslibbing.

Bij nader onderzoek en nuchtere beschouwing bleek de verhooging heel wat langzamer te gaan dan algemeen was aangenomen en dat ze op de meeste plaatsen over een lang tijdsverloop zelfs niet of nauwelijks waarneembaar was.

Zand bleek zoo weinig te worden afgevoerd, dat in de laatste jaren zelfs het baggeren van ophoog-, metsel- en betonzand in uitgestrekte vakken der rivieren moest worden verboden om te voorkomen, dat door het steeds meer verlagen van den bodem de verhanglijnen, voor de kribben, havens, sluizen enz. nadeelige veranderingen zouden ondergaan.

Op de uiterwaarden wordt bij hooge rivierstanden slib afgezet, op sommige plaatsen in vrij sterke mate maar gemiddeld is ook die afzetting zeer dun. Volgens Dr. Staring is voor vorming van een kleilaag van gemiddeld 1.— m dikte een tijdsbestek noodig van niet minder dan 5 eeuwen. Langs den Rijn, de Waal, den Neder-Rijn en de Lek wordt voor de steenfabricage veel klei van de uiterwaarden gegraven, meer dan in denzelfden tijd door de rivieren wordt afgezet. Alleen langs de Maas heeft dat z.g. afbakken maar op een enkel punt plaats. Deze rivier is echter in de laatste jaren gekanaliseerd, de zijwaartsche afleiding bij hooge standen door de Beersche Maas is opgeheven en de afmetingen van het winterbed en de hoogte der dijken zijn in overeenstemming gebracht met de nieuwe verhanglijn bij de hoogste standen.

Door de normaliseeringswerken der latere jaren, (sedert 1850), eerst voor een beteren ijsafvoer, later meer voor het verkrijgen van grooter vaardiepte, zijn in het zomerbed van eerstgenoemde rivieren groote wijzigingen aangebracht.

De breedte is regelmatig gemaakt en bijna overal beteekenend verkleind door den aanleg van strekdammen en kribben en het daarachter of daartusschen storten en opspuiten van uit de rivier gebaggerd zand. De diepte is daarbij toegenomen en de verhanglijnen bij lagere en middelbare standen hebben tijdelijk en ook wel blijvend veranderingen ondergaan.

Op de hoogste standen hebben de normaliseeringswerken weinig of in het geheel geen invloed gehad.

Bij splitsing van de rivier in verschillende takken is het vooral het verdeelpunt met omgeving, dat grooten invloed heeft op de waterstanden van de takken. De veranderingen in den loop van den Boven Rijn bij Lobith, de toename van het vermogen van den bovenmond van de Waal, het vervormen en verzanden van den bovenmond van den Neder-Rijn en den bovenmond van den IJssel, het niet dichten van doorbraken langs den Ouden Rijn en de Waal, enz. alles in de 18e eeuw, heeft een tijdlang op de waterstanden der ver-

schillende riviertakken noodlottig gewerkt. Vooral de Neder-Rijn en de IJssel werden na 1740 daardoor bij hoog opperwater bovenmate met water bezwaard, waarin door het graven van het Bijlandsch Kanaal, het herstellen van de bedijking van den Driedorpen polder, de gedeeltelijke afsluiting van den bovenmond van den Ouden Rijn, verbetering van den mond van het Pannerdensch Kanaal bij het bekende separatiepunt en omlegging van den mond van den IJssel enz. ingevolge de overeenkomst tusschen Gelderland, Holland en Pruisen van 1771, wel verbetering werd gebracht, maar het ontstaan van vele dijkbreuken, vooral langs den Neder-Rijn, niet heeft verhoed.

De standen bij hoog opperwater op de verschillende Nederlandsche rivieren zijn nog gewijzigd door het maken van nieuwe monden (Nieuwe Merwede, Nieuwe Maasmond), het opheffen van verbindingen (Heerewaarden), het verhoogen van overlaten (Heerewaarden, Beersche Maas).

Waar die veranderingen, volgens berekening, tot verhooging van de hoogste standen zouden leiden, zijn de dijken zooveel verhoogd, dat zij de hoogste standen, die bij den tot dusver voorgekomen grootsten afvoer zullen ontstaan, kunnen keeren. Men mag aannemen, dat overschrijding van den hoogst bekenden of berekenden stand dan ook slechts kan voorkomen, als in het stroomgebied buiten onze grenzen ingrijpende veranderingen worden aangebracht of een zeer bijzondere samenloop van omstandigheden leidt tot overschrijding van den maximalen afvoer aan de Nederlandsche grens, en blijkens de ervaringen na 1876 mag men de kans daarop niet geheel uitschakelen.

In de 18e en in het begin der 19e eeuw vooral, toen kort na elkaar eenige winters met bijzonder hooge rivierstanden voorkwamen, zijn tallooze voorstellen gedaan, om de hoogste standen te verlagen door zijdelingsche afleidingen (overlaten, waaiersluizen, verlaging van dijken enz.) waarbij de eene rivier werd ontlast ten koste van een andere en ook wel de eene riviertak ten koste van een anderen tak van dezelfde rivier en ook om door inundatie van bepaalde gebieden voor andere — waar overstroming grooter schade zou doen — de gevaren te verminderen.

Tot uitvoering is het niet gekomen doordat de inzichten inmiddels zijn veranderd en men geen streken opzettelijk aan overstroming wil blootstellen, de eene aan de andere wil offeren.

De verhanglijnen volgen in algemeenen zin de helling van het bed der rivieren. Onregelmatigheden in die helling over korte lengte, vindt men gewoonlijk niet in de verhanglijnen bij zeer hooge standen terug, wel echter die over grootere afstanden. Verder komen in de verhanglijnen nog onregelmatigheden voor door de zeer afwisselende wijdde van en de ongelijke terreinshoogten in het winterbed.

Voor zooveel de hoogte der dijken daarbij aanpast, zijn de onregelmatigheden van niet veel gewicht.

Ongetwijfeld zou men ze kunnen wegnemen door hier het winterbed te verruimen, daar te vernauwen. Sommige dijkvakken zouden daardoor in gunstiger positie komen, nevens andere zouden echter de hoogste standen rijzen en daar zouden dan de dijken moeten worden verhoogd.

Ook een doorgaande verlaging van de hoogste standen, waarbij dus de dijken overal in een gunstiger positie zouden komen, is te bereiken. Omlegging van dijken, verlaging van uiterwaarden, kaden en veerdammen, opruiming van gebouwen, steenfabrieken en grienden enz. zouden daarvoor noodig zijn.

Vele belangen zouden daardoor worden geschaad en de uitvoering zou zeer hooge kosten vorderen.

Aan een doorgaande normalisatie van het winterbed der rivieren valt dan ook nauwelijks te denken.

Even groote veiligheid kan worden verkregen door verhooging van te lage dijkvakken tegen vrij zeker veel lagere kosten.

Het geval ligt anders, waar onregelmatigheden in het winterbed aanleiding geven tot hinderlijke zandverplaatsingen bij zeer hoge standen, waardoor, als de rivier weer is gevallen, de vaargeul min of meer blijkt te zijn bedorven. Daar is verruiming van het winterbed zelve het aangewezen middel daartegen.

Bij de hier te lande voorkomende gevallen strekt de invloed op de hoogste waterstanden zich over het algemeen maar over korte vakken uit, maar maakt soms toch verhooging der dijken over eenigen afstand beneden de verruiming noodig.

Uit het voorgaande blijkt, dat, al hebben de hoogst bekende standen geen absolute waarde, zij toch voor de beoordeeling van de hoogte der rivierdijken, van de grootste beteekenis zijn. In onderstaande staatjes worden die hoogst bekende standen voor een aantal plaatsen langs den Boven-Rijn en de Waal, langs den Neder-Rijn en de Lek en langs den IJssel vermeld.

De hoogwaterstanden van Maart 1876 waren een tijdlang de hoogst bekende, daarna waren het de standen van Januari 1883, die op de Waal in Januari 1920 werden overschreden, thans zijn het de standen van Januari 1926, die de hoogst bekende zijn. Om een inzicht te geven in de verhooging van de hoogste standen in den lateren tijd, zijn ook de hoogste standen van 1876 en 1883 in die staatjes vermeld.

In Fig. 138 zijn de verhanglijnen bij de hoogste standen in Januari 1926 voorgesteld.

Boven Rijn en Waal.

km van de grens	Plaats	Hoogste stand m + N.A.P. Maart 1876	Hoogste stand m + N.A.P. Januari 1883	Hoogste bekende stand m + N.A.P. Januari 1926	In 1926 hooger dan in 1876. m.
4.230	Lobith	16.16	16.40	16.93	0.77
11.930	Hulhuizen	14.88	15.20	15.53	0.65
25.955	Nijmegen	13.14	13.42	13.74	0.60
43.370	Dodewaard	10.68	11.02	11.36 ¹⁾	0.68
56.610	Tiel	9.20	9.67	10.16	0.96
67.670	St. Andries	7.68	8.11	8.78	1.10
76.690	Zaltbommel	6.77	7.11	7.52	0.75
96.600	Gorinchem	4.63	4.75	4.76	0.13

¹⁾ Februari 1940. Tijdens ijsbezetting steeg het water tot 11.61.

Neder Rijn en Lek.

km van de grens	Plaats	Hoogste stand m + N.A.P. Maart 1876	Hoogste stand m + N.A.P. Januari 1883	Hoogste bekende stand m + N.A.P. Januari 1926	In 1926 hooger dan in 1876. m.
13.055	Pannerden	14.39	14.60	14.77	0.38
25.905	Arnhem	12.93	13.06	13.36	0.43
49.450	Grebbe	10.50	10.65	10.69 ¹⁾	0.19
69.605	Wijk bij Duurstede	8.13	8.28	8.15 ²⁾	0.02
81.495	Culemborg	7.00	7.19	6.93 ²⁾	— 0.07
92.225	Vreeswijk	6.14	6.30	5.79 ²⁾	— 0.35

¹⁾ De peilschaal tegen de militaire inundatiesluis teekende 4 Jan. 1926 . . . 10.88.

²⁾ Beneden Wijk bij Duurstede ondergaan de standen wijziging door de verruiming van den Rott. Waterweg.

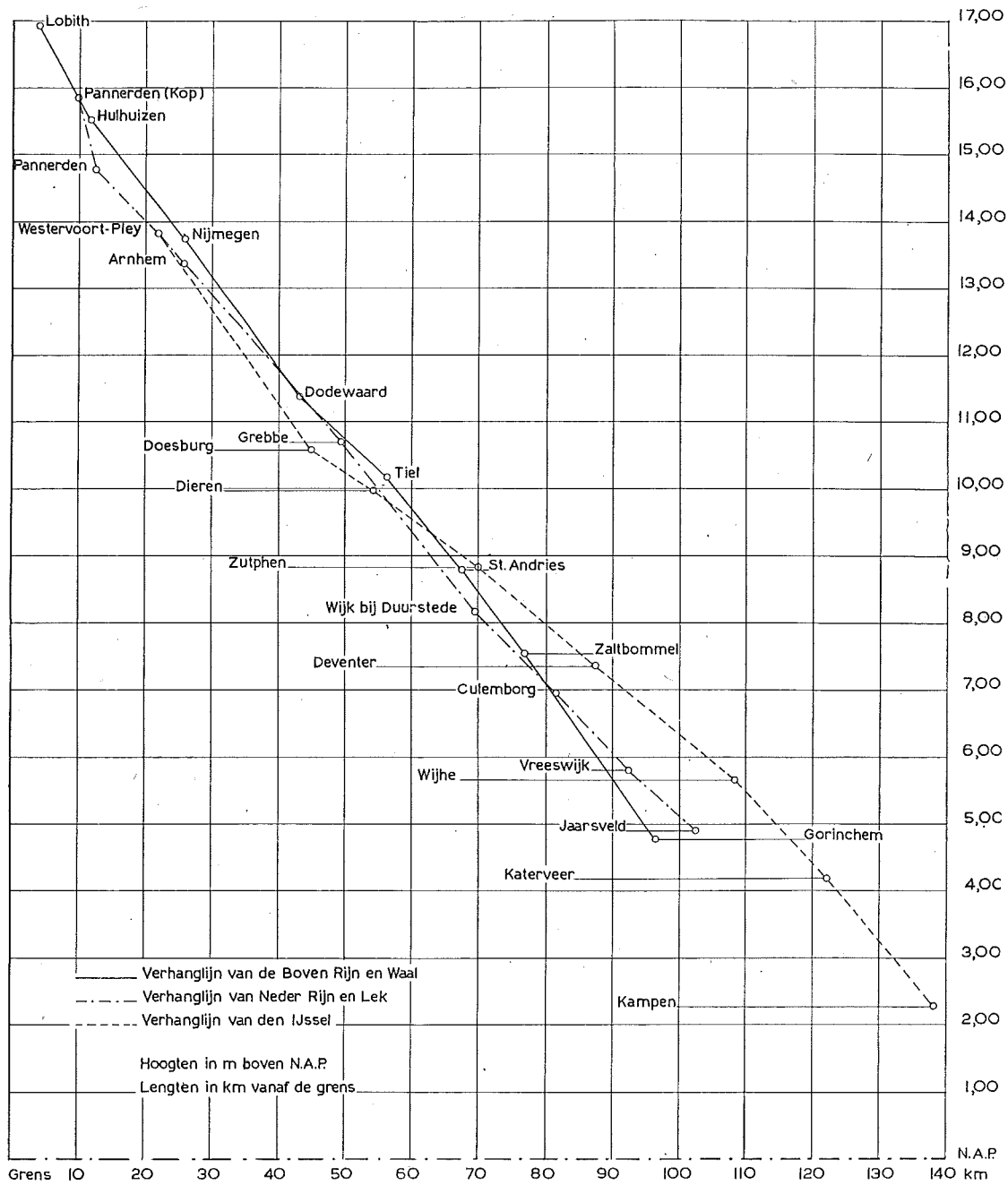


Fig. 138. Verhanglijnen bij de hoogste standen in Januari 1926.

I J s s e l.

km van de grens	Plaats	Hoogste stand m + N.A.P. Maart 1876	Hoogste stand m + N.A.P. Januari 1883	Hoogste bekende stand m + N.A.P. Januari 1926	In 1926 hooger dan in 1876. m.
0.440	Westervoort (Pley)	13.19	13.75	13.82	0.63
24.065	Doesburg	10.30	10.44	10.57	0.27
32.950	Dieren	9.73	9.88	9.96	0.23
49.310	Zutphen	8.50	8.68	8.82	0.32
66.330	Deventer	6.94	7.20	7.34	0.40
87.510	Wijhe	5.46	5.60	5.65	0.19
101.280	Katerveer	3.90	4.09	4.19	0.29
117.000	Kampen	2.08	2.05	2.27 ¹⁾	0.19

¹⁾ De stormvloedstand van 14 Januari 1916 was te Kampen 2.87.

Op de benedenrivieren worden de hoogste waterstanden veroorzaakt door stormvloeden. Men rekent daar gewoonlijk met de hoogst bekende standen, maar evenals langs de zee-kusten, is het hier mogelijk, dat de factoren, die verhooging van den waterstand veroorzaken meer in denzelfden zin kunnen samentreffen, dan tot dusver het geval was en standen ontstaan, die hooger zijn dan de hoogst bekende van thans.

Die mogelijkheid is voor den Rotterdamschen Waterweg onderzocht door de Staatscommissie, die bij Kon. Besluit van 20 Maart 1916 No. 23 werd benoemd om een onderzoek in te stellen omtrent de buitengewoon hooge waterstanden tijdens den stormvloed van 13—14 Januari 1916 op de in Zuid-Holland gelegen benedenrivieren en zooals reeds in par. 4 is vermeld, bleek bij dat onderzoek, dat de grootste stuwing te Hoek van Holland in 1825 en 1916, 280 cm heeft bedragen en dat bij een goed ontwikkeld springtij, de vloed zonder windinvloeden daar een hoogte kan bereiken van 110 en soms van 130 cm + N.A.P.

Mocht het ongeluk willen, dat de grootste stuwing nog eens samenvalt met H.W. tijdens zoo'n springtij, dan kan de waterstand oploopen tot $280 + 130 = 410$ cm + N.A.P.

De hoogst bekende stand is te Hoek van Holland 3.28 m + N.A.P. (22 December 1894) en deze zal dus met 82 cm kunnen worden overschreden.

Te Rotterdam kan de waterstand hooger worden dan te Hoek van Holland door plaatselijke opwaaiing op het riviergedeelte tusschen die plaatsen. Dit verschil heeft tot 28 cm bedragen, doch is veelal minder omdat, als de storm op zijn hevigst is, de windrichting zelden samenvalt met de richting van de rivier. Bedoelde Staatscommissie meende dan ook, dat bij de hoogste stormvloeden voor de plaatselijke opwaaiing tot Rotterdam niet meer dan 15 cm behoeft te worden aangenomen.

Hoog water op de bovenrivieren, z.g. „hoog opperwater" doet zich te Rotterdam maar weinig gevoelen. Uitvoerige berekeningen toonden aan, dat die invloed ongeveer 10 cm bedraagt en dat ook bij stormvloedstanden de stand te Rotterdam door hoog opperwater zooveel wordt verhoogd.

Was de hooge stormvloed van 13—14 Januari 1916 samengevallen met hoog opperwater, dan zou de toen waargenomen stand te Rotterdam niet 3.31 m + N.A.P. doch zeer waarschijnlijk 3.40 m + N.A.P. zijn geweest.

Vallen al de genoemde factoren die te Rotterdam den hoogst mogelijken stand bepalen in denzelfden zin te zamen, dan zou die stand kunnen worden:

1.30 m	+ N.A.P.	= H.W. bij hoog springtij;
2.80 m		= opstuwing aan de kust;
0.15 m		= opstuwing op de rivier;
0.10 m		= invloed van hoog opperwater

Totaal 4.35 m + N.A.P.

De kans op zoo'n hoogen stand is uit den aard der zaak niet zeer groot maar de ervaring heeft al herhaaldelijk geleerd, dat verwaarloozing van kleine kansen tot groote rampen kan leiden. Daar staat tegenover, dat zoodanige verhooging van de waterkeeringen, dat ze zulke zeer zeldzame hooge standen veilig kunnen keeren, niet alleen hooge uitgaven vordert, maar ook vele en groote bezwaren oplevert, vooral voor de vele industriën en handelsinrichtingen, havens enz. die langs de benedenrivieren worden aangetroffen.

Zooals ook reeds in par. 4 is vermeld, heeft dit genoemde Staatscommissie er toe gebracht, berekeningen uit te voeren omtrent de perioden van hooge standen op den Rotterdamschen Waterweg en op den voorgrond te stellen, dat praktisch geen rekening behoeft te worden gehouden met standen, die volgens hare berekeningen niet eens eenmaal per eeuw zouden voorkomen. Zij noemde nu 3.40 m + N.A.P. te Hoek van Holland en 3.55 m + N.A.P. te Rotterdam als de standen, waarop de dijken enz. berekend moesten zijn. Hier liet de Commissie de bezwaren tegen de verhooging der dijken wel zeer zwaar wegen.

Overstroming is voor een volkrijke streek een zoo groote ramp, dat het meer aanbeveling verdient, geen enkele kans te verwaarloozen, zelfs al is de voorziening daartegen kostbaar en hinderlijk. Bij den wederopbouw van Rotterdam zal men gelukkig dat beginsel volgen.

Hangt op de bovenrivieren de hoogste stand geheel af van den afvoer en op de benedenrivieren nabij den mond geheel van storm en tij, daartusschen ligt een gedeelte waar beide invloeden zich doen gelden, de eerste oorzaak in afnemende de laatst genoemde in toenemende mate rivierafwaarts. De hoogste standen zullen daar voorkomen als de beide maxima samenvallen. Dat is tot dusver nog nimmer geschied.

Bedoeld riviervak strekt zich op de Neder Rijn en Nieuwe Maas b.v. uit van Jaarsveld ongeveer tot Rotterdam. In fig. 139 zijn voor dit riviervak de verhanglijnen aangegeven van den hoogsten stand van het opperwater en van den hoogsten stormvloed en tevens de „mogelijke stand” als stormvloed en hoog opperwater nogeens geheel mochten samenvallen. Voor de Waal en Merwede en de Maas zijn berekeningen als de bovenbedoelde nog niet uitgevoerd. Om ook voor de dijken langs die rivieren het noodige inzicht te krijgen, zouden ze van groote waarde zijn.

Van hoe groote beteekenis de „hoogste bekende standen” overigens ook voor de beoordeeling van de kruinshoogte der dijken mogen zijn, er is een belangrijke factor, die daarbij buiten beschouwing wordt gelaten, omdat men de maximale waarde ervan in het geheel niet kent, n.l. de ijsgang. Dat ijsgang op de waterstanden een grooten invloed heeft, blijkt wel uit het groot aantal dijkbreuken, dat, vooral in vorige eeuwen, van ijsgang het gevolg was.

Bij strenge vorst ontstaan in het rivierwater talloze ijsnaalden, die zich niet, zooals in stil water geschiedt, tot een gesloten ijsdek van eerst geringe en dan toenemende dikte kunnen aaneensluiten, maar die zich, door den stroom meegevoerd, wel aan elkaar en aan vaste voorwerpen hechten en zoo ijsklompen van aanvankelijk geringen omvang vormen. De stroom voert ze als drijfijls mede. Bij aanhoudende vorst worden ze grooter, vriezen aan elkaar enz., zoodat steeds grooter en zwaarder schollen drijfijls ontstaan.

Op de benedenrivier worden ze door eb en vloed op en afgevoerd, totdat in de zône van stil water op H.W. het ijs een gesloten massa vormt, die bij eb niet meer wordt afgevoerd en is „gaan zitten”. Het de rivier afkomend ijs wordt nu opgekeerd, schuift gedeeltelijk onder het

reeds vastzittende en zoo hoopt het ijs zich steeds meer op en breidt de ijsbezetting zich voortdurend bovenwaarts uit. De waterafvoer wordt er door belemmerd, zoodat aan het bovineinde de waterstand snel rijst, terwijl op eenigen afstand benedenwaarts, de waterstand weer meer normaal wordt, doch hoger blijft, dan hij tevoren was, doordat de stroom niet alleen langs den bodem, maar nu ook aan de oppervlakte veel weerstand ondervindt.

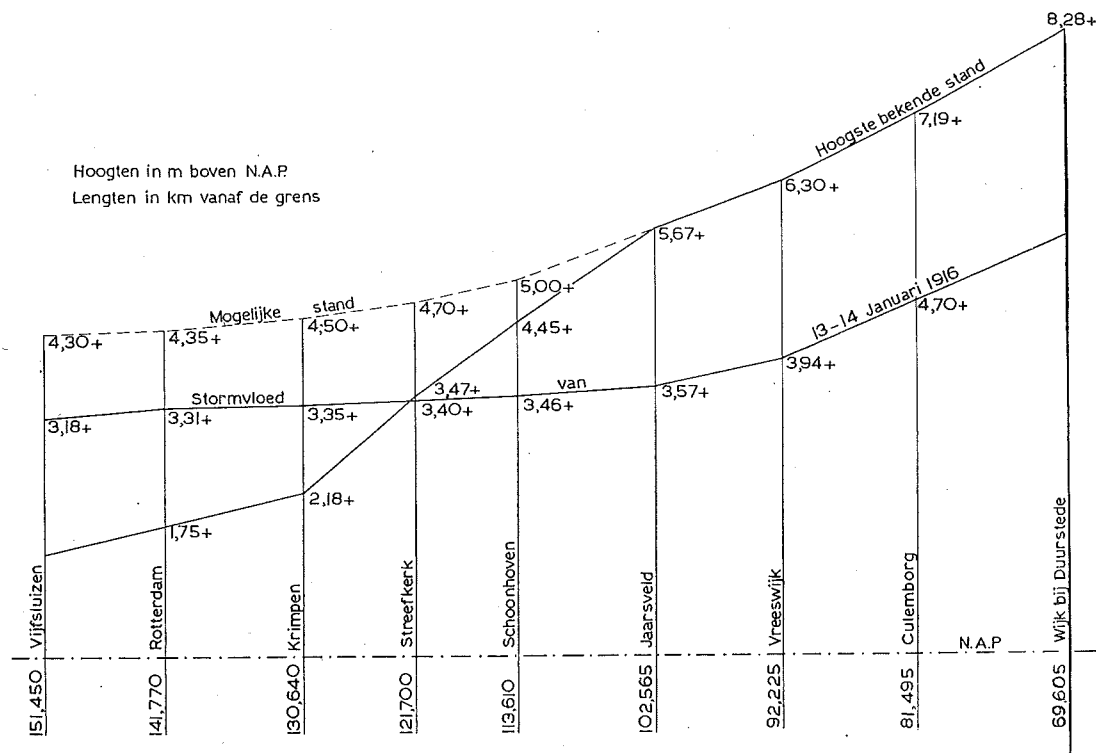


Fig. 139. Verhanglijnen op de Lek en de Nieuwe Maas.

Bij elke ijsbezetting is het verloop der waterstanden ongeveer hetzelfde, fig. 140, 141 en 142 echter hoe meer het ijs is op- en over elkaar geschoven des te grooter is de blijvende verhooging van den waterstand. De uiterwaarden geraken door den plaatselijken en tijdelijken was vaak geheel of gedeeltelijk onder water en daarop en tusschen de kribben ontstaan bij aanhoudende vorst ijsvelden van soms vrij groote uitgestrektheid.

Gewoonlijk breidt de ijsbezetting zich van de benedenrivieren in eenige dagen uit tot den bovenmond of — op den Boven Rijn — tot de landsgrens.

Soms vormt het ijs over de geheele lengte dan een doorgaand dek, in andere gevallen blijven groote vakken open ter plaatse van den sterksten stroom of ontstaan die vakken, als door het stijgen van den waterstand het ijs hier en daar in beweging komt en opschuift. Soms geraken riviervakken daarbij geheel vrij van ijs, terwijl op andere plaatsen het ijs tot hoge randen of heuveltjes opeenpakt. Dit laatste geschiedt vooral op de benedenrivieren op zandplaten of -banken.

Daar tijdens vorst, als er dus geen regen valt en geen sneeuw smelt, de afvoer van de rivieren gering is, ontstaat de ijsbezetting steeds bij lage rivierstanden en loopt de plaatselijke verhooging nimmer op tot een voor de dijken gevaarlijke hoogte.

Gevaar voor de dijken kan eerst ontstaan als na ingevallen dooi de rivier weer „los" gaat z.g. gaat kruien. De weersomstandigheden hier, maar vooral die in het bovenstroomgebied, zijn op het verloop van het weer ijsvrij worden der rivieren, van grooten invloed. Er zijn zeer strenge winters geweest met zoo veel en zwaar ijs op de rivieren, dat dit het losgaan met zorg

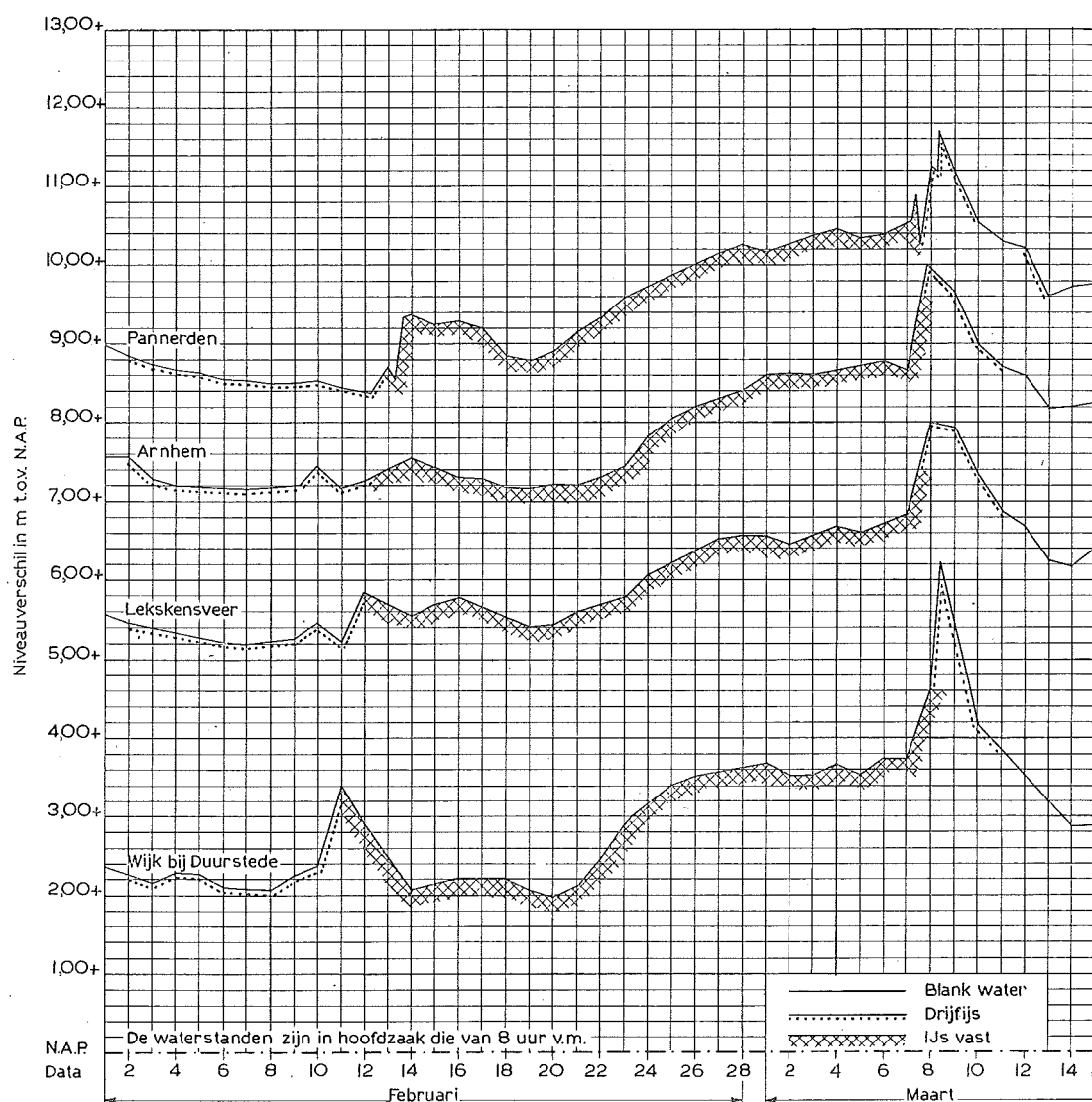


Fig. 140. Verloop van de waterstanden bij ijsbezetting op Pann. kanaal en Neder Rijn.

tegemoet deed zien, en zelfs aanleiding gaf tot zeer uitgebreide voorzorgsmaatregelen (bekistingen), doch waarna het zoo geleidelijk ging dooien, zonder dat groote afvoeren den waterstand kwamen verhoogen, dat het ijs smolt en verzwakte en ten slotte de rest los geraakte en afdreef, zonder dat het water hoog werd opgezet.

Daarentegen zijn ook andere winters met zware ijsbezetting op de rivieren voorgekomen, waarin het losgaan van het ijs gepaard ging met het — veelal plaatselijk — zeer hoog op-

lopen van de waterstanden en daardoor dijkbreuken ontstonden en groote gebieden werden overstroomd. Dit komt vooral voor, als in het boven- en middenstroomgebied de dooi vroeger invalt dan beneden en tevens daar veel regen valt en sneeuw smelt, zoodat de afvoer plotseling

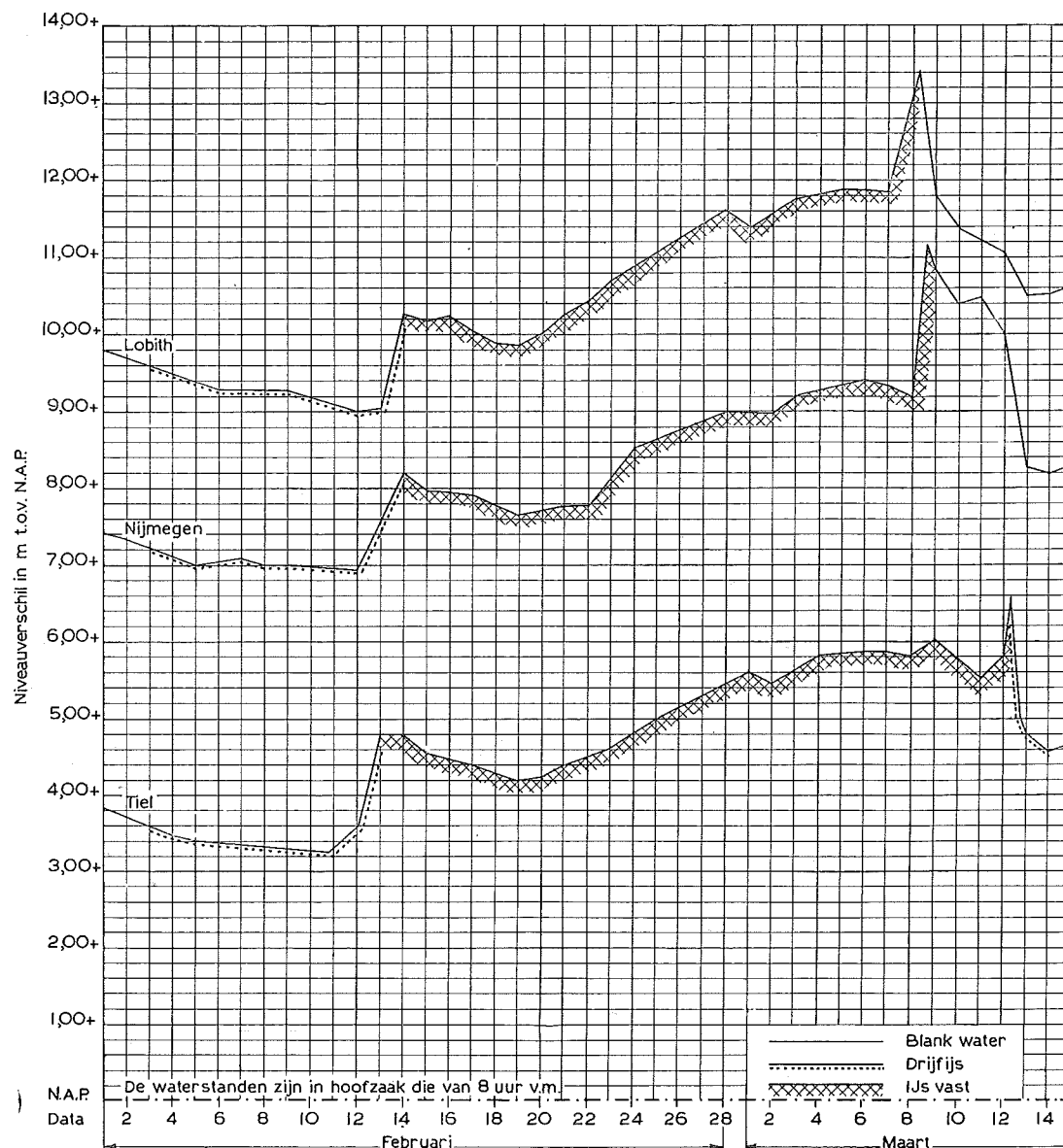


Fig. 141. Verloop van de waterstanden bij ijsbezetting op Boven Rijn en Waal.

veel grooter wordt. Voordat benedenwaarts het ijs nu kan opbreken en afdrijven, wordt het opgestuwd door en vermeerderd met het van boven komende, zoodat het ijs nu een groot deel van het natte dwarsprofiel inneemt en den waterafvoer sterk belemmert. Vooral op onregelmatige riviervakken kan het nu voorkomen, dat het ijs op ondiepe plaatsen zich weer vastzet en een z.g. ijsdam ontstaat. Dit is dan niet een dam in den gewonen zin, maar een ijsophoo-

ping van soms eenige kilometers lengte. Waterdicht is zoo'n plaats nooit. Een deel van den waterafvoer vindt zijn weg onder- en tusschen het ijs door, soms ook kunnen water en ijs ontwijken over uiterwaarden, maar de afvoer is niet volledig en boven den ijssdam rijst de waterstand, terwijl die beneden den dam daalt.

Plaatselijk wordt dus het verval veel groter dan normaal en de druk onder en tegen het ijs wordt tenslotte daardoor zoo groot, dat het wordt opgelicht en doorschiet. De waterstand, die boven den dam snel was gestegen, valt daar nu en alle gevaar is ter plaatse geweken.

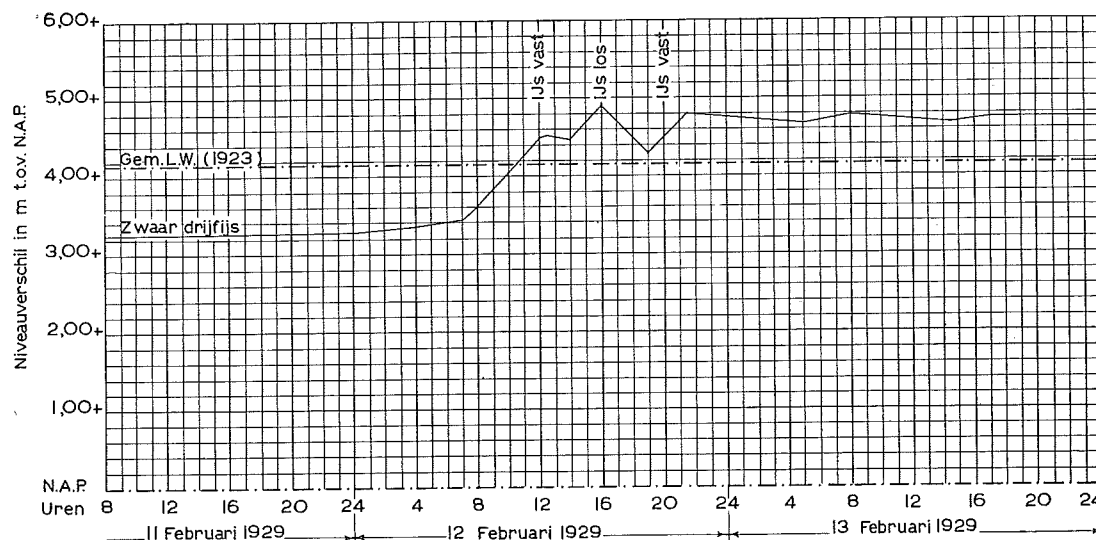


Fig. 142. Verloop van den waterstand bij ijsbezetting te Tiel op 11—13 Februari 1929.

Komt er echter geen beweging in het ijs, dan stijgt het water steeds hoger, tot het over de kruin van den dijk stroomt. Men tracht dan veelal door een tijdelijke verhooging van den dijk (dijkbekisting, waarover later meer) dat over de kruin vloeien te beletten, in de hoop, dat de verhooging van den waterstand tot bovenkant bekisting, tenslotte het doorschieten van het ijs zal bewerken. Overvloeien van water, kan door het binnenbeloop van een rivierdijk niet al te lang worden verdragen, — tenzij het tot groote diepte hard bevroren is of een zeer flauwe helling heeft —, zoodat dijkbreuk dan zeer valt te vreezen.

Hoeveel men den dijk moet verhoogen om het noodlot af te wenden weet men niet en waar bij ijsgang de meest kritieke plaatsen zullen ontstaan, is vooraf onmogelijk te bepalen, zoodat er niet anders opzit, dan te zorgen paraat te zijn, manschappen en materialen bij de hand te hebben en den moed niet te gauw te verliezen.

Weet men volstrekt niet hoe hoog de dijk moet worden opgehoogd om het gevaar af te wenden, vast staat wel, dat hoe hoger de kruin ligt, hoe beter.

Zooals reeds werd opgemerkt, wordt de kruinshoogte van rivierdijken bepaald in verband met de hoogst bekende standen bij hoog opperwater. Daarbij een ruime overhoogte aan te nemen, verhoogt ook de veiligheid bij ijsgang.

Het meeste gevaar voor het ontstaan van ijssdammen bestaat bij eilanden, hoge platen, plaatselijke verwijdingen, zijdelingsche afleidingen, beneden riviersplitsingen enz.

Bij de normalisatie van de rivieren zijn al vele dergelijke plaatsen in het zomerbed opgeruimd en al is het winterbed even onregelmatig gebleven, toch hadden die opruimingen veel succes

en is het gevaar, dat zich ijssdammen zullen vormen, beteekend afgenomen. Ook door het breken van de ijsbezetting van beneden af met z.g. ijsbrekers, waardoor al veel ijs naar zee kan afdrijven vóórdat het ijs van boven afkomt, wordt het gevaar dat ijssdammen zullen ontstaan, zeer verminderd. Door den Rijkswaterstaat wordt dit middel om de ijsopruiming te bespoedigen, veelvuldig toegepast.

De separatiepunten blijven steeds zorgelijke plaatsen.

Ontstaat op korten afstand beneden zoo'n punt een ijssdam, dan werkt die zeer noodlottig op de waterverdeling omdat de verstopte tak dan bijna geen water kan afvoeren en de andere tak of takken dus bovenmate met water en ijs worden bezwaard en ook, zonder dat zich daar ijssdammen vormen, daar dan ongekend hooge standen kunnen ontstaan. Ook met het oog hierop is een groote overhoogte van de dijken boven de hoogste standen bij open rivieren van groot belang.

Toch vindt die niet algemeene instemming omdat hoe hooger de dijken zijn, hoe dieper en feller de overstromingen zullen zijn, als het toch nog niet mocht gelukken, dijkbreuken te voorkomen.

De Inspecteur-Generaal van den Waterstaat Goudriaan ried in 1823 daarom aan, de dijken op bepaalde plaatsen te verlagen tot even boven den hoogst bekenden stand bij open water en ze daar als overlaten in te richten. Behalve het bezwaar van de daardoor uitgelokte overstroming, was er nog de moeilijkheid, die plaatsen goed te kiezen, daar men immers van te voren nooit weet, waar precies een ijssdam zal ontstaan. Sommigen wilden in dien tijd dan ook nog veel verder gaan en de dijken overal verlagen. Gelukkig heeft men aan die voorstellen geen gevolg gegeven. Normaliseeren en ijsbreken zijn beter middelen, waarbij geen uitgestrekte landstreken aan overstroming worden prijsgegeven om voor andere streken en voor de dijken, het gevaar te verminderen. Zooals reeds is vermeld, valt het met de opzanding en opslibbing, die, meende men, de gevaren steeds zullen vergrooten, heel erg mee.

De veiligheid van een rivierdijk hangt bij hoog opperwater en ijsgang niet alleen af van zijn eigen afmetingen, maar ook van die van den dijk langs den tegenoverliggenden oever. De belangen dier dijken zijn tegengesteld. Loopt de laagste van de twee alleen of het meeste over, dan wordt daardoor de hoogste ontlast.

Menigmaal is het behoud van een dijk toegeschreven aan den val van het water tengevolge van het bezwijken van den dijk aan den anderen oever; tot een hevigen strijd tusschen de besturen van tegenoverelkaar gelegen dijken, heeft het verlangen om de hoogste te zijn, soms aanleiding gegeven.

Bekend is vooral de strijd over de hoogte van de Noorder- en de Zuider Lekdijken, waarbij men elkaar telkens met eenige decimeters trachtte te „overdijken” en zich belangrijke uitgaven voor verhooging van den dijk getroostte, al was men daartoe vóór de verhooging aan de overzijde, allermint genegen.

Men heeft in dien tijd wel betoogd, dat die strijd niet alleen tot geldverspilling leidde, maar ook dat de dijken zoo zwaar werden, dat de ondergrond ze niet meer zou kunnen dragen en het gevaar van overstroming daardoor werd vergroot; zoodat de onbeperkte vrijheid om de rivierdijken te verhoogen door wettelijke bepalingen zou dienen te worden beperkt.

Voor de betrokken streken is die dijkoorlog echter een zegen geweest. De Lekdijken zijn nu heel wat beter in staat hunne functie te vervullen dan zonder dien strijd het geval zou zijn geweest.

b. Golfoploop.

Aan de rivierdijken is de golfoploop overal zeer beperkt. De breedte van dijk tot dijk is voor de ontwikkeling van hoog oplopende golven te gering en — anders dan bij zeedijken —

hooge standen en hevige storm gaan maar zeer zelden gepaard.

De mogelijkheid, dat dit wel het geval zal kunnen worden, bestaat echter en de golfoploop kan bij het bepalen van de hoogte der rivierdijken dan ook niet geheel worden verwaarloosd. Veel meer dan 0.20 m loopt de daarvoor aangenomen overhoogte voor de verschillende dijken niet uiteen, bij een maximum van 1.— m, maar het is wel zeer waarschijnlijk, dat meer overhoogte en grootere verschillen zouden voorkomen, als storm en hoog opperwater vaker samen vielen.

c. Bodemdaling of verhooging van den zeespiegel.

Omtrent den invloed, die de bodemdaling op de hoogste rivierstanden heeft ten opzichte van de hoogte der dijken, is weinig of niets bekend, voor zooveel betreft de bovenrivieren.

Vermoedelijk dalen de waterstanden en de dijken daar in gelijke mate. Slechts waar de daling voor op betrekkelijk korten afstand van elkaar gelegen plaatsen uiteen zou lopen, zou de daling van de waterstanden op de plaats van de grootste bodemdaling achter kunnen blijven bij de daling van de dijken. Het is zeer waarschijnlijk, dat verschillen van beteekenis niet ontstaan en het geen bezwaren oplevert, dat met de bodemdaling in het geheel geen rekening wordt gehouden.

Voor de benedenrivieren geldt dit uit den aard der zaak niet. Zoover als de hoogste standen daar door stormvloed worden veroorzaakt, geldt, wat in par. 6 is opgemerkt.

d. Overhoogte of z.g. waakhoogte.

De hoogte, die men aan de rivierdijken geeft boven den hoogst bekenden stand wordt gewoonlijk aangeduid als „overhoogte” of „waakhoogte”. Die overhoogte moet de kans op overschrijding van den hoogst bekenden stand bij open rivier en bij het ontstaan van ijsdammen opvangen, benevens de golfoploop en het ondicht zijn van de bovenlaag van de kruin door mollengangen, muizegaten, wormgaten, wegverharding enz. Een juiste maat voor elk punt van een dijk kan moeilijk worden bepaald. In sommige gevallen werd 0.80 m aangenomen voor den dijk aan de eene zijde van de rivier en 1.— m voor de ten opzichte van de windrichting ongunstiger gelegen dijk aan de andere zijde.

Grootere overhoogten, tot ruim 1.50 m komen ook voor. Fig. 143. Het zou zeer zeker gewenscht zijn, dat geen enkele rivierdijk minder overhoogte had dan 1.50 m. Dit zou voor menigen dijk niet alleen beteekenen, dat het gevaar voor overloopen veel geringer zou zijn, maar ook dat het dwarsprofiel veel zwaarder en daardoor sterker uitvalt. Immers bij taluds van 3 en 2 op 1 beteekent 1.— m meer hoogte tevens 5.— m meer breedte ter hoogte van den hoogsten stand en daar beneden en die meerdere breedte zou voor tal van streken, die nu 's winters door overstrooming worden bedreigd, doordat de dijken laag en licht zijn, het gevaar ten eerste beperken.

§ 28. Zate of staal en bermen.

Duren hooge standen tegen een zeedijk gewoonlijk maar eenige uren en zelden langer dan een dag, bij rivierdijken kan een periode van hooge standen een maand en zelfs langer aanhouden en duren de allerhoogste standen vaak eenige dagen. Daardoor wordt de kwel, die hierdoor tot volle ontwikkeling kan komen, voor de stabiliteit van den dijk en ook voor de zate van het grootste belang.

Op vele plaatsen strekken de zand- en grindlagen waardoor het zomerbed onzer rivieren loopt, zich uit tot ver landwaarts van de dijken.

Sommige lagen zijn sterk waterdoorlatend en als de waterstanden binnendijs lager zijn dan in de rivier, wat meestal het geval is, dan heeft afvloeiing van rivierwater door die open lagen plaats.

Waar de waterdoorlatende lagen door een dichte laag zijn bedekt, verkeert het afstroomend grondwater veelal onder druk, zoodat het stijgt en opwelt, waar de dichte laag plaatselijk ontbreekt of kan worden doorbroken, in de eerste plaats dus in wielen, putten, kanalen, slooten enz. op niet grooten afstand binnen den dijk gelegen. Bij hooge rivierstanden, als het drukverschil tusschen het rivier- en het binnenwater het grootst en dus ook de kwel het sterkst is, kan het gebeuren, dat grondkorrels door het kwelwater worden mee- en afgevoerd of in zwevende toestand geraken, waardoor de dichtheid en samenhang van den grond rondom de wel achteruit gaat. Het water ondervindt daardoor minder tegenstand, stroomt

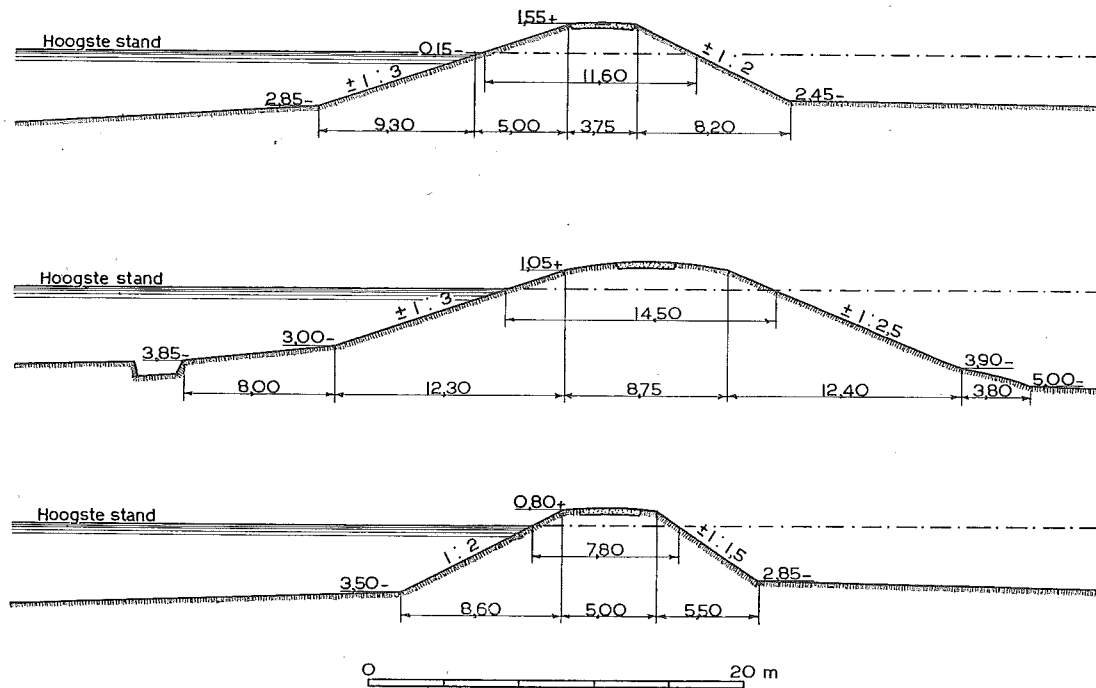


Fig. 143. Boven: Landsdijk aan de linkerzijde van den Boven Rijn (Millingsche dijk).
Midden: Lekdijk Bovendams te Tull en 't Waal.
Onder: Linker Waaldijk van den Bommelerwaard bij Zuilichem.

nog weer sneller toe en voert meer en grover korrels mee, zoodat het los en week worden van den grond steeds verder om zich heen gaat grijpen, voornamelijk echter in de richting van waar de stroom komt, dus den dijk naderend.

Is een wel den dijk dicht genaderd, dan kunnen ook stoffen uit de zate worden meegevoerd. Onder dijken, die zelf uit samenhangenden grond bestaan, kunnen zoo holten of weinig draagkrachtige plaatsen ontstaan van zoodanigen omvang, dat de bovengrond zijn steun verliest en nastort, vooral nabij den hiel.

Komen dergelijke verzakkingen voor, dan bestaat er gevaar, dat deze zich gaan uitbreiden tot rivierwaarts van de waterlijn, zoodat dan water door de laagte gaat loopen en de stroom den dijk verder opruimt.

De Inspecteur-Generaal van den Rijkswaterstaat, J. Blanken, die in de vele hoogwater- en ijsperiodes in het laatst van de 18e en het begin van de 19e eeuw groote ervaring omtrent dergelijke ongevallen had opgedaan, schreef in zijn „memorie over den staat der rivieren” van 1823, dat geen hooge rivierdijken op zandplaten of kwelachtige gronden behoorden

aangelegd te worden. Hij noemt deze dijken des te bedrieglijker naarmate de algemeene bedijkingen hooger opgetrokken worden „omdat de hooge standen zoo dikwerf de zand- en „kwelachtige ondergronden waarop zij rusten, in beweging brengen en zoodanig naar binnen „doen verloop, dat de grondvest van zoodanig dijkvak als onzichtbaar ondermijnd worden- „de, eindelijk op het onverwachtste wegzinkt waaruit de allergrootste en gevaarlijkste dijk- „breuken ontstaan en de grondgaten van 60 à 70 en meerdere voeten diepte gevormd worden.”

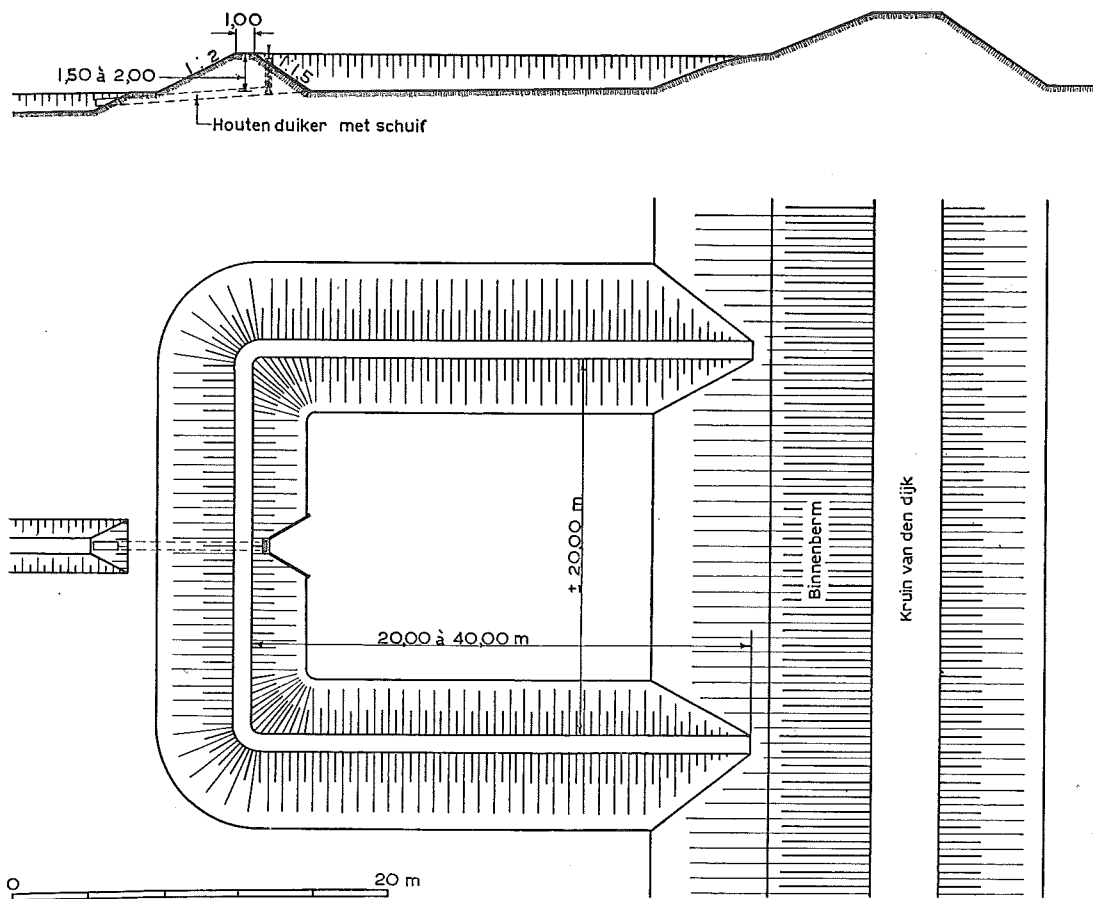


Fig. 144. Kwelkade.

Bij den aanleg van rivierdijken, ook bij die van de latere jaren, worden die „zandplaten en kwelachtige gronden” echter niet vermeden, maar waren of zijn het steeds andere factoren, die de plaats van een dijk bepalen. Het is daarom zaak, de nadeelen van kwelachtige gronden op de een of andere wijze te ondervangen.

In vroegere jaren heeft men de plaatsen aan de landzijde langs bestaande dijken, die door het ontstaan van wellen telkens gevaar of last opleverden wel met kaden, z.g. kwelkaden omringd. Dit middel werd o.a. toegepast bij wegens kwel beruchte punten nabij Vreeswijk. Fig. 144.

De kwelkaden omsluiten daar rechthoekige terreinen aan 3 zijden, de 4e zijde wordt door den dijk begrensd. De breedte in de richting van den dijk is 10 à 50 m, de lengte, rechthoekig

op den dijk gemeten, is 50 à 100 m; de hoogte van de kade is 1 à 2 m boven het terrein. Gaan bij wassende rivier de wellen werken, dan stijgt daardoor het water binnen de kade, zoodat de tegendruk grooter wordt en het kwellen dus vermindert. Stijgt het water binnen de kwelkade zoo hoog, dat het over de kruin zou gaan vloeien, dan wordt, om het gevaar van doorbreken van de kwelkade te verminderen, door een duiker met schuif water afgetapt. Blijven de wellen nog krachtig werken, ook nadat het water tot de kruin van de kwelkade is gestegen, dan is het treffen van voorzieningen moeilijker dan elders, omdat de wellen dan slechts met vlotten of over de kade te brengen vaartuigjes zijn te bereiken terwijl ook het waarnemen, zoozeer noodig om tijdig te kunnen ingrijpen, veel moeilijker is. Het doorbreken of sterk gaan lekken van de kwelkade kan noodlottig worden voor den dijk, omdat bij plotselinge vermindering van den tegendruk de wellen veel krachtiger gaan werken.

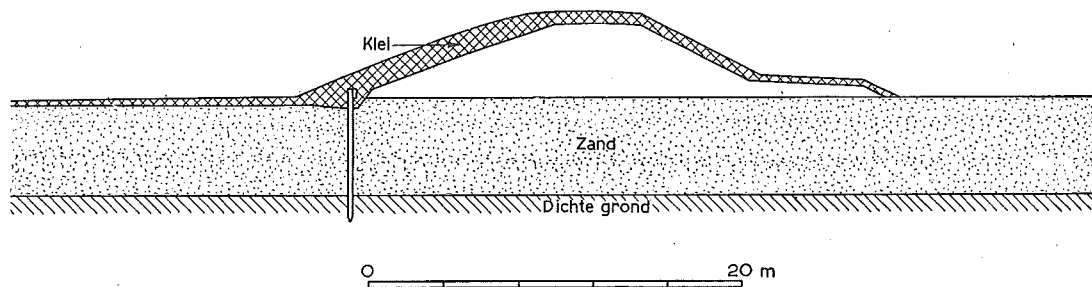


Fig. 145. Afdichting van een watervoerende laag.

Langs de rivierdijken ligt een groot aantal kolken of wielen, getuigen van de vele malen dat de dijken niet in staat waren het land tegen overstrooming te beveiligen, maar braken en de stroom ter plaatse een diep gat in den bodem kon spoelen. De meeste van die gaten doorbreken — of reiken tot in — ondichte grondlagen, zoodat er bij hoge rivierstanden gemakkelijk wellen in ontstaan.

In plaats van ze weer aan te vullen, heeft men bij tal van die wielen zich bepaald tot het er om heen leggen van een kwelkade met één of meer overlaten of duikers om overvloeien, waar dit tot doorbraak zou kunnen leiden, te voorkomen.

Niet overal geeft de binnen de kwelkade gerezen waterstand voldoende tegendruk, zoodat de wellen blijven werken en gevaar opleveren. Bij het bestrijden daarvan worden dezelfde moeilijkheden — vaak in nog grooter omvang — ervaren, die boven werden genoemd.

Achter de dijken langs den Gelderschen IJssel heeft men op tal van plaatsen kwelkaden van groote lengte ongeveer evenwijdig aan den dijk gelegd, kennelijk met de bedoeling de hooge rivierstanden in twee etappes te keeren. De lengte der zorggevende waterkeeringen is daardoor belangrijk vergroot. Kwelkaden werken daarom niet onverdeeld gunstig. Al te vaak wordt het gevaar voor overstrooming er niet door voorkomen, doch het gevaar voor doorbraak slechts verplaatst. Veel beter dan aanleg van kwelkaden is dan ook, door verlenging van de kwelengte, het ontstaan van wellen dicht bij den dijk, te voorkómen.

Hebben de doorlatende grondlagen geen groote dikte, dan is onderbreking dier lagen door een dichte damwand of een kleikist een uitstekend middel. Zoowel bij den damwand als bij de kleikist is het noodig, dat de bovenrand door dichte specie wordt omvat, opdat de waterbeweging over dien bovenrand heen wordt voorkomen. Fig. 145 en 146.

De beste plaats is onder den teen van het buitenbeloop, tenzij de dijk zelve geheel van waterdichte specie mocht zijn of worden gemaakt. In dat laatste geval is een plaats meer binnenwaarts, b.v. onder de kruin nog beter.

Bij de verlegging van den Maasmond werd onder de bandijken in het Land van Heusden

een kleikist onder de kruin gemaakt. Daar de kern van den dijk niet uit waterdichte specie bestaat, zal kwelwater over de kleikist naar binnen kunnen dringen, deze had daarom of tot de kruin moeten zijn doorgetrokken of onder den teen moeten zijn aangebracht. Fig. 147.

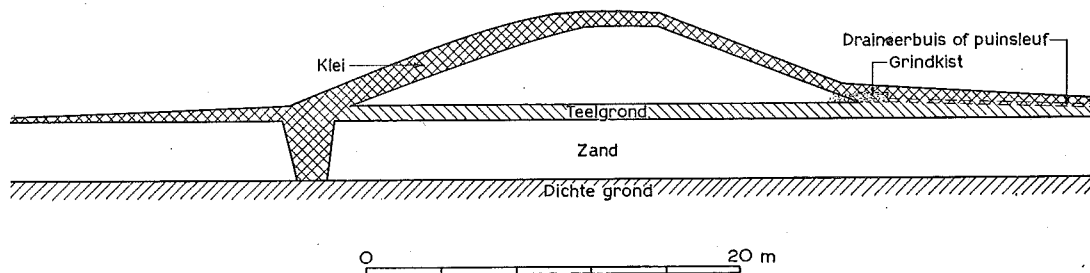


Fig. 146. Afdichting van een watervoerende laag.

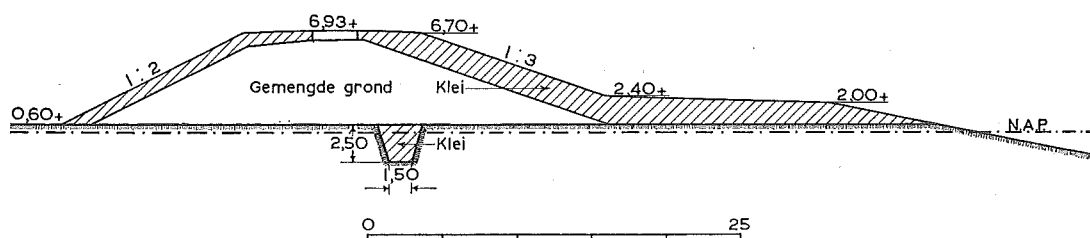


Fig. 147. Verkeerd geplaatste kleikist.

Damwanden vonden tot dusver in ons land bij rivierdijken nog weinig toepassing. Ze zijn kostbaar en zettingen in den ondergrond kunnen de dichtheid verloren doen gaan. Daar ze zelden geheel onder den grondwaterstand kunnen vallen, is onbereid hout niet geschikt. IJzer en gewapend beton zijn voor die wanden de aangewezen materialen.

Reiken de damwanden of kleikisten met den onderkant niet tot in een dichte grondlaag, dan kan de waterbeweging nog langs den onderkant plaats vinden. Hun nut bestaat dan daarin, dat zij de kwelengte vergrooten. Desbetreffende onderzoeken toonden aan, dat die verlenging 2 maal de hoogte van de keering bedraagt zoodat de druklijn ter plaatse van de keering een plotselinge daling vertoont. Fig. 148.

Waar het water in den grond dringt is de drukhoogte gelijk aan de hoogte van den waterspiegel boven dat punt. Het uiterste punt waar de drukhoogte 0 moet zijn is de hiel. Bij gelijkmatige grond is de druklijn een rechte lijn en kan de totale druk door een driehoek worden voorgesteld. A.B.C. in fig. 149. De afstand B—C hangt af van de doorlatendheid van den grond. De Britsch-Indische Ingenieur W. C. Bligh onderzocht bij stuwdammen hoe groot bij zekeren water-

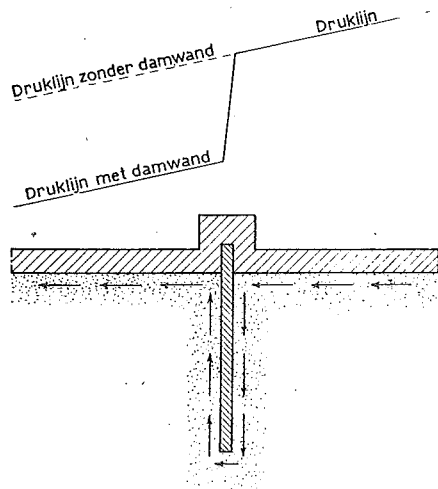


Fig. 148. Val in de druklijn door een damwand.

druk en verschillende grondsoorten de gedwongen kwelengte moet zijn opdat de dam geen gevaar zal lopen. Door een groot aantal gegevens te verzamelen betreffende onder-

mijnde rivierstuwen en na te gaan bij welke helling van de kwelijn zich ongelukken hadden voorgedaan, vond hij voor de kwelengte de volgende waarden:

fijn zand met slib	18 H.
grof zand	12 H.
grind met zand	9 H.
rolstenen, grind en zand	4—6 H.

H = waterhoogte tegen den dam.

Opgemerkt moet worden, dat de druk aan de binnenzijde, dus aan het einde van de kwelijn, niet 0 was, doch slechts zoo klein, dat geen grondkorrels werden meegevoerd of in zwevende toestand werden gebracht en dat de einddruk dus bij grof materiaal een veel grootere waarde had dan bij fijn. Bij deze kwelengten kan dus wel water opwellen en uit grind en zand zelfs vrij veel, wat bij rivierdijken een erg onveilig gevoel zou geven en de kwelengte stellig onvolgende zou doen achten. In verreweg de meeste gevallen zal, door het aanwezig zijn van afdekkende dichte lagen, het begin en einde van de kwelijn bij rivierdijken buiten de zate liggen en zal deze slechts die groote breedte behoeven, waar dichte deklagen ontbreken. Toch zal vergroting van de kwelengte in menig geval noodig zijn.

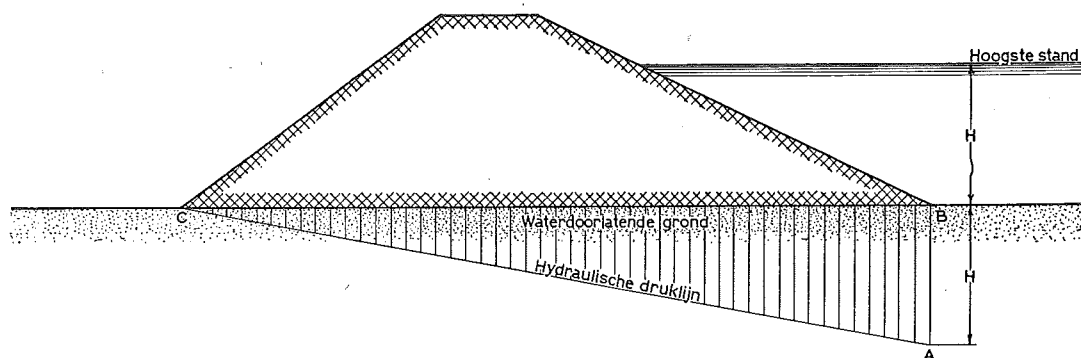


Fig. 149. Hydraulische druklijn.

Die kan, zooals boven werd opgemerkt, worden bereikt met een kleikist of met één of desnoods meerdere damwanden, maar ook door het punt, waar het water in den grond kan dringen, buitenwaarts te verplaatsen, b.v. door het buiten den teen aanbrengen van een dichte afdekking van grond. Als de gelegenheid ontbreekt de kwelijn naar buiten te verlengen kan dit dikwijls toch wel naar binnen geschieden, b.v. door langs den hiel een meer of minder breede strook met een slecht waterdoorlatende laag grond te bedekken. In de meeste gevallen staat de waarde daarvan echter achter bij een dergelijke laag aan de buitendijksche zijde. Buitendijks worden door indringend water soms gronddeeltjes uit die laag meegevoerd en deze verstopen dan de poriën in de watervoerende laag hoe langer hoe meer, waardoor dus de afdichting beter wordt.

Kan het water door de binnendijksche laag heendringen, dan vloeien de gronddeeltjes, die daarbij in beweging worden gebracht met het water af, zoodat de laag ondichter wordt. Ondichtheden kunnen verder nog ontstaan door scheuren bij uitdroging en door het wroeten van dieren, insecten en wormen.

Het verdient daarom alle aanbeveling, aan die dekkende laag een zoo groote dikte te geven, dat de waterdruk daaronder nimmer zoo groot kan worden, dat het water de oppervlakte kan bereiken, zoodat dus niet op de dichtheid van den grond behoeft te worden vertrouwd. De laag krijgt dan den vorm van een binnenberm waarvan het beloop niet steller helt dan de druklijn en hooger ligt dan deze. Fig. 150. Het geheele binnentalud krijgt dan een hol beloop

van ongeveer 1 op $1\frac{1}{2}$ van boven en 1 op 7 à 1 op 10 beneden. In plaats van een binnenberm van grond kan ook een van waterdoorlatend materiaal worden aangebracht. De dikte heeft slechts zoo groot te zijn, dat eventueel met het water uit den ondergrond meegevoerde grondkorrels in deze laag worden tegengehouden en alleen het water afvloeit. Opvolgende lagen fijn zand, grof zand en grind of steenslag geven dan de meeste veiligheid. Ook wordt de binnenberm wel gemaakt van grof zand met een afdekking van klei, welke kleilaag dan alleen dient om verplaatsing van het zand door wind, water enz. te voorkomen en begroeiing van den berm te bevorderen.

Aan den teen moet dan een drainage van geklopte puin, grind of steenslag worden aangebracht, opdat het water niet in het zand wordt opgesloten, doch zonder veel tegenstand te ondervinden, kan wegvloeien. Fig. 151.

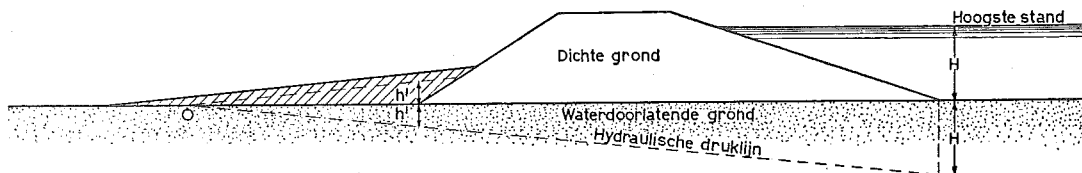


Fig. 150.

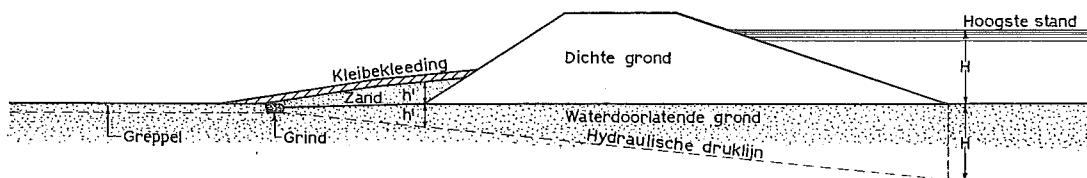


Fig. 151.

Bij rivierdijken is in zeer vele gevallen de zate alleen te smal om kwel te kunnen voorkomen en het is bijna overal zeer ongewenscht, dat buitendijks een slecht waterdoorlatende berm ontbreekt en binnendijks slooten, putten en vooral ook de vaak zeer diepe wielen van vroegere doorbraken, dicht langs den dijk liggen en de kwelengte beperken.

Ontgravingen nabij den dijk waardoor de kwelengte kan worden verkort, zijn steeds ongewenscht en in vele gevallen ontoelaatbaar en worden in de keuren van de rivierdijken veelal dan ook verboden. Zoo bepaalt de keur van den Lekdijk Bovendams b.v. dat binnen 15 m uit den voet (hiel) geen zoden mogen worden gestoken, geen aarde mag worden vergraven, omgespit of op andere wijze geroerd en geen slooten, putten, gaten, greppels enz. mogen worden gemaakt, terwijl dit alles buitendijks is verboden binnen 15 m uit den voet (teen) Voor den dijk van de Vijf-Heerenlanden zijn die afstanden: binnen 30 m en buiten 25 m uit de as van den dijk.

In de laatste jaren zijn dergelijke bepalingen echter geheel ontoereikend gebleken om de veiligheid van de dijken te waarborgen. Vroeger werd voor de steenfabricage alleen de bovengrond van uiterwaarden afgegraven; mocht daarbij al een watervoerende zandlaag blootkomen, dan werd die gewoonlijk door bovengrond gedekt en ontstond mede door slibafzetting al spoedig weer een afdekkende dichte laag. Thans wordt op menig punt de steenaarde diep weggebaggerd waarbij men soms den dijk vrij dicht nadert. Tot nog veel groter diepte wordt hier en daar in de uiterwaarden gebaggerd naar grind en zand en ook daarbij wordt de dijk dicht genaderd soms over vrij groote lengte, en bij dit grind- en zandbaggeren worden de watervoerende lagen diep ingesneden.

Waar vroeger het water slechts door den rivierbodem in het zomerbed in die lagen kon toetreden, is dit nu al mogelijk dicht bij den dijk, zoodat de kwelweg zeer nadeelig is verkort.

Wettelijke bepalingen, waardoor zou kunnen worden belet, dat bij dit baggeren de veiligheid van den dijk in het gedrang komt, zijn daarom zeer noodig.

Niet alleen dat dergelijke wettelijke bepalingen ontbreken, maar langs menigen rivierdijk is het behoud van buiten- en binnenbermen van voldoende breedte niet gewaarborgd hoezeer de dijk die bermen voor zijn veiligheid ook behoeft. Talloos zijn de gevallen waarin dicht tegen het binnenbeloop en soms ook op het buitenbeloop gebouwen zijn gezet en daarvoor vrij diepe ontgravingen zijn verricht en b.v. putten of pompen tot in de watervoerende lagen reiken, dat bebouwing van den grond plaats heeft tot aan en zelfs in het — vaak steile — binnenbeloop, of dat slooten en wielen vlak langs het binnenbeloop liggen. Wielen, die veelal een beteeke-nende diepte hebben kunnen daardoor aanleiding geven tot veel kwel en het zou in menig geval raadzaam zijn, daar een binnenberm te plempen van 5 à 10 m breedte met een beloop van 1 op 3 à 1 op 5.

Bij schaar- of schoordijken ontbreekt de uiterwaard en er liggen hier en daar dijkvakken waar in het geheel geen voorland aanwezig is en het diep van de rivier den dijk zelfs zoo dicht is genaderd, dat ook geen buitenberm of een van slechts geringe breedte, aanwezig is. Fig. 152.

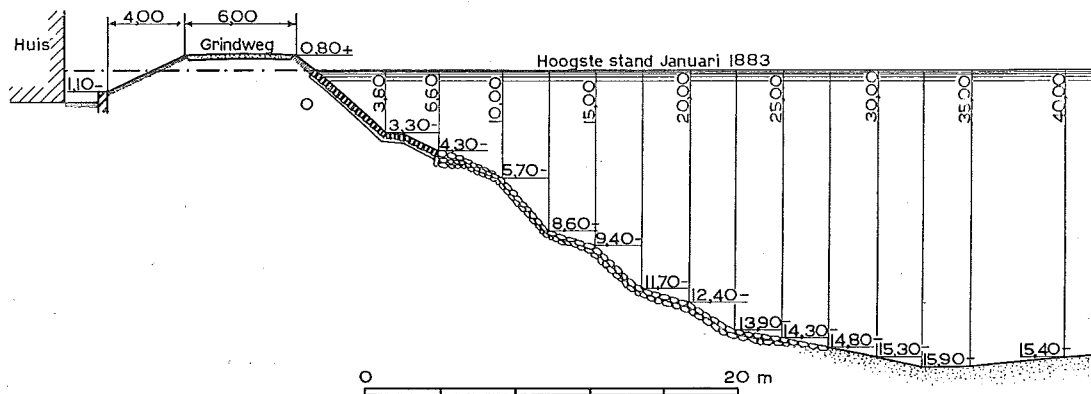


Fig. 152. Linker Lekdijk te Ameide.

Ontgronding van den dijk door den stroom, afschuiving van het beloop, als na hooge standen het water snel daalt en daardoor water uit dat beloop vloeit, heviger golfslag dan elders en drang van ijsvelden of ijsophoopingten bij ijsgang, zijn de bijzondere bezwaren aan die dijkvakken verbonden, maar ook de geringe lengte van den nu zeer korten kwelweg.

Bezinking en bestorting is het middel tegen verderen teruggang van den oever, maar toetreding van water in het beloop kan daarmee slechts in zeer beperkte mate worden belet. Bestortingen met klei zijn hier veelal moeilijk in stand te houden. Blijkt verlenging van den kwelweg noodig en is die binnendijs niet mogelijk, dan zal een damwand nabij den teen van het buitenbeloop de beste oplossing geven.

Langs het benedendeel onzer rivieren, — westwaarts van de lijn Wijk bij Duurstede-'s-Hertogenbosch — rusten de dijken op tal van plaatsen op een veenlaag. Die dijken zijn bijna overal al eeuwen oud en zijn met tusschenpoozen herhaaldelijk verhoogd. De veen onder de zate is door het gewicht van den dijk samengeperst en vormt nu op de meeste plaatsen

een vaste, dichte laag maar er zijn ook gedeelten, waar de dijk nog doorgaat langzaam te zakken en waar elke verhooging en verzwaring nog kans geeft op evenwichtsverstoringen in den vorm van oppersingen nevens den binnenberm, verzakking van dien berm en afschuiving van het binnenbeloop.

Dit laatste vooral gaf soms aanleiding tot de meening, dat het verhoogen der dijken gevaaren zou scheppen en dus vermeden, desnoods verboden, zou moeten worden.

Een toestand waarbij de dijk te laag en het evenwicht zoo onstabiel is, geeft echter al te weinig veiligheid en eischt zeer zeker voorziening.

Door geleidelijke verhooging van den binnenberm, het daarbij telkens opruimen van den opgepersten grond, het ten slotte aanbrengen van een tijdelijke overhoogte van 1 à 2.— m op den berm en het na eenige maanden afslechten onder een flauw beloop van die overhoogte, kan het afschuiven en plotseling verzakken van een groot deel van het dwarsprofiel van den dijk wel worden voorkomen en grooter stabiliteit worden verkregen, waarna het verhoogen van den dijk geen ernstige bezwaren meer zal meebrengen.

Op tal van plaatsen, waar de ondergrond zwak was, heeft men den dijk door het aanleggen van een vrij hoogen, tien en meer meters breedten binnenberm een goeden steun gegeven.

Aan de rivierzijde blijkt een hooge berm maar zelden noodig te zijn, doordat de ondergrond er beter, en het beloop van den dijk er minder steil is.

§ 29. Het buitenbeloop.

Doordat hevige golfslag en hooge golfoploop bij rivierdijken niet voorkomen varieert het dwarsprofiel van deze dijken veel minder dan bij de zeedijken.

Is in de hoogte ten opzichte van de hoogste waterstanden al betrekkelijk weinig verschil, ook in de helling van de buitenbelopen zijn geen groote variaties. Langs de bovenrivieren is het buitenbeloop zelden steiler dan 1 op 2 en zelden flauwer dan 1 op 3. Alleen langs de benedenrivieren, waar die het karakter hebben van zeeboezems komt soms een flauwer beloop voor tot hoogstens 1 op 5, maar vindt men ook verdedigde belopen van 1 op $1\frac{1}{2}$. Waar uiterwaarden voor den dijk liggen en deze aan den buitenkant uit vette klei bestaat, wordt een beloop van 1 op 3 nooit ernstig door golfslag of ijs beschadigd als het dicht met gras is begroeid. Is de helling steiler dan 1 op 3, dan komt afslag, z.g. zeebraak, nog al eens voor, waaraan de omstandigheid, dat de waterstand dikwijls vele dagen aaneen op ongeveer eenzelfde hoogte blijft, niet vreemd is.

Bij zeer hooge standen, als het uiterste van den dijk wordt gevergd, is afslag zeer ongewenscht, door de verkleining van het profiel of versmalling van de kruin, maar bovendien omdat het water dan gemakkelijker in den dijk kan dringen. Het is daarom noodig, dat het buitenbeloop in verband met de hoogte, de ligging ten opzichte van de stroomrichting en de stormstreek en den aard van de dijkspecie flauw genoeg ligt om afslag ten allen tijde te voorkomen. 1 op $2\frac{1}{2}$ is wel de uiterste grens daarvoor; een dichte grasmat kan daarbij niet worden ontbeerd. De tonrondte van het buitenbeloop is in den regel veel minder dan bij zeedijken. Profielen waarbij het bovendeel beteekenend flauwer helt dan het benedendeel, kent men langs de rivieren niet en dit is begrijpelijk daar hier de hoogste standen zelden of nooit met de hevigste golfslag gepaard gaan en over het algemeen het beneden- en middengedeelte van het beloop meer van golfslag heeft te lijden dan het bovendeel.

Bestaat de dijk niet geheel uit goede klei, dan moet het buitenbeloop met klei zijn bekleed, niet alleen om tegen afslag bestand te zijn, maar vooral ook om den dijk de noodige dichtheid tegen kwel te geven. De kleibekleding dient ten minste 1.— m dikte te hebben. Bij die dikte valt, ook al heeft men de klei behoorlijk door paarden laten aantrappen —, aanvankelijk nog allerminst op waterdichtheid te rekenen, zooals o.a. bleek bij de beproeving van de nieuwe voorhavendijken beoosten Vreeswijk in Augustus 1937. Fig. 156-158. Langs de beneden rivie-

ren, waar de omstandigheden meer overeenkomen met die langs zeedijken, verdient het aanbeveling, op het benedendeel van het buitenbeloop niet met eene kleibekleding te volstaan, doch tot ten minste den hoogst bekenden stand, onder dat beloop enkel klei aan te brengen. Fig. 153.

Verdediging van het buitenbeloop is maar op betrekkelijk weinig plaatsen bepaald noodig. Waar uiterwaarden aanwezig zijn en de dijksbesturen het recht hebben — tegen vergoeding — en „ter naasten lage en ter minster schade" daaraan grond te ontleenen ten behoeve van den dijk, kan het beloop in bijna alle gevallen goedkoop tegen golfslag bestand worden gemaakt door het onder een flauwe helling aan te heelen, dan door het met steenglooiing te verdedigen.

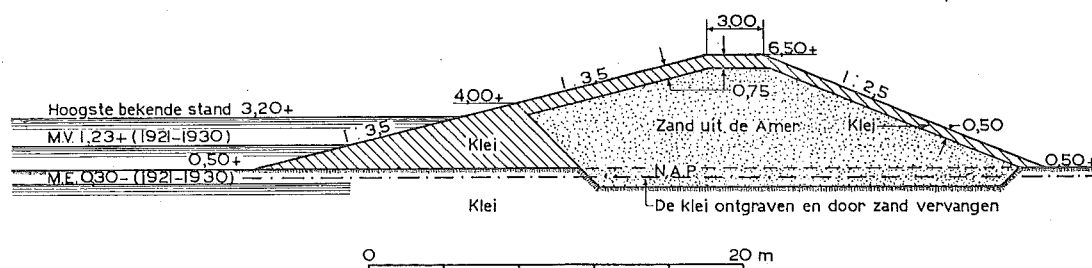


Fig. 153. Dijk langs de zuidzijde van de Amer bij Drimmelen in 1941.

Door dat aanheelen verkrijgt men daarenboven een zwaarder dijk, terwijl bij het aanbrengen van steenglooiing het beloop gewoonlijk steiler wordt gemaakt ter beperking van de breedte van die glooiing en het dwarsprofiel daarvoor dus wordt verkleind. Bovendien mist men nu de opbrengst van het grasgewas.

Langs schaaldijken, waar grond van elders moet worden aangevoerd en vooral waar de gelegenheid ontbreekt de teen van het beloop rivierwaarts te verplaatsen, wordt bij verbetering van dijken het buitenbeloop veelal met steenglooiing bekleed.

Soms geschiedt dit met bestrating van klinkers op den kant of van puin, soms ook met klinkers op den kop, op enkele dijkvakken met betonplaten, maar in de meeste gevallen met zetbasalt op puin. Dikker dan 15 tot 20 cm wordt de steenlaag zelden gemaakt. Door den gemakkelijken aanvoer is de basalt hier betrekkelijk goedkoop, maar dit geldt evenzeer voor klinkers, waarmee men bovendien een dichtere bekleding verkrijgt, zoodat men hier niet aan den indruk ontkomt, dat ten onrechte uit gewoonte of verkeerd inzicht aan natuursteen de voorkeur wordt gegeven. Door den geringen golfslag wordt aan de steenglooiingen geen schade toegebracht en door ijsgang maar zelden. Aangieten met beton wordt dan ook slechts bij hooge uitzondering toegepast, hoewel dit ter voorkoming of beperking van kwel wel meer aanbeveling zou verdienen.

Langs de benedenrivieren, waar over groote lengten uiterwaarden ontbreken en op tal van plaatsen het water elk tij tegen den dijk komt, vindt steenglooiing veel toepassing. Ook daar wordt veel zetbasalt op puin gebruikt. De dikte van de steenlaag is hier zelden meer dan 18 à 20 cm tot hoogstens 25 cm op 20 cm puin.

De steenglooiingen hebben een helling van 1 op 2 à 1 op $1\frac{1}{2}$ en zijn soms nog iets steiler. Waar een buitenberm ontbreekt is de glooiing in den regel toch onderbroken door een bermplaatje van 1 à 2 m breedte, op ongeveer 1.— m + H.W. De onderrand van de glooiing steunt gewoonlijk tegen een rij perkoenpalen. De bovenrand reikt veelal tot dicht aan de kruin of tot

aan of even boven den hoogsten waterstand. De grond sluit rechtstreeks tegen de glooiing aan. Betonbanden, planken, rollagen enz. worden hier weinig toegepast.

Aangieten met beton komt ook langs de benedenrivieren weinig voor, omdat ook daar de golfslag zelden zoo hevig is, dat deze aan de steenbezetting schade teweeg brengt.

§ 30. Het binnenbeloop.

Evenals bij zeedijken is ook bij rivierdijken het binnenbeloop vaak de zwakste plaats, nu eens omdat het door neerslag en erger nog, door water dat over de kruin vloeit, wordt doorweekt en de grond dan neiging krijgt een flauw natuurlijk talud aan te nemen en afkalft, vaker nog doordat boven den hiel er kwelwater uitvloeit en de grond daardoor zoo los of zoo week wordt, dat zij de hoogere lagen niet meer kan dragen. Soms werken de oorzaken samen, wat al bijzonder fataal is. De hooge rivierstanden die tot boven de kruin komen, ontstaan, behalve soms boven een ijsdam, niet zoo snel of het kwelwater heeft al van te voren den geheelen dijk kunnen doordringen, tenzij deze van zeer dichte grond mocht zijn gemaakt.

Een zoo flauwe helling, dat ook na verweking door overstortend water geen natuurlijk talud kan ontstaan, dat flauwer is dan die helling en geen kwelwater naar buiten kan vloeien omdat de verhanglijn ervan dat beloop niet snijdt, komt bij rivierdijken zelden of nooit voor, hoe nuttig die flauwe hellingen voor de veiligheid van uitgestrekte landstreken ook zouden zijn.

De gebruikelijke hellingen varieren voor binnenbelopen van 1 op $1\frac{1}{2}$ tot 1 op $2\frac{1}{2}$; 1 op $1\frac{1}{2}$ is eigenlijk overal te steil, zelfs al bestaat de dijk geheel uit goede dichte klei, maar toch komt die helling vrij veel voor.

Ijsdammen zijn nog altijd een factor die overloopen van een dijk tot de mogelijkheden doen behooren en hooge standen duren soms zoo lang, dat het gevaar van te verweken, niet is uitgesloten; in beide gevallen loopt een talud van 1 op $1\frac{1}{2}$ bijzonder groot gevaar.

Slechts voor het bovengedeelte zal het kunnen worden aangehouden mits het beneden-gedeelte een zoo flauw beloop heeft of door een zoo hoogen berm wordt gesteund, dat nergens kwelwater uit den dijk naar buiten kan treden. Dit geldt trouwens ook nog voor belopen van 1 op $2\frac{1}{2}$.

Hoe hoog die berm moet zijn of waar het steile beloop in een flauwer moet overgaan, hangt vooral af van de kwelengte en de doorlatendheid van de dijkspecie. Onderzoekingen en berekeningen sedert den aanvang van deze eeuw hebben daaromtrent het inzicht wel verruimd en het is daardoor b.v. gelukt voor dijken van homogeen samenstelling van doorlaatbaren grond bij permanent watersverschil de stroomlijnen van het kwelwater te construeren en de hoeveelheid kwelwater per lengteenheid van den dijk te berekenen. Die hoeveelheid kwelwater is ten opzichte van den dijk zelden van belang, wel echter de verandering van de spanningen in den grond, die door de kwel optreedt en die zoo groot kan worden, dat de grond gaat uitvloeien of door den bovengrond wordt weggedrukt en deze laatste nastort.

Als voorbeeld geven wij hier de in 1916 door Prof. Ir. F. K. Th. van Iterson gepubliceerde dwarsprofielen van een dijk met flauwe belopen en van een met steile belopen en de daarin geconstrueerde potentiaallijnen en stroomlijnen, fig. 154. en 155. De potentiaallijnen (lijnen door de punten met gelijken druk) en de stroomlijnen vormen vierkanten. Hoe dichter de stroomlijnen bij elkaar komen, hoe grooter de stroomsnelheid wordt, hoe grooter dus de kans dat gronddeeltjes worden verplaatst en verweking intreedt. Het deel van het binnenbeloop waar het water uitvloeit, vormt, dit blijkt ook uit deze figuren, de zwakste plek en een dwarsprofiel waarin de stroomlijnen het binnenbeloop niet snijden, doch binnen het grondprofiel blijven en het kwelwater dus naar diepere lagen afvloeit, is zeer veel stabiel.

Bij deze doorstromingsbeelden was de invloed van capillair water buiten beschouwing

gelaten. Volgens proeven in het Laboratorium voor Grondmechanica te Delft met een vakje dijk op 1/10 van de ware grootte, waarbij de druk van het water op vele punten door meting werd bepaald en aan de hand van die metingen de potentiaallijnen werden getrokken, terwijl in een glazen bak met behulp van kleurstof de stroomlijnen zichtbaar werden gemaakt en konden worden gefotografeerd, neemt ook het capillaire water aan de strooming deel en ligt daardoor de bovengrens van het stroomingsbeeld hoger.

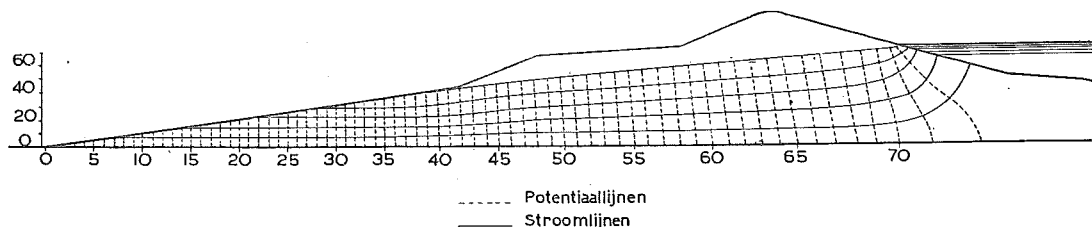


Fig. 154. Stroomlijnen in een dijk van homogeen waterdoorlatend materiaal met flauwe belopen op een ondoorlatende zate.

Rivierdijken van homogeen waterdoorlatend materiaal op een ondoorlatende zate zooals bij die berekeningen en proeven waren aangenomen, komen vermoedelijk nergens voor. Allerlei afwijkingen en variaties hebben op de doorstromingssnelheid en den vorm der stroombanen grooten invloed, b.v. een min of meer dichte kleibekleding op het buitenbeloop, grondlagen van afwisselende doorlatendheid in de kern, een meer of minder dichte bekleding op het binnenbeloop, doorlatendheid van de zate enz.

Is de kern sterk doorlatend en de bekleding van het binnenbeloop zeer dicht, dan stijgt het grondwater in den dijk, als de hooge rivierstand aanhoudt, steeds hoger en het zal tegen de binnenbekleding op den duur een hoogte kunnen bereiken, die niet veel lager ligt dan de waterhoogte tegen den dijk. Daarbij kan de druk tegen den binnenkant der bekleding zoo groot worden, dat die bekleding wordt doorbroken en een wel, in ergere gevallen een afschuiving, ontstaat, die door de plotselinge ontspanning en uitvloeiing, meteen een ernstigen vorm aanneemt. Is de zate nabij den hiel goed doorlatend, dan zal het kwelwater daarin kunnen afstromen zonder dat het tegen het binnenbeloop een hoogen stand bereikt of daar uitvloeit. Is het potentiaalverschil in den dijk groot, doch kan water uit de zate opstijgen, dan wordt daarentegen de stroomlijn naar boven gedrukt en zal uitvloeiing uit het binnenbeloop te eerder optreden.

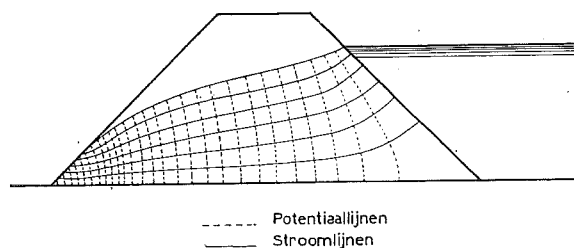


Fig. 155. Stroomlijnen in een dijk van homogeen waterdoorlatend materiaal met steile belopen op een ondoorlatende zate.

Dringt regenwater of over de kruin vloeiend water tevens door tot in den dijk, dan zullen de stroomlijnen een snelle verhooging ondergaan.

Bij zeedijken doet zich dit alles ook voor, maar duurt de hooge buitenwaterstand steeds veel korter dan bij rivierdijken, zoodat daar de kwel zelden die groote beteekenis verkrijgt, die ze in hoogwaterperioden voor rivierdijken heeft.

Bij den aanleg van de voorhavendijken buiten de in 1932—1937 gebouwde sluizen van het Amsterdam—Rijnkanaal bij Vreeswijk, welke dijken goeddeels in dezelfde omstandigheden verkeerden als de aangrenzende Lekdijk Bovendams, werd over bepaalde gedeelten de slechte

ondergrond tot vrij groote diepte door zand vervangen, fig. 156 en 157, om afschuivingen en verzakkingen te voorkomen.

Om te beletten, dat bij hooge rivierstanden het water snel uit de diepere watervoerende lagen tot hoog in den dijk zou opstijgen, werd de zandaanvulling afgedekt met een laag klei — in de figuren aangeduid met „blinde kleilaag”.

Deze afdichtende laag had men ter hoogte van en in aansluiting met de aanwezige laag goede grond op maaiveldshoogte kunnen aanbrengen, doch om met minder klei toe te kunnen legde men ze hooger, in aansluiting met de kleibekleding van het buitenbeloop.

Ten overvloede werd langs de buitenzijde van de grondverbetering nog een damwand geheid.

Alvorens de oude rivierdijk ter plaatse van de voorhaven werd vergraven, werden de nieuwe dijken beproefd, door de voorhaven vol te pompen tot 0.30 m boven den hoogsten stand in de hoogwaterperiode van Januari 1926, of tot het peil van 6,20 m + N.A.P.

Per etmaal werd de waterstand 0.80 m opgevoerd tot deze tot 6.20 m + N.A.P. was gestegen, waarna hij 6 achtereenvolgende etmalen op dat peil werd gehandhaafd.

Vervolgens liet men het water dalen, eerst 0.35 m à 0.40 m per etmaal en nadat de stand tot 2.— m + N.A.P. was gezakt, 0.40 m à 0.25 m per etmaal. De beproeving duurde zoo in totaal 30 dagen.

Blijkens waarnemingen in een serie in den dijk geplaatste bronnen steeg de waterstand onder de blinde kleilaag in den dijk bijna even snel als in de voorhaven.

Hoe betrekkelijk snel de grondwaterstand in den dijk steeg bij de verdere verhooging van den waterstand in de voorhaven en tijdens het onderhouden van den hoogsten stand, ondanks de geringe breedte van de strook waar water in den dijk kon dringen door de kleibekleding van 0.80 m en meer dikte op het buitenbeloop, blijkt uit de verhanglijnen geteekend in de figuren.

Ook ter plaatse waar de bovenlaag goede grond niet was vergraven, fig. 158, steeg de grondwaterstand in den dijk zeer snel.

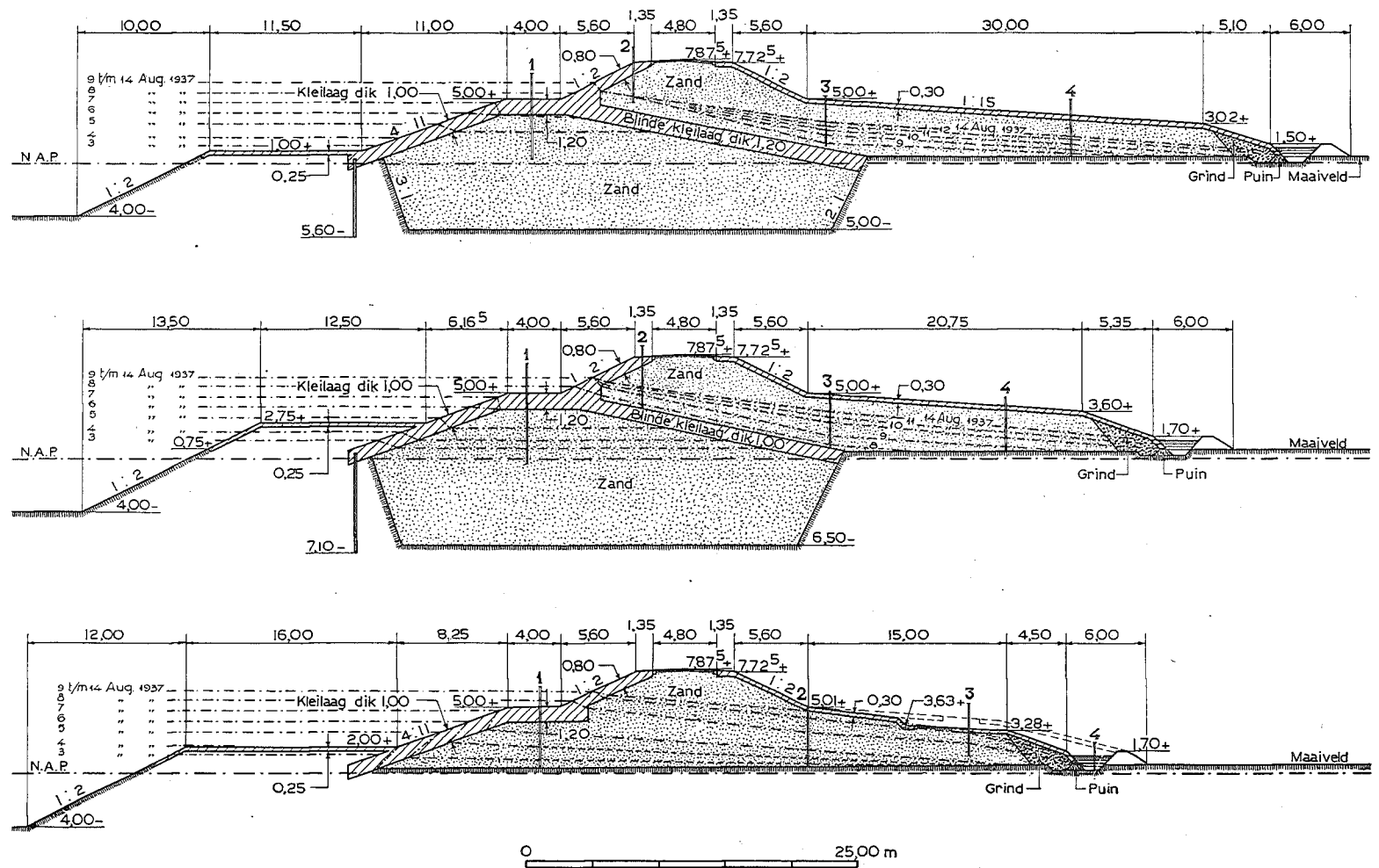
De kleibekledingen zijn wel door paarden aangetrapt, doch waren nog betrekkelijk versch en hadden nog niet de dichtheid, die ze op den duur zullen verkrijgen, terwijl de hoogste waterstanden veelal niet zoolang duren als bij deze proef, zoodat later een niet zoo snelle en minder groote stijging van het grondwater in den dijk mag worden verwacht, maar de nu uit den binnenberm getreden kwel, waar die berm voor een oprit lager lag dan elders, deed het toch raadzaam achten, die binnenberm daar te verhoogen, zooals in fig. 158 met stippellijnen is aangegeven.

Hoezeer de kwel toeneemt als de waterstand stijgt en eenigen tijd hoog blijft, ook bij oudere dijken en bij die niet voor zoo'n groot deel uit zand bestaan, blijkt overigens tijdens elke hoogwaterperiode. De toestand van vele dijken wordt dan voortdurend zorgelijker, naarmate de hooge stand langer aanhoudt.

Al zijn de plaatsen waar kwelwater uit de binnenbeloopen zal gaan vloeien meestal wel bekend, niet altijd heeft men aanwijzingen genoeg waar de stabiliteit van het binnenbeloop in gevaar zal kunnen komen. Verbetering van den toestand bleek op menig punt gewenscht en dient niet te worden nagelaten of uitgesteld.

Wanneer binnenbeloopen of binnenbermen daarvoor worden aangehoogd, zal uitvloeien van kwelwater meer of minder worden voorkomen, doch zal op eenige stijging van de verhanglijnen, in den dijk, moeten worden gerekend. Die stijging zal te geringer zijn, naarmate de grond, waarvan het benedenbeloop of de binnenberm wordt aangelegd, beter doorlatend is.

Noodig is in elk geval, dat die grond zelve niet door het kwelwater kan worden meegevoerd of onder een flauwer beloop dan de aanleg, kan gaan uitvloeien of afstorten. Grof zand en fijn



Boven: Fig. 156.
Midden: Fig. 157.
Onder: Fig. 158. } Voorhavendijk te Vreeswijk met verhanglijnen tijdens de beproeving in Augustus 1937.

grind zijn daarom geschikte materialen voor een dergelijke aanhooving, die, om te begroeien en onder profiel te blijven liggen, een bedekking behoeven van teelaarde of magere klei, waarbinnen het water echter weer niet mag worden opgesloten, zooals reeds werd vermeld in par. 28 (zie ook fig. 151).

§ 31. De kern en de kruin.

De rivierdijken zijn over het algemeen geheel van klei gemaakt, maar lang niet overal was die klei vet of is bij latere verhoogingen en verzwaringen enkel vette klei toegepast. Veel hing in deze af van den grond, die men op de uiterwaarden of, waar die ontbraken, op rietgorzen en binnendijs aantrof.

Groote taatheid is, daar de golfslag nooit zeer hevig is, van niet zóó groot belang als bij zeedijken, maar toch ook niet van geringe beteekenis, omdat de golfslag vaak lang op één plaats is gericht. Bij overvloeien houdt taaie klei langer stand dan magerder grond, maar van het meeste belang is de taatheid bij doorbraken, omdat dan het meer of minder snel verwijden van de doorbraak, ten eerste met die taatheid verband houdt. Rivierdijken staan vele maanden soms jaren aaneen droog. Vette klei krimpt en scheurt daarbij, wat men aan een dijk ongaarne ziet, al zwellen die scheuren gewoonlijk dicht, voorzooveel en spoedig nadat de dijk weer water gaat keeren.

Bij oudere dijken, die veel beweid zijn en daardoor uitwendig dicht zijn geworden, terwijl de kern door atmosferische invloeden en den druk van bovenliggende lagen is gezet, komt het scheuren gemeenlijk niet veel meer voor.

Van groot belang is, dat de dijk niet door kan kwellen, dat de grond dus slecht waterdoorlatend is. Het zandgehalte van de dijkspecie kan vrij hoog zijn, b.v. 50 à 60 %, eer de specie in dat opzicht te kort schiet.

In den lateren tijd heeft men bij aanleg van rivierdijken en ook bij het dichten van dijkbreuken, vaak ook zand en zelfs wel bij voorkeur zand gebruikt, echter bekleed met klei. Die voorkeur voor zand is toe te schrijven aan de lagere kosten en gemakkelijke verwerkbaarheid, geenszins aan de goede eigenschappen als dijkspecie.

Komt in zoo'n dijk van zand een doorbraak, dan ruimt de stroom in korten tijd een groote lengte op, de bekleedingen lijden 's zomers licht aan uitdroging, de kwel kan veel ernstiger vorm aannemen dan bij een dijk van klei. Compensatie van die nadeelen in den vorm van grooter hoogte, flauwer beloop en grooter kruinsbreedte, mag niet achterwege blijven, evenmin als een hooge en breede binnenberm of(en) ruime drainage nabij den hiel.

Een ernstig voorbeeld ter waarschuwing is de doorbraak van een dijk van het Albert kanaal boven de sluizen bij Hasselt op 26 Juni 1939. Deze dijk miste weliswaar kleibekleeding op het buitenbeloop, die op een rivierdijk wel nimmer zal worden weggelaten, maar had 'n plaats daarvan een betonglooiing onder een helling van 1 op $1\frac{1}{2}$. Het binnenbeloop was 1 op $2\frac{1}{2}$, miste bij een hoogte van 7.25 m verticaal gemeten, banketten en een hoogen binnenberm, doch had aan den hiel een drainage van rijshout en een greppel. De kruin was 20 m breed en had een hoogte van 1.75 m + kanaalpeil. Fig. 159. De drainage was kennelijk onvoldoende. Daarbij was zeer fijn zand uit de Kempen aan den dijk verwerkt.

De doorbraak begon met het afschuiven en uitvloeien van het binnenbeloop. Plaatselijk stroomde de dijk daarna geheel weg en toen het kanaalpand was leeggelopen, ontstonden belangrijke afschuivingen in het beloop aan de kanaalzijde van beide dijken, waarbij de betonbekleeding werd weggeperst. De dijken moeten dus wel geheel met water doordrenkt zijn geweest en de grondwaterstand in den dijk moet een gemiddelde helling hebben gehad van zeker niet steller dan 1 op 10.

Omdat, wegens den vaak langen duur der hooge waterstanden, bij rivierdijken de kwelweg

lang moet zijn, de beloopt geen flauwe helling hebben en de kruin maar betrekkelijk weinig boven de hoogste standen is verheven, kunnen die dijken zelden met een geringe kruinsbreedte toe.

Kruinsbreedten van minder dan 4.— m komen weinig, kruinsbreedten van 5.— m en 6.— m komen echter veelvuldig voor, terwijl breedten van 7.— m, 8.— m en 9.— m niet zeldzaam zijn.

Zooals reeds in par. 27 werd opgemerkt, moet de kruinsbreedte steeds worden beschouwd in verband met de overhoogte. Een dijk met 1.— m meer overhoogte is met 4 à 5 m minder kruinsbreedte even sterk als de lagere dijk.

Toch kan ook bij die hoogere dijken veelal niet met een geringere kruinsbreedte worden volstaan, alleen al omdat op vrijwel alle rivierdijken een verkeersweg ligt.

Dat de weg op de dijkskruin is aangelegd, is begrijpelijk omdat deze over het algemeen nog de veiligste plaats biedt ingeval van overstrooming en doordat veel bebouwing langs de dijken is gegroepeerd.

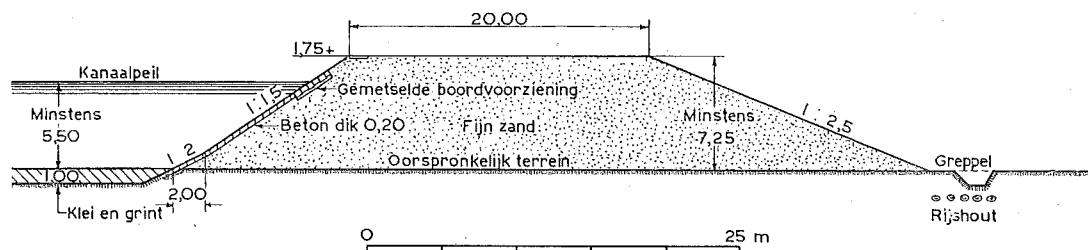


Fig. 159. Dijk langs het Albertkanaal boven de sluisen bij Hasselt in België.

Vroeger, toen met een verhardingsbreedte van 2.75 m à 3.— m bijna overal kon worden volstaan, bood een kruin van 5 m breedte nog voldoende ruimte. Nu die wegen over het algemeen een verhardingsbreedte van ten minste 6.— m behoeven, is de beperkte kruinsbreedte van vele dijken ook uit dien hoofde een ernstig bezwaar geworden. De verharding is nu al vaak tot dicht aan de kruinlijnen uitgebreid, zoodat de kanten ter diepte van de niet dichte weg-verharding niet of nauwelijks in staat zijn water te keeren en er voor tijdelijke verhoogingen bij ijsgang geen goede plaats meer is.

Zoowel voor het wegverkeer, als voor het keeren van hoge waterstanden, zou een verzwaring van den dijk, waarbij tevens een breedere kruin werd verkregen, zeer gewenscht zijn. De hoge kosten houden daarvan terug.

Daar komt nog bij, dat het tracé van de dijken met hun vele krommingen, vaak met zeer kleine straal, vóór het wegverkeer weinig geschikt is en bochtafsnijdingen enz. voor verbetering van het tracé bijzonder kostbaar zijn. Voor snel- en doorgaand verkeer kunnen de wegen op de dijken dan ook bezwaarlijk geschikt worden gemaakt.

Toen de wegen op de dijken nog niet waren verhard, was de kruin vaak diep ingespoord en bedekt met plassen. Ten behoeve van de voetgangers was op de kruin naast de karresporen vaak een zandpad aangelegd dat, wellicht om het berijden te beletten of misschien ook doordat het elk jaar met zand werd verhoogd, boven de kruin reikte. De gewone plaats was langs de binnenkruinlijn en nu kwam het meermalen voor, dat het water tot boven de kruin kwam en slechts het zandpad, dat omstreeks 1.— m breedte had met beloopt van 1 op 1, het overloopen van den dijk voorkwam.

In het midden der 18e eeuw vonden velen, dat het overbrengen van het zandpad naar de buitenkruinlijn een goede verbetering zou geven, omdat de kruin dan langer berijdbaar zou blijven, wat bij zulke hoge standen zeer wenschelijk was, de dijk minder erg doorweekt zou

worden en men het zandpad ook met minder middelen zou kunnen versterken en verhoogen. De verplaatsing schijnt inderdaad te zijn uitgevoerd. Van een zandpad langs de binnenkruinlijn vindt men op geen enkelen dijk meer een spoor, doch een kade aan de buitenzijde treft men nu nog, vooral langs de beneden rivieren op meerdere dijken aan. Fig. 160.

Waar de kruin voor het wegverkeer te smal is, heeft men de kade of een deel daarvan wel vervangen door een muurtje van beton of metselwerk waardoor 2 à 3.— m breedte voor den weg kon worden gewonnen.

Op de benedenrivieren duren tengevolge van de tijbeweging de hooge standen nooit lang, zoodat een kade hier het water lang genoeg kan keeren zonder veel door te kwellen. Voor het wegverkeer geeft de kade bescherming tegen het van den dijk rijden. Verhooging van de geheele kruin zou voor de daar veel voorkomende bebouwing op het binnenbeloop groo-ter bezwaren geven, dan nu het geval is.

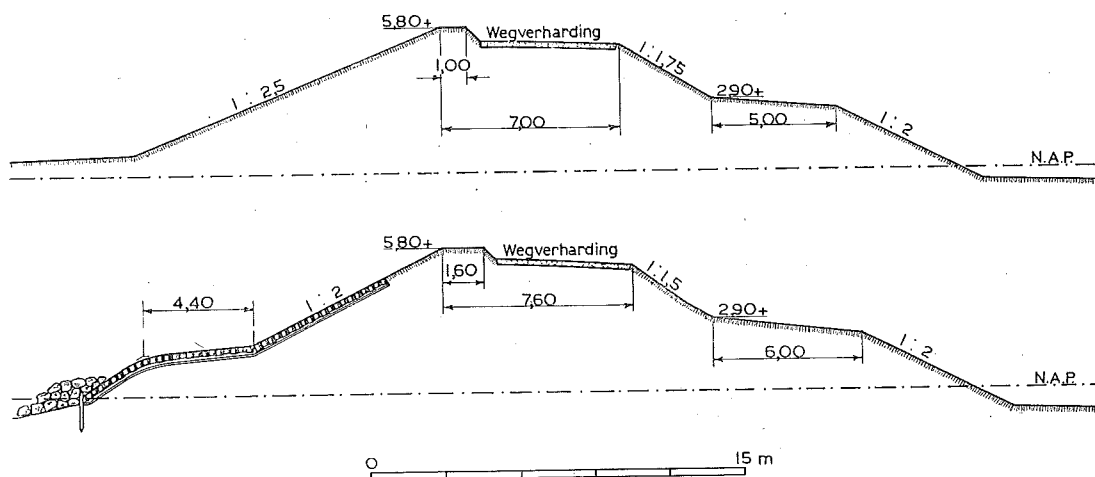


Fig. 160. Rivierdijken met een kade op de kruin, beneden Gorinchem.

Een bezwaar voor de waterkeering is, dat zoo'n kade voor uitwegen — en waar bebouwing op en buiten de dijken voorkomt zijn die talrijk — wordt onderbroken en al die doorgangen, als een stormvloed snel opkomt, toch alle tijdig moeten worden afgesloten.

Een nadeel is ook, dat de wegverharding eenzijdig moet afwateren en in holle bochten de wegverkanting of verkeerd ligt of de afwatering toch naar de kade toe plaats heeft en dan bijzondere voorzieningen vraagt. Gewoonlijk worden dan riolen dwars door den weg gelegd; deze komen dan op een diepte van 1.50 à 2.— m onder de kruin van de kade en voor de waterkeering zijn dergelijke verbindingen van buiten naar binnen al zeer ongewenscht.

Is de hooge keering een muur, dan wordt in de afwatering van de kruin veelal voorzien met pijpen door den muur, wat weer het bezwaar meebrengt, dat ze bij hooge standen alle moeten worden afgedicht en de kruin toch door kwellen, lekken en regen onder water komt te staan.

§ 32. Gebouwen, boomen enz. op rivierdijken.

Langs de rivieren, waar uitgestrekte gebieden ingeval van dijkbreuk diep worden geïnundeerd, heeft een groot deel van de bewoners zich langs en op de dijken gevestigd.

Tal van dijkvakken zijn daar zoowel op het buiten- als binnenbeloop zoo dicht bebouwd, dat men ze nauwelijks als dijk kan herkennen. Bebouwing tot aan en zelfs op de kruin is geen zeldzaamheid. Verhooging van de kruin en verzwareing van den dijk is door de bebouwing vaak zeer bezwaarlijk en op menig punt zelfs onmogelijk. Men behelpt zich dan met het ver-

hoogen van de kruin tusschen keermuren, echter tot grooten last van de aanwonenden, daar de deuren moeilijk langs trapjes zijn te bereiken en de raamdorpels tot beneden de kruin liggen. Op tal van punten is ook zelfs een dergelijke verhooging niet uitvoerbaar zoodat plaatsen met minder dan de noodige kruinshoogte aanwezig blijven, welke men bij hoog water of dreigend gevaar, door bekistingen keerende moet maken.

Op andere plaatsen vormen de gebouwen op de belooopen de keering bij hooge standen, waarbij dan de openingen tusschen de zijgevels en vaak ook deur- en vensteropeningen met schotten moeten worden afgesloten. Hier en daar vormt een muur of kade nabij de buitenkruinlijn al of niet in vereeniging met de gebouwen op het buitenbeloop een keering, die dan meestal op tallooze punten ten behoeve van doorgangen is onderbroken, welke openingen in geval van hoog water met bekistingen en schotbalken moeten worden afgedicht.

Soms is bij reglement of keur bepaald, dat de hulpmiddelen voor afsluiting steeds in goeden staat ter plaatse aanwezig moeten zijn.

Waar ze slechts bij lange tusschenpoozen noodig zijn en het belang van die hulpmiddelen niet voortdurend wordt gevoeld, valt op het volhouden van voorzorgen en het naleven van die keuren niet erg te vertrouwen en is er alle kans, dat bij onverwacht optreden van gevaar, zooals vooral door stormvloed op de benedenrivieren mogelijk is, de noodige hulpmiddelen althans voor een deel ontbreken. Met het oog op den overlast en de kosten, wordt met het aanbrengen van afsluitingen zoo lang mogelijk, soms al te lang, gewacht.

Daarbij vormen de gevelmuren en al die tijdelijke afsluitingen een waterkeering, waarvan de soliditeit op al te veel punten twijfelachtig is.

Als een enkel gebouw al te zeer in het dijkprofiel staat of een te groot beletsel vormt voor een noodig geachte verbetering, dan wordt wel overgegaan tot onteigening en afbraak. De hooge kosten zijn veelal een beletsel om dusdanige verbeteringen op zoo ruime schaal door te voeren, als wel gewenscht zou zijn.

Bij het zoeken naar middelen tot vermindering der gevaren bij ijsgang en hoog water, in het begin van de vorige eeuw, werd zelfs het verhoogen van dijken, vooral om de daarbij noodige afbraak van gebouwen, te kostbaar en onuitvoerbaar geacht.

Ook waar gebouwen geen werkelijk beletsel vormen om den dijk de gewenschte hoogte te geven, zijn ze toch veelal voor de waterkeering nog nadeelig. Door ontgravingen voor de fundeering, regenbakken, kelders, putten enz. wordt de kans op ondichtheid, dus op kwel, vergroot.

Zijn eenmaal binnen of tegen een gebouw wellen ontstaan, dan zijn deze vaak moeilijk bereikbaar en lastig te bedwingen. Daarbij geeft het bewonen van den dijk aanleiding tot velerlei beschadigingen van de belooopen.

Bebouwing op dijken levert dan ook overal bezwaren op. Bebouwing op de bermen doet dat in mindere mate, behalve waar deze kwelachtig zijn. Worden de gebouwen op de bermen aan de dijkzijde zoo hoog opgetrokken, dat de laagste dorpels 0.75 m à 1.— m boven de kruin liggen en wordt dan de ruimte tusschen het beloop en de gevel tot kruinshoogte aangevuld, dan worden de meeste bezwaren ondervangen en gaat zelfs eenige versterking en bescherming van den dijk met den bouw gepaard, terwijl gelegenheid voor verhooging van de kruin open blijft.

Boomen op de kruin en op de belooopen kunnen oorzaak zijn dat bij harden wind scheuren in den grond ontstaan en de dijk voor water meer toegankelijk wordt of afkalving wordt bevorderd. Menigmaal heeft men zich dan ook genoodzaakt gezien, bij hoog water en storm de boomen op den dijk met den meesten spoed te vellen, echter zonder dat men meteen alle bezwaren kon ondervangen. De boomwortels maken den grond vaak ondicht, vooral als ze na het afsterven of rooien van de boomen vergaan.

Onder dichte boomkruinen, vooral als deze laag hangen, is de grasnerf niet dicht en is de kans op afslag van het beloop vergroot. Hier en daar treft men, b.v. op den buitenberm en soms in het buitenbeloop boomen aan, waarvan de takken bijna op het beloop hangen. Na een hoog rivierstand blijkt dan veelal onder iederen boom afslag te zijn ontstaan, waarvan de rand precies de omtrek van de boomkruin volgt, terwijl het beloop overigens geheel onbeschadigd bleef.

Is beplanting op den dijk steeds nadeelig, aan de rivierzijde van den buitenberm zijn boomen en vooral meerjarig griendhout veelal nuttig, daar ze den golfslag dempen en den dijk soms beschermen tegen ijsgang.

§ 33. Aanleg, verhooging en verzwarening van rivierdijken.

De aanleg van een rivierdijk komt vrijwel overeen met den aanleg van een zeedijk op drogen grond als is omschreven in par. 18 sub. 1, zoodat hier naar die paragraaf kan worden verwezen.

Moet een rivierdijk worden verhoogd, dan wordt, waar het buitenbeloop met steenglooing is verdedigd, dat beloop dikwijls steiler opgezet. 1 op $1\frac{1}{2}$ is voor dat steiler maken vrijwel de grens. Is het buitenbeloop onverdedigd en is voor verzwarening aan de landzijde geen gelegenheid, dan wordt het grasbeloop vervangen door een steiler beloop met steenglooing, of wordt het buitenbeloop met grond verzwaard.

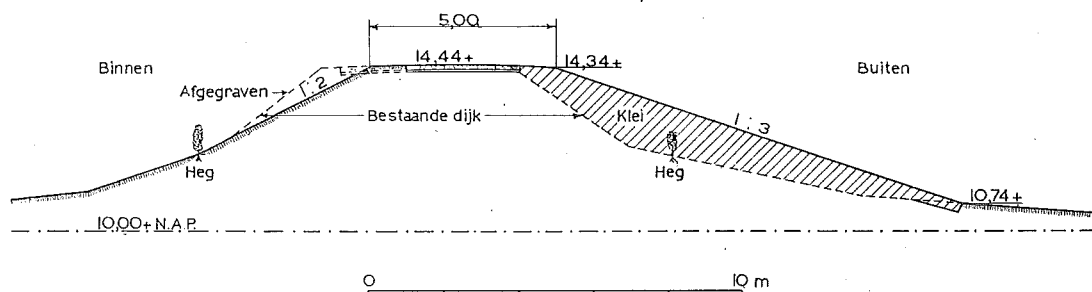


Fig. 161. Verzwaring aan de buitenzijde van den Westervoortschendijk in 1942.

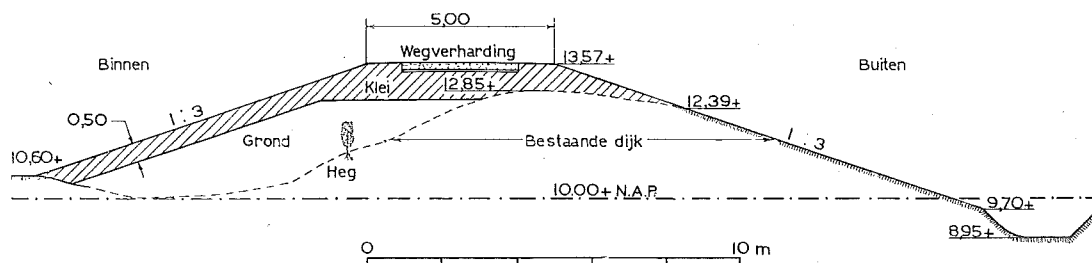


Fig. 162. Verzwaring aan de binnenzijde van den Westervoortschendijk in 1942.

Waar de dijk kwelt, is de laatstgenoemde wijze het meest aan te bevelen omdat ze de gelegenheid geeft met die verzwarening den dijk tevens dichter te maken. De verzwarening met grond wordt bij voorkeur in het voorjaar uitgevoerd, zoodra men kan verwachten, dat het gevaar voor hoog opperwater voorbij is, opdat de zoden kunnen vastgroeien en de grond vaster en dichter wordt voor een volgende hoogwaterperiode aanbreekt. Toch kan het aanbrengen van een tijdelijke verdediging met rijsbeslag of krammat niet steeds worden ontgaan.

Verzwaring aan de binnenzijde geeft in dat opzicht weer voordeelen. Fig. 162 en 163.

Verzwarend van het binnenbeloop met een dunne laag grond helpt voor bestrijding van de kwel bitter weinig. Wordt het binnenbeloop steiler opgezet, dan beteekent dit zelfs een verzwakking daar afschuiving van het beloop erdoor wordt bevorderd.

Een kruinsverhoging, op die wijze mogelijk gemaakt, verliest veel van haar waarde.

Kan aanleg van een hoogen binnenberm er mee gepaard gaan, dan is de verzwarend daarentegen van bijzonder belang. Fig. 163.

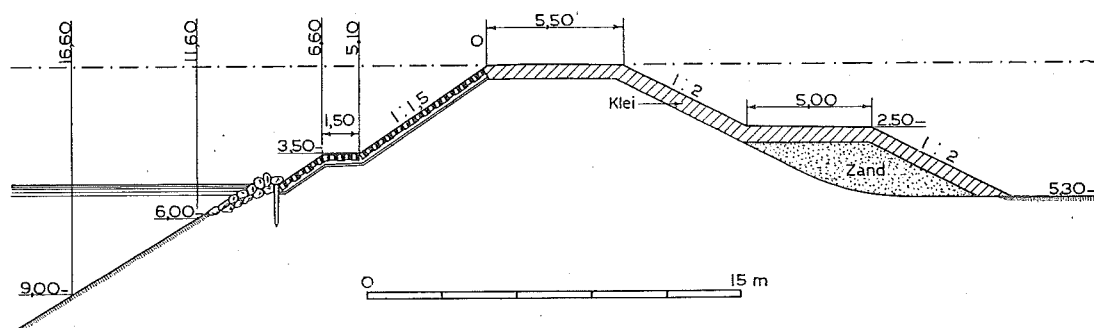


Fig. 163. Verhoging van een rivierdijk, met aanleg van een binnenberm.

De toestand van een dijk valt niet goed te beoordeelen, als men niet van alle bijzonderheden omtrent de zate en den dijk zelf op de hoogte is, maar toch, als men onze rivierdijken met een belangstellend oog waarneemt, dan ontkomt men op talloze plaatsen niet aan den indruk, dat een berm als in fig. 163, of althans het onder een flauw beloop aanheelen van het onderste $\frac{1}{2}$ of $\frac{1}{3}$ gedeelte van het binnenbeloop, zeer noodig of nuttig zou zijn en veel van de onrust zou kunnen wegnemen, die nu vrijwel door iedere hoogwaterperiode wordt teweeggebracht.

§ 34. Maatregelen bij hoog water en ijsgang.

Langs de meeste rivierdijken in Nederland, staan op onderlinge afstanden van eenige kilometers, dijksmagazijnen, waarin en waarbij allerlei gereedschappen en hulpmiddelen voor de uitvoering van grond- en rijswerk zijn geborgen. Tegen het najaar worden van afstand tot afstand nog rijssbossen, gaarden of haringband, staken, wiepen en soms ook horden, de z.g. noodmaterialen of noodstuiken, opgeslagen.

Bij vrij hooge waterstanden en ijsbezetting wordt een berichtendienst ingesteld: de z.g. gewone riviercorrespondentie, terwijl bij nog hooger standen, of als het spoedig opbreken van de ijsbezetting wordt verwacht, de z.g. buitengewone riviercorrespondentie wordt ingesteld. Dan betrekken een groot aantal ambtenaren van den Rijkswaterstaat met de dijksbesturen en hun ambtenaren standplaatsen langs de rivieren, dan wordt de berichtendienst af en opwaarts langs de dijken uitgebreid of ingesteld, worden talrijke waarnemingen omtrent ijsgang, waterstanden, ongevallen enz. gedaan, worden de dijken voortdurend geïnspecteerd en dan wordt zoo veel noodig het dijkleger opgeroepen, d.w.z. een groot aantal werklieden wordt langs de dijken gehuisvest om gebreken aan de dijken, zoodra die zich mochten voordoen, zooveel en zoo spoedig mogelijk te herstellen of althans voorloopig te voorzien.

Over de administratieve bepalingen, waarbij een en ander is geregeld en die beoogen om door centralisatie van gezag, snelle verspreiding van berichten, het zeer spoedig aanwezig zijn van deskundigen, arbeiders, materialen en gereedschappen op de bedreigde plaatsen, rampen te voorkomen of die te beperken, zal hier niet worden uitgeweid.

Feitelijk zouden de dijken overal en ten allen tijde in zoodanigen staat moeten verkeeren, dat ze ook onder de ongunstigste

omstandigheden geen bijzondere zorg of nadere voorzieningen behoeven.

Vele dijken voldoen niet aan dien eisch en erkend moet worden, dat, door de eindelooze variaties in de ligging en de eigenschappen der aardlagen onder de zate en in den dijk, in de afmetingen, samenstelling, vochtigheid enz. gevoegd nog bij de groote onzekerheid omtrent het verloop van ijsgang en de waterstanden daarbij, het ver van eenvoudig en in elk geval zeer kostbaar is, absolute veiligheid te verkrijgen.

Hoezeer het ook van overwegend belang is, dat de rivierdijken, beter dan nu helaas op tal van punten het geval moet zijn, tegen langdurige hooge waterstanden bestand worden gemaakt, het zal wel steeds noodig blijven, onder sommige omstandigheden de bovengenoemde voorzorgen en maatregelen te nemen, om zoo mogelijk het gevaar voor overstromingen weg te nemen. De daarbij uit te voeren werkzaamheden bestaan in hoofdzaak in:

- a. het herstellen of het voorkomen van de uitbreiding van afslag, z.g. zeebraak, aan het buitenbeloop;
- b. het bedwingen of onschadelijk maken van wellen en kwel;
- c. het beperken of aanvullen van verzakkingen;
- d. het vergrooten van de waterkeerende hoogte.

a. Herstellen of het voorkomen van de uitbreiding van afslag, z.g. zeebraak, aan het buitenbeloop.

Doordat de waterstand betrekkelijk lang op ongeveer dezelfde hoogte blijft, wordt het met water doordrenkte buitenbeloop door golfslag ontleed en beschadigd, waar dat beloop te steil of de grasnerf niet sterk is. Dikwijls is geen golfslag aanwezig, nooit is die zeer hevig, maar bij harden wind kunnen door den langen duur toch beschadigingen aan het buitenbeloop ontstaan die het waterkeerend vermogen van den dijk doen achteruitgaan.

Een der middelen om afslag tegen te gaan is het dempen van den golfslag. Daartoe worden langs den dijk bossen riet of rijshout, pakken stroo of hooi, wiepen enz. te water geworpen en met touwen, ijzerdraad of wiepen tegen wegdrijven bevestigd.

Afslag te herstellen zolang de golfslag duurt, is niet wel mogelijk, maar men kan wel verergering voorkomen, door aan de rivierzijde van den ontstanen steilen rand een keering te zetten van tuinen, horden, staakrijen, planken tegen palen enz. en door tusschen die keering en den rand van de afkalving grond, zoden of mest vast te stampen, hooi of stroo te bezwaren met steenen of wel grind of steenslag te storten. Ook kan men dikke bossen rijshout of riet met staken tegen den steilen rand vastpennen of er een wal van met zand gevulde zakken tegen leggen of stapelen. Diepe gaten worden wel gevuld met rijspakwerk, belast met zoden, grond of puin.

Nog een ander middel is, de steile rand af te vlakken en daarop rij- of rietbeslag met tuinen of ijzerdraadspanningen aan te brengen.

Welke voorziening men zal toepassen hangt vooral af van wat men aan materialen het spoedigst bij de hand heeft en waarmede men het vlugst kan opschieten. Het is wel voorgekomen, dat men in de nabijheid huizen en schuren afbraak om met de zoo verkregen rieten daken, planken, deuren, zolders, pannen, steenen enz. de afslag haastig te beteugelen.

b. Het bedwingen of onschadelijk maken van wellen en kwel.

Kwel ontstaat op vele plaatsen binnendijs, zelfs al vóór dat de uiterwaarden zijn ondergelopen en het kwelwater dus in den grond een langen weg moet afleggen. Bij het rijzen van den waterstand wordt de kwel sterker en ontstaan wellen. Welt het op geruimen afstand van den hiel of den binnenberm en voert de wel geen grond mee, dan is deze tamelijk onschuldig, afgezien van het waterbezwaar, dat door de kwel soms ontstaat.

Voert de wel echter vaste stoffen mede, dan kan ze gevaarlijk worden, te eerder als tevens de afstand tot den dijk vermindert of al niet groot was. Het meevoeren van vaste stoffen kan oorzaak zijn, dat de grond in de stroombaan van de wel een lossere pakking krijgt en zoo onder den dijk week gaat worden of dat er holten ontstaan en tenslotte de dijk verzakt. Menige doorbraak is op deze wijze ingeleid en had dan vaak een snel verloop.

Als het buitenwater toetreedt tot de wel op een enkel punt of een kleine oppervlakte, dan is het stoppen van de wel daar het gemakkelijkst. Onder water is die plaats echter moeilijk te

ontdekken. Alleen als het water snel kan instromen verraadt een klein draaikolkje soms die plaats. Daar moet dan grond worden gestort, liefst een flinke hoeveelheid ineens. Ook kan men daar een zinkstukje met een dichte rijs- of rietvulling aanbrengen en met grond bezwaren. Een goed resultaat heeft men in zoo'n geval ook wel verkregen door het doen zinken van zeilen, die door het wel-water vast in en op de openingen werden gezogen en deze daardoor afsloten.

Treedt het water toe door den dijk dan kan de wel soms worden afgesloten door het inheien van een damwand, langs de waterlijn of de buitenkruinlijn. Er hebben zich zelfs gevallen voorgedaan, waarbij de wel, die haar ontstaan dankte aan een mollerid, door het ter juister plaatse inslaan van één plank, ophield te werken.

Stroomt het water toe langs ondichte lagen, waarin het over een groote oppervlakte of op onbekenden afstand van den dijk kan toetreden, dan is dichting buitendijks zeer bezwaarlijk en is men op bestrijding binnendijks aangewezen.

Een oud, veelvuldig toegepast middel is daar: het omkuipen van de wel. Daartoe wordt een vat zonder bodem of een wijde buis om de wel in den grond gedrukt en rondom de omkuiping goede klei vast aangetrapt. Soms



Fig. 164. Bedwingen van wellen met weltonnen.

Foto B. Hakkeling.

kan de omkuiping worden verhoogd door er een nauwere hooger reikende buis in te zetten en in de kuip op een onderlaag van grind of steenslag, klei of mest vast aan te stampen en te belasten. Soms ook worden speciale vaten, z.g. weltonnen gebruikt, die aan de bovenzijde gesloten zijn. Door het deksel steekt een open pijp, waarin het water dus kan opstijgen. De weltonnen moeten tegen opdrijven worden belast. In plaats van met een buis of vat worden wellen — vooral die in het binnenbeloop —, ook wel omkuipt met damwand rondom of aan 3 zijden met het binnenbeloop als 4e zijde. Fig. 165. Het water stijgt in de omkuiping zoo hoog, dat de evenwichtstoestand met het buitenwater intreedt en de wel ophoudt te werken, of, als de omkuiping daarvoor niet hoog genoeg reikt, dat nu geen vaste stoffen meer worden meegevoerd en de wel haar gevaarlijk karakter daardoor verliest.

Het bezwaar van deze voorzieningen is, dat het water vaak aan de buitenzijde van de omkuiping een nieuwen uitweg vindt en al het werk teniet doet of in de nabijheid nieuwe wellen

ontstaan, soms nog dicht bij den dijk, zoodat het gevaar dan is vermeerderd in plaats van verminderd.

Zoo werd b.v. in Maart 1876 aan den Lekdijk Bovendams een wel op het erf eener boerderij omringd met een dubbele, met mest gevulde, bekisting. Toen de waterstand daarbinnen

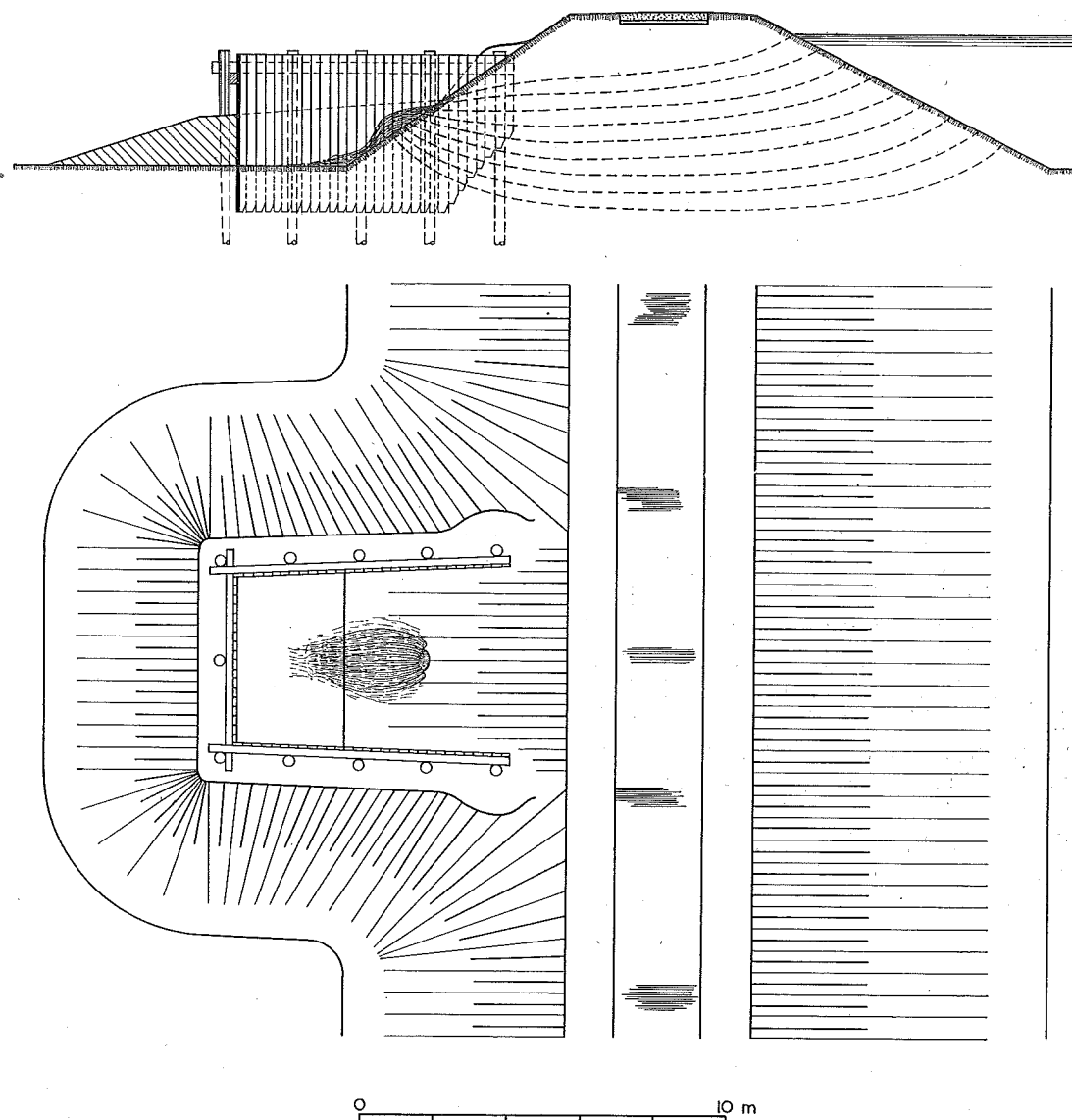


Fig. 165. Omkuipen van een wel in het binnenbeloop, met damwand en grond.

60 à 70 cm was opgekomen, ontstonden buiten de bekisting twee wellen, die veel zand en water opgaven, terwijl in de nabijheid op het erf meerdere kleine wellen ontstonden, die de grond dras maakten. Binnen de bekisting is toen grind gestort en de omwanding lek gemaakt, waardoor nu wel water kon wegvloeiën maar het zand werd tegengehouden; de nieuw ontstane wellen hielden toen op te werken.

In Januari 1920 ontstond een wel aan de binnenzijde van den dijk langs het kanaal van Stee-

nenhoek. Om die wel werd eerst een 0.40 m wijde steenen buis 0.80 m in den grond gedrukt, daarop een 2e buis geplaatst en de naad in de kraag met werk dichtgestopt. Buiten tegen de buizen werd klei vast aangetrapt. Door het in de buizen opkomend water werd echter de vulling uit de kraag weggeperst; het water vloeide nu door en over de klei-omringing weg. Toen werd rondom de buis een houten wand geplaatst van 1.— m hoogte en de ruimte tusschen buis en wand gevuld met klei. Het water steeg nu in de buis tot het over den bovenrand liep. Daar het geen grond meer meevoerde, werden de pogingen om de wel te stoppen nu gestaakt.

In Januari 1926 ontstonden wellen binnen den Linker Waaldijk nabij Zaltbommel, die water en blauw klapzand opbrachten. Men trachtte ze te beteugelen met losse grind en grind in zakken, maar bracht ook een half cirkelvormige bekisting met 30 m straal aan, waarvan de einden tegen het binnenbeloop van den dijk aansloten. Deze bekisting had een hoogte van 0.90 m en men maakte daarin 2 overlaten met stortebedden om verweeking en uitspoeling buiten de bekisting te voorkomen. Met deze voorziening had men succes.

Een bekend middel is ook, de wellen te omkaden. Daartoe wordt op twee plaatsen, uitgaande van het binnenbeloop van den dijk een, liefst niet te klein terrein, waar binnen de wel ligt, met een kade omringd. Het beste is wel, de kade bijna geheel te voltooiën, zonder nog het water te keeren en tenslotte de opening waardoor het water afvloeit te vernauwen en snel te sluiten en daarbij door het stapelen van zoden of met rijshout, riet of stroo, het uitvloeien van den grond te voorkomen.

Binnen de kade stijgt dan het water tot evenwicht met het buitenwater is ontstaan. Blijkt de kade te laag te zijn, dan moet die snel worden verhoogd om overvloeien met kans op doorbreken te voorkomen. Ook wordt in de kade wel een lager gedeelte gelaten en daaraan of flauwe of met rietbeslag verdedigde belooopen gegeven, zoodat alleen daar, waar dit aan de kade geen schade kan doen, het water kan wegvloeien. Uit den aard der zaak moet dat lage deel der kade toch zoo hoog zijn, dat de omkade wellen geen zand of grond meer opbrengen.

Soms wekt de groote hoogte van zoo'n versch opgeworpen en dus niet vaste en dichte kade bezorgdheid en wordt om de eerste kade een tweede, lagere gelegd, en de ruimte tusschen de kaden gevuld met water tot even onder de kruin van de tweede kade. Met hevels, duikers of overlaten in die kaden wordt dan de juiste waterverdeeling in stand gehouden. Op deze wijze werd in Maart 1876 o.a. binnen den Lekdijk Bovendams beneden Vreeswijk een wel, die zand opbracht, bestreden. Na aanleg van een omringkade ontstonden daarbuiten nieuwe wellen. Het geheele kwelachtige terrein werd nu omsloten door een tweede kade en daarbinnen werden de grootste wellen nog afzonderlijk omkaad.

In de buiten omkading liet men het water 1.30 m opkomen en in de kommen daarbinnen nog 70 cm hooger. Nevens de wellen waren al verzakkingen in het binnenbeloop ontstaan en men was zeer bezorgd, dat de kaden zouden bezwijken, omdat de dan plotselinge optredende vermindering van den tegendruk den dijk in een gevaarlijken toestand zou brengen. Men heeft echter de kade en daarmee ook den dijk, kunnen behouden. Dergelijke omkadingen vorderen vrij veel grondverzet, terwijl die grond dan veelal moeilijk is te verkrijgen of aan te voeren. Het ergste is wel, dat de kaden zelve objecten zijn, die groote zorg vereischen en waarop men niet ten volle kan vertrouwen.

In plaats van bekistingen en kaden van grond, maakt men — sedert het begin van deze eeuw — voor het omringen van wellen en vooral van groepen wellen, veelal wallen van met zand of grond gevulde zakken. Het weefsel van de zakken moet dicht genoeg zijn om uitspoeling van de vulling te voorkomen. De wallen van gevulde zakken kunnen voldoende dicht worden gestapeld. De belooopen kunnen steiler zijn en het gevaar van doorkwellen, afschuiven enz. is minder groot dan bij kaden van grond. Blijkt verhooging en versterking noodig, dan is de uitvoering daarvan eenvoudig en men kan zich met die wallen veel beter aan de behoefte aanpassen, dan gemeenlijk het geval is met bekistingen.

Nog een ander middel om wellen te stoppen is, deze te overdekken met een kleed of zeil van niet te geringe afmetingen de randen daarvan in den grond te graven en vast te pennen en dan het geheel, maar vooral de randen, met steen of grond te belasten. Hierbij ontstaan echter vaak nieuwe wellen, of het water vindt uitwegen om onder het zeil vandaan te vloeien.

Daar het veel gemakkelijker is uitvloeiend zand tegen te houden dan water en voornamelijk het meevoeren van grond een wel gevaarlijk maakt, bepaalt men er zich in de latere jaren meestal toe, alleen de grond tegen te houden en het uitvloeien van water zoo weinig mogelijk te verhinderen. Daartoe wordt het terrein op en rondom de wellen afgedekt met een laag stroo, hooi, riet, rietmatten of rijshout en deze laag vastgelegd door ze te bezwaren met zakken zand, grind, steenslag, puin of steenen. Zijn deze laatste materialen niet spoedig bij de hand, dan tracht men het opdrijven der laag ook wel te beletten door er ijzerdraden of wiepen over te spannen en deze met palen vast te zetten.

Ligt de wel in ondergevoeld terrein, dan wordt een afdekking gemaakt van bleeslaag of zinkstuk met een dichte vulling van stroo, hooi of riet en rijshout, bezwaard met steen, puin of zakken zand.

Het water ontwijkt door de afdekking, doch zand en grond worden daarin tegengehouden.

Blijkt de afdekking daarvoor niet dicht genoeg, dan is dit te verhelpen door het er op aanbrengen van een laag grind of steenslag. In menig geval is enkel eene laag grind of steenslag ter dikte van 15 tot 30 cm aangebracht, waardoor het opwellen van grond al voldoende werd tegengehouden. Het gevaar, dat de wel zich zal verplaatsen, is hierbij veel geringer dan bij omkuiping. Het aanbrengen van uitbreiding of versterking, waar die noodig mocht blijken, is eenvoudiger en gemakkelijker.

Ontspringt een wel in een sloot, dan is het aan te bevelen, om door het afdammen van die sloot en het



Fig. 166. Afdekking van een wel met stroo en steenslag. Foto B. Hakkeling.



Fig. 167. Afdekking van wellen met rijshout en zakken zand.

Foto B. Hakkeling.

afgedamde stuk zoo noodig te omkaden, de waterstand zooveel te doen opkomen, dat althans geen grond wegstroomt.

Als in het binnenbeloop van den dijk of in het beloop van den binnenberm kwel ontstaat, dan is er bij belopen, die niet veel flauwer hellen dan de gebruikelijke 1 op $1\frac{1}{2}$ à 1 op $2\frac{1}{2}$, alle kans dat spoedig een afschuiving volgt. Aanhoogen met klei of andere samenhangende stoffen helpt dan niet veel. Het uitvloeiend water maakt alles tot pap, zoodat een groote hoeveelheid noodig is om ze tot eenige hoogte tegen het talud aan te brengen. Met steenslag of grind valt beter resultaat te bereiken. Kan men niet over die materialen beschikken maar wel over zand, dan kan de kwel worden bestreden door het zand onder een beloop van 1 op 4 of flauwer tegen het binnentalud op te werken en, als dan nog geulen in die ophooging mochten ontstaan deze met een laag riet af te dekken. Groote beperking van de hoeveelheid zand is mogelijk, door dit in zakken te scheppen en deze tegen het beloop of als eene omkading om een zand-aanvulling, op te stapelen.

Tijdens hoog water vluchten veel mollen, ratten, muizen enz. naar de hoogst gelegen plaatsen, dus naar de dijken en daar zijn ze dan bijzonder schadelijk door de vele rillen en gangen, die ze in korten tijd maken. Het wegvangen van die dieren en het stampen of dichtkloppen van het buitenbeloop met zodenplak, stamper of sleg langs de waterlijn en daarbij de was voor te blijven, is zeer aan te bevelen.

Ondichtheden onder water kan men soms met goed gevolg bestrijden door het storten van grond.

c. Het beperken en aanvullen van verzakkingen.

Als verzakkingen tijdens hoog water ontstaan is het streven er allereerst op gericht overvloeien van water te beletten of te voorkomen.

Aan de rivierzijde komen verzakkingen zelden voor. Mogelijk zijn ze alleen bij schaar dijken, waar de felle stroom het onderwaterbeloop kan afnemen tot achter het natuurlijk talud. Afschuiving kan daarvan het gevolg zijn. In den regel geschiedt dit pas als het water al is gevallen. De vloeistofdruk zal in sommige grondsoorten veel minder snel afnemen, dan die van de dalende rivier, wat het afstorten zeer in de hand kan werken. De bovenrand van de afstorting heeft meestal een steil beloop; nastorten daarvan valt steeds te vreezen. Zoolang de kruin niet geheel is weggevallen, volgt nog geen doorbraak doch waar dit wel het geval is of spoedig kan worden, moet snel een keering worden gemaakt op of langs het binnenbeloop ter hoogte van den waterstand of daarboven.

Kunnen stroom of golven nog grond meevoeren, dan is het nuttig het afgestorte beloop met een bleeslaag of een zinkstuk of wel met zeilen tegen verdere afname te beschermen.

Zou verder afbrokkelen van den steilen boventand ten gevolge kunnen hebben, dat de rand in het binnenbeloop lager wordt dan de waterstand en dus water door het gat naar binnen gaat stroomen, nog vóór eene omkading aan de binnenzijde kan worden voltooid, dan moet dat afbrokkelen ten koste van alles worden verhoed, b.v. door er aan de rivierzijde een damwand langs te slaan, wat echter niet zonder gevaar is, omdat de afschuiving door het inheien kan worden verhaast.

Soms kan een keering in de afschuiving worden gezet van eenige palen waartegen horden worden geplaatst en waarachter dan een achtervulling van stroo, riet, rijshout enz. wordt aangebracht.

Soms ook kan verder afstorten worden verhoed door in de afschuiving een rijzendam van baardwerk of paklaag op te werken.

Het is enkele malen voorgekomen, dat tijdens zeer hoge standen de kruin van een rivierdijk zakte, zonder dat de belopen deze beweging meemaakten. Zeer waarschijnlijk was daar zand

uit den dijk door wellen meegevoerd. Men heeft toen de kruin terstond opgehoogd met rijslagen en mest, eensdeels omdat deze het eerst bij de hand waren, anderdeels omdat men vreesde, dat klei door het meerder gewicht nieuwe verzakkingen zou veroorzaken en zelf te pappig zou worden.

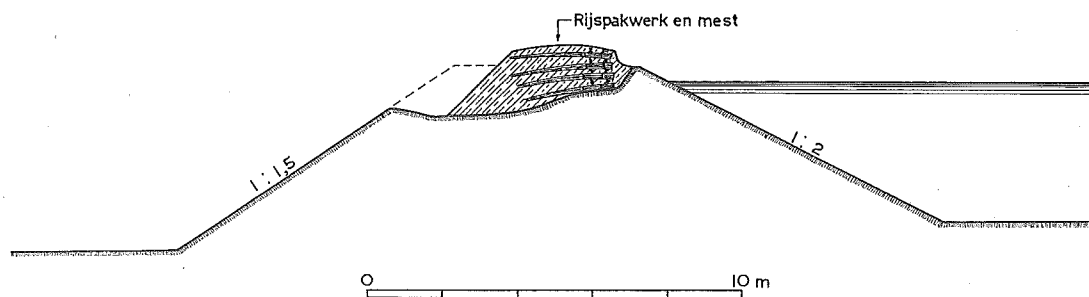


Fig. 168. Tijdelijke voorziening op een verzakte kruin.

Rijswerk is niet dicht, doch dit kon hier met mest worden verholpen. Fig. 168. Na het hooge water moeten dergelijke vergankelijke voorzieningen geheel worden opgeruimd en de dijk met klei worden hersteld.

De meeste verzakkingen en afschuivingen komen bij hoog water voor in het binnenbeloop.

Daar in vele gevallen de ondichtheid van het buitenbeloop de aanleidende oorzaak is, tracht men gewoonlijk door het storten van grond of zand op het buitenbeloop of het zinken van bleeslaag of zinkstukken, den dijk dicht te maken.

In de minst ernstige gevallen kan dan verder worden volstaan met het aanbrengen van riet of dicht rijbeslag tegen den onderrand van het binnenbeloop, al of niet voorafgegaan door een aanhooging met zand.

Veelal zal het noodig zijn, de over den berm geschoven weeke grond voorzichtig op te ruimen en tegelijk een hoogen berm van zand aan te brengen of alleen het afgeschoven beloop aan te vullen en daartegen met zand gevulde zakken dicht op te stapelen.

Is het talud afgeschoven in een wiel, dan dreigt er gevaar dat door de groote hoogte van het beloop, verdere afschuivingen zich tot door de kruin zullen uitbreiden. Het is dan dringend noodig een nieuwe binnenberm op te werken van 5.— m of meer breedte met een beloop van 1 op 3 à 1 op 5 in de wiel.

Ter beperking van het grondverzet kan met zakken zand een steiler beloop van 1 op $1\frac{1}{2}$ à 1 op 2 worden opgestort en gestapeld, maar veelal vordert de voorziening meer tijd dan raadzaam is.

Om in elk geval te verhoeden, dat water over den bovenrand van de afschuiving zal vloeien, wordt op het buitenbeloop, niet te dicht langs dien rand, een wal gestapeld van zoden of zakken zand, stevig genoeg om als tijdelijke waterkeering dienst te kunnen doen. Fig. 168.

Heeft men niet terstond zakken en zand bij de hand, dan moet worden getracht met rijshout en mest een wal op het buitenbeloop te maken, die dan zoo spoedig mogelijk aan de buitenzijde met zakken zand wordt versterkt. Kan men het binnenstroomen van water over het afgeschoven beloop niet voorkomen, dan volgt spoedig dijkbreuk.

Als afschuivingen en verzakkingen aan de binnenzijde gepaard gaan met het oppersen van grond achter den dijk, dan is de zate kennelijk overbelast en is het niet raadzaam tijdens de hoogwaterperiode door grondaanvullingen het evenwicht nog verder te verbreken. Met een lichte keering op het buitenbeloop, van rijshout of pakken stroo en mest samengesteld, of van

horden tegen palen met een achtervulling van mest, zal men dan moeten trachten boven water te blijven.

Afdoende voorzieningen zullen moeten worden uitgesteld tot de waterstand belangrijk is gedaald.

d. Het vergrooten van de waterkeerende hoogte.

Als groote was op de bovenrivier hooge waterstanden doet verwachten en ook als de rivieren met ijs zijn bezet en dan de dooi invalt, zoodat bij het losgaan van het ijs hooge standen zullen kunnen ontstaan, dan moeten de poorten, dijksgaten enz. worden gesloten en de overige laagten in de kruin van de dijken met de gewone bekistingen tot de doorgaande hoogte van de kruin worden opgewerkt.

Nadert de waterstand de kruin zoozeer, dat overloopen van den dijk waarschijnlijk wordt, dan moet de kruin worden verhoogd.

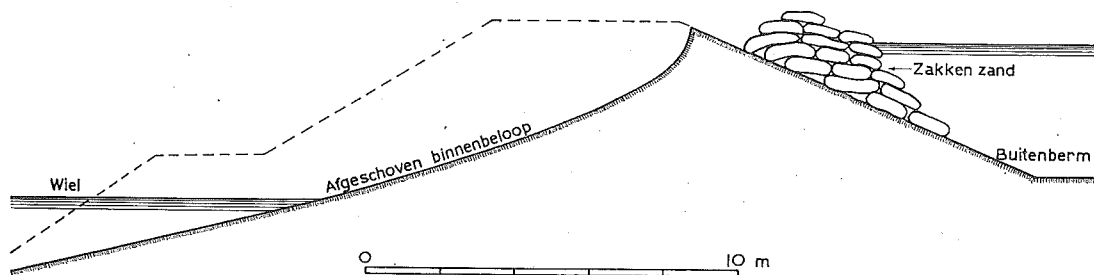


Fig. 169. Keering op het buitenbeloop nevens een afgeschoven binnenbeloop.

De verhanglijn en de kruinshoogte zijn niet overal evenwijdig. De eene plaats zal daardoor spoediger verhooging behoeven dan een andere, doch is ergens verhooging noodig, dan betreft dat gewoonlijk toch een groote lengte en kost het veel inspanning de noodige materialen en hulpmiddelen aan te voeren en de ophooging tijdig te voltooien.

Bij verhooging met grond bepaalt men zich tot het opwerpen van een kade van aanvankelijk geringe afmetingen en steile belopen. Aan de rivierzijde worden bij voorkeur dikke zoden of kielspitten met de begroeide zijde in het beloop verwerkt. Gewoonlijk legt men de kade langs de buitenkruinlijn. Dat heeft bij ijsgang het nadeel, dat de kade gevaar loopt door ijsschollen te worden beschadigd of weggeschoven, terwijl ze bij afslag van het buitenbeloop mede te lijden heeft.

Legt men de kade langs de binnenkruinlijn, dan doet het ijs minder kwaad en hindert afslag veelal niet, maar nu loopt de kade gevaar als afschuivingen in het binnenbeloop mochten ontstaan en komt het water wellicht op de kruin te staan met al de nadeelen daarvan.

Midden op de kruin is uit veiligheidsoogpunt de beste plaats, doch daar belet de kade het verkeer over den dijk terwijl de daar in de meeste gevallen aanwezige wegverharding een goede dichte aansluiting op den dijk bemoeilijkt.

Het aanvoeren van de voor eene kade benoodigde grond kost veel werkrachten en tijd. Ontbreken die, dan waagt men het soms de grond en de zoden voor de kade te ontleenen aan de binnenzijde van de kruin, waar het wegnemen den dijk niet verzwakt als waterkeering, alleen het overvloeien van water nog iets gevaarlijker zou maken, als het niet mocht gelukken, dat overvloeien te voorkomen. Fig. 170.

Meestal gebruikt men voor de verhooging van den dijk geen grond of enkel grond, doch plaatst men bekistingen, die in een volgende paragraaf nader worden vermeld. Bekistingen zijn over het algemeen zwakker dan kaden. Ze hebben een smallere basis en nemen dus min-

der breedte van de kruin in beslag. Op de wegverharding zijn ze moeilijk aan te brengen en de aansluiting daarop is bezwaarlijk waterkeerend te maken. Is men dus genoodzaakt de bekisting toch ter plaatse van de wegverharding te zetten, dan dient deze eerst over eenige breedte te worden uitgeboken.

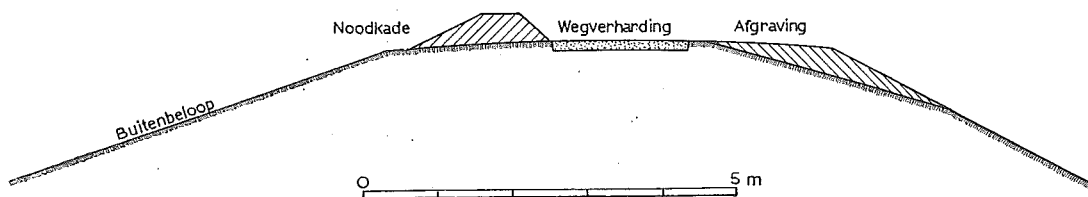


Fig. 170. Noodkade, gelegd als overvloeien dreigt.

Langs schaaldijken is het gevaar, dat ijs op en over de kruin schuift extra groot. Daar moeten bekistingen dan ook niet dicht langs de buitenkruinlijn worden gezet en moeten ze extra worden beschermd. Het eenvoudigst kan dit veelal geschieden met tassen steen, stapels basaltzuilen, hoopen zetsteen of steenslag enz. waartegen het ijs geleidelijk kan omhoog schuiven en op of over de bekisting zal vallen zonder deze te verwoesten.

Als door het ontstaan van een ijssdam het water daarboven zoo snel en hoog oploopt, dat het verhoogen van de kruin raadzaam wordt dan begint men met het aanbrengen van de noodkade of bekisting aan het bovineinde van den ijssdam en werkt rivieropwaarts. De ijssdam breidt zich bovenwaarts uit en het kan heel goed gebeuren, dat, waar men met de verhooging is aangevangen, enkele uren later het water al weer daalt en nu het gevaar dreigt op een plaats tot welke men nog niet is gevorderd.

Het verhang boven den ijssdam wordt flauwer, en wat verder bovenwaarts van den ijssdam, wat minder hoogte de tijdelijke keering op een bepaald oogenblik behoeft. Met het bovenwaarts uitbreiden van den ijssdam verschuift ook de plaats, waar de keering het hoogst moet zijn, naar boven. Heeft men zich dus aan de verhanglijn aangepast, dan kan verhooging van de eerst aangebrachte noodkeering noodig zijn. Dat is trouwens ook met het hoogste gedeelte het geval als de ijssdam niet wil losgaan en afdrijven.

Schiet het ijs door, dan daalt meteen de waterstand en zijn de noodkeeringen veelal doeleloos geworden, maar nu dreigen benedenwaarts wellicht gevaren, als het ijs opnieuw gaat zitten.

Het behoud van den dijk hangt geheel ervan af, of men de was van het water boven den ijssdam vóór kan blijven en de tijdelijke keering niet door het ijs wordt weggeschoven, afgezien natuurlijk van wellen, afschuivingen enz. waarvoor ook juist dan het gevaar het grootst wordt.

Op snel werken, juist inzicht, algeheele toewijding en taai volhouden komt het in zulke gevallen aan. De geschiedenis der ijsperiodes vermeldt tal van die spannende uren, waarin aan de bezieling en het voorbeeld van enkelen, soms van maar één man, het behoud van den dijk was te danken en door het plotseling in beweging komen van het ijs ineens het groote gevaar week.

Het maken van noodkaden en bekistingen moet beperkt kunnen blijven tot de gevallen van onberekenbare waterstanden, dus tot de vakken boven ijssdammen. Voor alle andere gevallen moeten de dijken voldoende hoogte bezitten.

In enkele winters, toen er op de rivieren bijzonder veel ijs was, is er langs de dijken min of meer een paniekstemming ontstaan toen het nog fel vroom en het ijs nog muurvast zat. Dit was o.a. het geval in 1861.

Hier en daar begon men op de hard bevroren dijken bekistingen te plaatsen, wat met zeer

veel moeite gepaard ging, omdat palen en staken slechts ingeslagen konden worden nadat vooraf gaten waren geboord of door het inslaan en weer uittrekken van ijzeren pennen waren gevormd. Grond kon men niet verwerken omdat die hard bevroren was. Daar men volstrekt niet wist waar en hoe hoog men moest kisten, werden sommige dijken over de geheele lengte verhoogd.

Dijkbesturen, die de zaak eerst kalmer hadden opgevat, werden mede door vrees aangegrepen, vooral toen ze door de overburen werden overdijkt en zoo ontstond welhaast een wedstrijd, wie zijn dijk het eerst en het best over de volle lengte zou hebben verhoogd en werden moeite noch kosten gespaard.

Op menige plaats langs de Maas stelde men echter pas bekistingen terwijl het water al over den dijk vloeide; daar was men bijna te laat. Op de overige rivieren dreef de ijsbezetting af zonder dat ijssdammen ontstonden en zonder dat er hoge waterstanden mee gepaard gingen.

§ 35. Doorbraken of dijkbreuken.

De terreinen, die bij doorbraak van een rivierdijk worden overstroomd hebben veelal een zeer groote uitgestrektheid, zoodat het maar zelden voorkomt, dat het instroomen spoedig ophoudt.

Ook het verval in de doorbraak vermindert niet spoedig, doordat de binnenwaterstand op die groote oppervlakte slechts langzaam rijst. Is de doorbraak gevallen aan het bovineinde van het overstroomingsgebied, dan duurt het in vele gevallen al verscheiden dagen eer rijzing van den binnenwaterstand bij de doorbraak merkbaar is.

Kan het water aan het benedeneinde van dat gebied worden afgetapt of stroomt het daar in andere polders, dan blijft stijging bij de doorbraak zelfs heelemaal uit en hangen de duur en het verval geheel af van het verloop van de hoogwaterperiode op de rivier.

Door het langdurig en met groot verval instroomen, krijgt de doorbraak soms een grooten omvang van 200 m en meer wijdt ter plaatse een wiel ontstaat van soms 15 tot 20 m diepte.

Het beteugelen en dichten van de doorbraak bij hooge rivierstanden is dan ook bijzonder moeilijk. Gewoonlijk kan pas, als het water in de rivier is gevallen tot beneden de kruin van de zomerkade op de uiterwaard of, waar deze ontbreekt, tot geringe hoogte boven het maaiveld, als dus het instroomen geheel of bijna geheel is opgehouden, aan een voorloopige of definitieve sluiting van de doorbraak worden gedacht.

Blijft het instroomen aanhouden omdat ook in de zomerkade gaten zijn gevallen, dan wordt wel getracht deze te dichten nadat de kruin is blootgevallen, doch gewoonlijk is ook dat zeer bezwaarlijk omdat werkterrein ontbreekt en nergens grond kan worden gehaald omdat het land onder water staat.

Is voorloopig dichten van de doorbraak niet mogelijk, dan moet toch worden getracht het verwijden van het gat tot staan te brengen. Daartoe worden de eindvlakken van den dijk naast het gat afgevlakt en boven water van riet- of rijsbeslag voorzien, terwijl men onder water die einden tracht af te dekken met bleeslaag of zinkstukken.

Door de felle stroom is dat niet gemakkelijk, soms niet eens mogelijk zoodat men er zich toe moet bepalen op het buiten- en binnenbeloop van den dijk tot zoo dicht mogelijk bij het gat, bleeslaag of zinkstukken aan te brengen om zoo wellicht te bereiken, dat de stroom de kopvlakken nu niet verder zal aantasten.

Om de overstrooming te beperken wordt soms toch getracht nog tijdens den hoogen rivierstand een afsluiting te maken.

Ligt een uiterwaard voor het gat, dan kan men trachten daarop een dam te leggen. Om buiten den felsten stroom te blijven, legt men dien dam op geruimen afstand van het gat. Hij verkrijgt dan wel een groote lengte, maar hij vordert dan allicht toch nog minder materialen en inspanning en in elk geval minder risico, dan bij korter lengte doch in sterker stroom.

Soms, als de uiterwaard minder geschikt is, legt men den dam binnendijks. Om de wiel te

mijden, moet dan de lengte nog weer grooter zijn. Zoolang het water in de rivier hoog en de polder overstroomd is, kan men moeilijk aan grond komen om daarvan een omkading te maken. Daarbij is alleen vette klei tegen den stroom bestand.

Men is er dan vrijwel op aangewezen, den dam van rijshout samen te stellen.

Op een zanderigen grondslag is het noodig grondstukken te zinken om onderloopsch worden van den dam te voorkomen. Op kleigrond kan men het wagen de grondstukken achterwege te laten, hoewel die ook daar de kans op welslagen verhoogen. Ze vorderen echter veel materialen en tijd.

De dam wordt nu onder water opgezonken of, aanvangende aan de bovenzijde van het gat, van baardwerk gemaakt. Hij wordt met zand ingewasschen. Voor het zinken en het belasten der zinkstukken en uitschotlagen worden bij voorkeur kleispitten gebruikt. Soms worden, om die kleispitten te verkrijgen, de einden van den gebroken dijk boven water afgegraven.

Boven water wordt de dam gemaakt van rijspakwerk. Men maakt hem, althans aanvankelijk, maar weinig hooger dan den waterstand. De kruinsbreedte zal zelden minder dan 3 m kunnen bedragen, de taluds kunnen niet steiler zijn dan 1 op 1, zal de dam bij eenige hoogte niet te wankel worden.

Zoo'n rijzendam is niet dicht doch als geen uitspoelen van den grondslag dientengevolge ontstaat, dan is wat lekken geen groot bezwaar en althans niet als de eigentlijke dichting tot gunstiger tijdstip bij lager waterstand kan worden uitgesteld.

Soms echter dwingen nieuwe was of ijsbezetting tot spoedige dichting. In dat geval geeft het lekken van een aan de rivierzijde gelegden dam wel bezwaar omdat men nu in den nieuwen dijk voorloopig een opening moet laten voor afvoer van het lekwater, welke opening tenslotte overhaast moet worden gedicht.

Omdat ter plaatse van de doorbraak een diepe wiel is ontstaan, kost het veel grondverzet den dijk op zijn oude plaats te herleggen.

Bij schaaldijken legt men den dijk daarom veelal binnenwaarts. De wiel verzandt op den duur of vindt later allicht bestemming als bergplaats van baggerspecie.

Is de dijk geen schaaldijk, dan wordt de wiel meestal binnengedijkt omdat de dichting dan bijna altijd korter kan zijn dan bij het buitendijken.

Om de dichting zoo kort mogelijk te maken bestaat er steeds neiging den nieuwen dijk dicht, veelal te dicht, langs den wiel te leggen. Voor sommige dijken is in de keuren bepaald, dat ze langs een wiel een binnenberm moeten hebben van 5.— m breedte bij een hoogte van 4.— m onder de kruin, doch deze bepaling voorkomt geenszins, dat de kwellingte in de vaak zeer doorlatende grondlagen, dan te kort is.

In de verslagen van hoogwater- en ijsperioden komt men dan ook telkens weer de mededeeling tegen, dat nevens den wiel van een vroegere doorbraak de kwel hevig was, het binnenbeloop afschoof, de dijk zakte en meermalen ook, dat de dijk brak op dezelfde plaats als in het jaar 17.. of 18..

Veiligheidshalve dient dan ook de dijk zoover van de wiel te blijven, dat in het dwarsprofiel nevens de wiel de lijn getrokken van den hiel naar het diep van de wiel een helling heeft van niet steiler dan 1 op 5, tot 1 op 10, al naarmate de grondlagen minder of meer doorlatend zijn, zonder dat die lijn het beloop ergens snijdt.

Leidt die afstand tot te groote lengte van den nieuwen dijk, dan moet de wiel of geheel of voor een deel worden gedempt. In het laatste geval zal het beloop van de plemping niet steiler mogen zijn dan 1 op 4, terwijl het raadzaam is, dat bovenbedoelde lijn van den hiel tot het diep van de wiel geheel binnen dat beloop valt. Fig. 171.

Eenige beperking van de aanplemping is nog mogelijk door onder de rivierzijde van den dijk een diepe kleikist of een damwand aan te brengen.

Voor het wegverkeer zijn de bochten, die bij omlegging om de wiel onvermijdelijk zijn, bijzonder hinderlijk. Waar de belangen van het wegverkeer meetellen, zal aan demping van de geheele wiel wel in alle gevallen de voorkeur worden gegeven.

Bij geheele of gedeeltelijke demping met enkel zand, zullen een of meer der middelen tot beperking van kwel door de zate (zie par. 28) veelal niet kunnen worden ontbeerd.

Blijft de nieuwe dijk schaarlijk dan moet het onderwaterbeloop aan de rivierzijde een zoodanige helling verkrijgen, dat aantasting door den stroom wordt voorkomen. Veelal ligt die helling tusschen 1 op 10 en 1 op 5. De buitenberm zal bij voorkeur niet smaller dan 5.— m worden gemaakt.

Is voor een en ander geen ruimte en moet dus het onderwaterbeloop steiler worden, dan moet dit met zinkstukken en steenbestorting worden verdedigd. Bij voorkeur wordt dan toch nog een plasberm gemaakt van minstens 2.— m breedte, terwijl de hogere buitenberm in geen geval smaller dan 2.— m mag worden. Het buitenbeloop wordt dan verdedigd met steenglooiing.

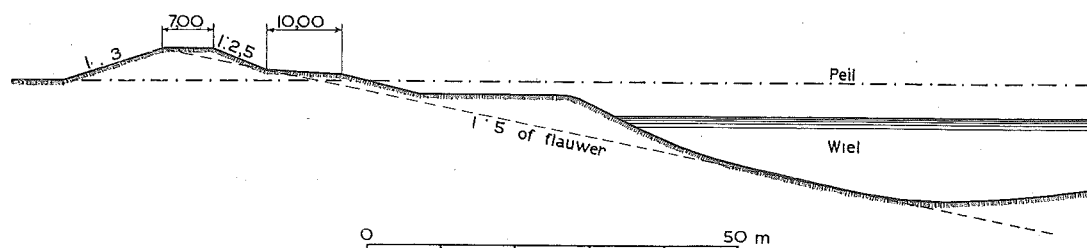


Fig. 171. Dijk nevens een binnen gedijkte wiel.

Het dichten van de doorbraak moet worden uitgevoerd zoodra dit mogelijk is. Meestal moet het droogvallen van de uiterwaard worden afgewacht om de benodigde grond daaraan te kunnen ontleenen. Wordt de dijk in hoofdzaak van zand gemaakt, dan wordt dit zand in den regel wel uit de rivier gebaggerd, doch dan moet toch de bekleedingsgrond uit de uiterwaarden worden gestoken of binnendijs worden gehaald, waar het terrein, toch ook niet eerder droogvalt, tenzij de inundatie is gestuit door het leggen van een voorloopige dichting. Waar dit het geval is, wordt bij voorkeur ook vroegtijdig met de definitieve dichting aangevangen, omdat een nieuwe rijzing van den waterstand opnieuw gevaar kan opleveren.

Zoo werd bij een doorbraak in den Vlijmenschen- of Heidijk bij Nieuwkuik, gevallen op 30 December 1880, op 6 Januari 1881, aangevangen met het maken van een ringdam van baardwerk en op 17 Januari d.a.v. de dichting met een dijk aanbesteed. Fig. 172.

De doorbraak had eene wijdte van ongeveer 150 m. In de as van den dijk was een kuil ontstaan van 17 m onder maaiveldshoogte. De tijdelijke omringdam gaf men een kruinsbreedte van 4.— m doch daar het water viel, werd voortgegaan met 3.— m kruinsbreedte. De belooopen werden 1 op 1.

Op 16 Januari, dus in 11 dagen, was de dam gereedgekomen, per dag was men 16, 20, 19, 34, 46, 58, 54, 88, 65, 81 en 30 m gevorderd (totaal 511 m). Met den dam was aangevangen op 130 m uit den oostkant van het gat. Om aan ballast voor het baardwerk te komen, groef men den dijk naast het gat af. De grond was zanderig, maar toch te samenhangend om voldoende tusschen het rijshout te dringen, zoodat de rijzendam erg lekte en men buiten tegen dien dam nog een wal van grond moest storten.

Op den 3en dag nadat met baarden was begonnen, vormde zich in de uiterwaard een geul, tengevolge van stroomversnelling tusschen den kop van den dam en de bestaande zomerkade,

doch verdere doorschuring van die geul kon worden voorkomen door het storten van een 100 tal met puin gevulde zakken.

Toen men begon te baarden, stond het water buiten 4.85 m + A.P., binnen 4.75 m + A.P. en was de waterdiepte op de plaats, waar werd gewerkt, 1.20 m. Bij de voltooiing op 16 Januari 1881 was de waterstand buiten tot 3.71 m + A.P. en binnen tot 3.70 m + A.P. gedaald en die daling had uit den aard der zaak een zeer gunstigen invloed op den voortgang van het werk, daar nu de diepte gering, de stroom van weinig beteekenis was geworden.

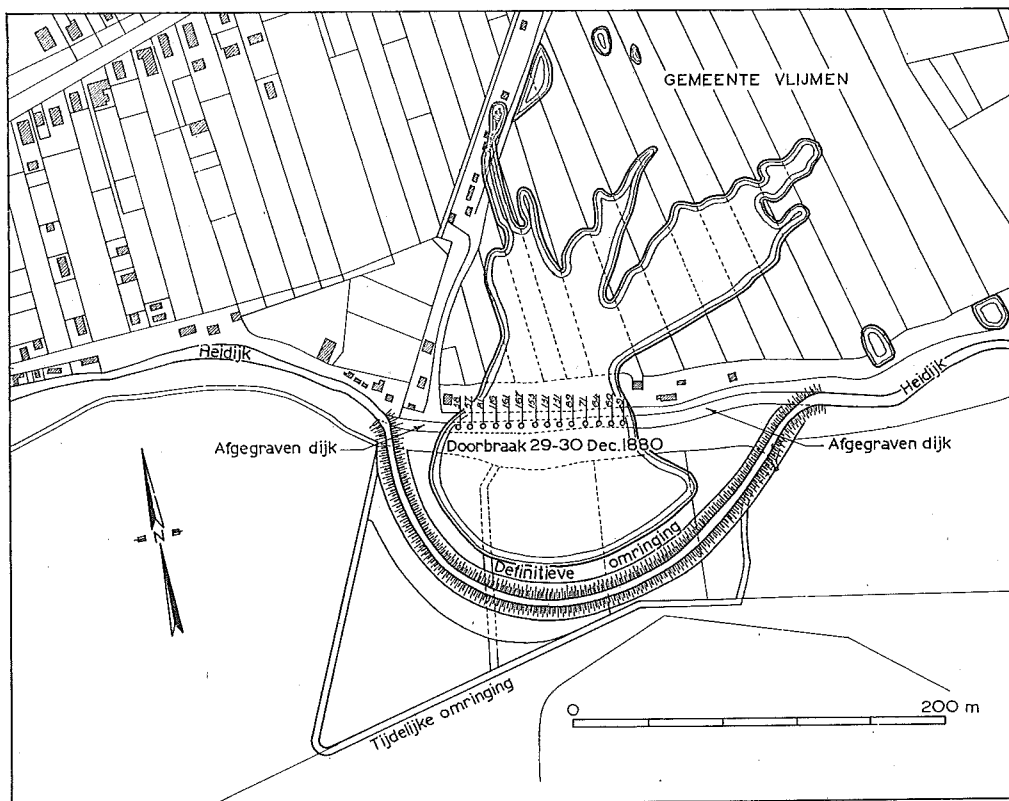


Fig. 172. Doorbraak van den Vlijmensch of Heidijk bij Nieuwkuik van December 1880.

De nieuwe dijk, die op 17 Januari voor f 49.500.— werd aanbesteed, kreeg een kruinsbreedte van 4.— m een buitenbeloop van 1 op $2\frac{1}{2}$, een binnenbeloop van 1 op 2 en een kruinshoogte van 7.50 m + A.P. of bijna 4.— m boven het maaiveld. Het buitenbeloop werd verdedigd met riet, rijshout en puin. Het werk werd met kracht aangepakt. Op de rivier was veel drijfijis; het ijs ging zitten doch na 3 dagen strenge vorst viel de dooi weer in en ging de rivier sterk wassen, zoodat de buitengewone riviercorrespondentie weer werd ingesteld. 2—4 Februari brak het ijs op en dreef af zonder dat de in aanleg zijnde dijk werd beschadigd of gevaar liep. Ook in de volgende weken met vrij hoge standen ontstond geen gevaar of schade, zoodat het werk vlot kon verlopen.

Bij een andere doorbraak van den Maasdiijk, bij Driehuizen (Oijen) een jaar te voren, verliep de voorloopige dichting minder gelukkig. Hier brak de dijk nevens een buitengedijkte oude wiel, waar hij zeer bochtig was, nadat een dag tevoren de ijsbezetting in beweging was ge-

komen en het water bijna tot aan de kruin was gestegen.

Nadat veel kwel was waargenomen ontstond een verzakking: een uur later volgde de dijkbreuk. Het gat was eerst 125 m wijd en ondanks pogingen om verwijding tegen te gaan was het al spoedig 250 m geworden. Het verval in de doorbraak was ruim 2.50 m. Drie dagen later ging ook benedenwaarts het ijs door, waarna het water sterk viel en men besloot, op 9 Januari 1880, terstond tot voorloopige afsluiting van de doorbraak met een ringkade over te gaan. Die kade werd binnendijs gelegd en moest een lengte verkrijgen van 500 m. Buiten de doorbraak lag de zomerkade aan den Hemelrijkschen waard, die pas was verhoogd tot 7.10 m + A.P.

Nadat het op 12 Januari opnieuw was gaan vriezen ging op 30 Januari het ijs weer vastzitten maar dreef op 10 en 11 Februari weer af. Sedert bleef de rivier langzaam wassen tot de genoemde zomerkade maar 20 cm meer waakte. De ringkade, waartegen nog geen water stond werd zoo snel mogelijk verhoogd tot 7.50 m + A.P. (2.— tot 4.— m boven het maaiveld). Het buitenbeloop was geheel met riet- en rijsbeslag verdedigd, doch daar in die kade veel rijshout was verwerkt, werden het buitenbeloop en de kruin geballast met puin en rails en werden tegen de binnenzijde verzwareningen aangebracht.

Op 25 Februari brak genoemde zomerkade door, over 10 m wijdte en door dit gat kwam nu het Maaswater tegen de ringkade. Die kade bleef 50 tot 75 cm waken, doch ze bleek te zwak en brak dienselfden dag door op de laagste plaats van het maaiveld, waar de kade 3.— m water had te keeren.

Men spande zich zeer in de kade te herstellen, doch het gelukte voorloopig alleen, de wijdte van het gat tot 30 m te beperken. Op 28 Februari werd het echter nog 6 m wijder. Tot 4 Maart daalde het rivierwater, liep toen weer snel op, zoodat op 8 Maart weer een sterke stroom door het gat in de ringkade liep en dit in enkele uren 30 m wijder werd. Een dag later begon de rivier weer te vallen en na enkele dagen hield het instroomen op.

Alle moeite en kosten hadden niets geholpen. Op de droog gevallen gronden werd in het voorjaar een nieuwe dijk gelegd nog verder landwaarts dan de ringkade, waardoor bochten in den ouden dijk konden worden afgesneden, doch de nieuwe dijk 600 m lang werd, ruim tweemaal de wijdte van de doorbraak. De dijk verkreeg een hoogte van gemiddeld 3.60 m boven het terrein. Beide dichtingen zijn hier eenigszins uitvoerig beschreven om te illustreeren, hoezeer men bij die werken van de waterstanden en de weersomstandigheden afhankelijk is.

§ 36. Overlaten.

Overlaten zijn gedeelten van dijken en kaden, waarvan men de kruin lager heeft gemaakt dan die van de overige gedeelten, opdat bij hooge standen het water over die overlaten zal vloeien terwijl de keering overigens nog waakt. De bedoeling daarvan is verschillend. In de omkading van uiterwaarden die bij hooge rivierstanden geheel onder water verdwijnen, maakt men wel een overlaat aan het bovineinde, opdat alleen daar de polder zal inloopen.

Het water doorstroomt dan de geheele lengte van den polder en vloeit aan het benedeneinde deels over de kade en voor de rest door een duiker, naar de rivier terug, nadat alle slib is bezonken. Het binnenbeloop van de overlaat is door een flauwe helling en een bekleeding van vette klei tegen den stroom bestand gemaakt. In de meeste gevallen is een beloop van 1 op 20, soms ook van 1 op 15 voldoende.

Een groot deel van de kade is hooger dan strikt noodig, maar omdat nu het overvloeien is beperkt tot een gedeelte keering dat door overvloeien niet wordt beschadigd, is deze aanleg toch de voordeeligste, vooral wat het onderhoud betreft. De geringere waterkeerende hoogte is soms echter een groot nadeel, b.v. bij hooge zomerstanden, als overstroming aan het gras of hooi in den polder en ook aan steenfabrieken en eventueel andere bedrijven, groote schade zou berokkenen. Men ziet zich dan soms genoodzaakt de overlaat met een noodkeering op te kisten.

Ook 's winters als b.v. het water niet erg troebel, „niet dik" is, houdt men den polder vaak gaarne droog, om hem later, als het water meer slib bevat, geheel vol te kunnen laten stroomen. De z.g. overlaatskade is daarom langs vele uiterwaardpolders verhoogd en vervangen door een gemetselde overlaat van geringer breedte maar lager drempel, die met een enkele of dubbele schotbalkwand is gesloten en waarmede men het inlaten van water meer in de hand heeft. De bodem van die gemetselde overlaten kan een steenbezetting niet ontberen. Dit stortebed wordt naar binnen verbreed en men geeft het veelal den vorm van den binnenkant van een schelp, om den stroom aan het einde iets opwaarts te richten en zoo aantasting van den bodem te voorkomen. Soms wordt aan het einde een dorpel die 20 à 30 cm. boven de steenbezetting reikt, gemetseld of wordt een balk gelegd en aan palen bevestigd om warreling in den stroom te veroorzaken. Zonder die voorzorgen ontstaat aan het einde van het stortebed dikwijls een kleine wiel die weer noodig maakt, dat het stortebed aan het einde moet worden afgesloten met een stortmuur.

In de bedijking van zomerpolders aan zee kan men gemetselde overlaten niet toepassen, daar stormvloedden te snel opkomen om voor het verwijderen van schotbalken tijd te laten.

Wil men die dijken tegen beschadiging door overstortend water behoeden, dan is men aangevozen op overlaten van grond, al of niet bezet met steenglooing. Die zomerpolders hebben zelden een groote oppervlakte, zoodat het volloopen niet lang duurt en in elk geval wordt het overvloeien door de tijbeweging zoodanig bekort, dat het zelden langer dan 3 uren zal aanhouden.

Een goede grasnerf, bij een beloop 1 op 5 à 1 op 8 houdt gemeenlijk dan ook wel stand.

Enkele overlaten aan de Zuiderzee voor vrij groote polders, zooals die van den polder Mastenbroek en in den Dronther dijk hadden een binnenbeloop van 1 op 12 zonder een andere verdediging dan een grasnerf; ze werkten gedurende de hooge stormvloedden nooit meer dan 25 cm en niet langer dan één dag.

Van veel grooter lengte dan al de bovenbedoelde overlaten zijn die in de bandijken der groote rivieren. De daarbij betrokken belangen zijn ook zeer veel grooter. Eeuwenlang was men van meening, dat er voor het afwenden van het gevaar voor dijkbreuken geen beter, of zelfs geen ander middel was, dan op geschikte plaatsen de rivieren door overlaten te ontlasten. Oneens was men het slechts over de plaatsen. Vooreerst omdat het onmogelijk is, een overlaat te maken, die in alle gevallen, de veiligheid van den dijk over een vrij groote lengte waarborgt. Als bij ijsgang ijsdammen ontstaan b.v. dan vertoonen de verhanglijnen zulke groote onregelmatigheden, dat herhaaldelijk is voorgekomen, dat dijken braken terwijl de overlaat bovenwaarts nog niet eens werkte, omdat daar de waterstand nog niet bijzonder was gestegen en daarentegen hebben overlaten wel gewerkt, terwijl benedenwaarts de toestand van de dijken nog volstrekt niet gevaarlijk leek.

Om de dijken van eene rivier veilig te kunnen stellen, zou men op betrekkelijk korte afstanden van elkaar overlaten moeten maken, maar dan zou in het rivierengebied een toestand ontstaan, die niet veel verschilt van die welke men wil voorkomen.

Deze moeilijkheden leidden er in het begin van de 19e eeuw toe, dat de inspecteur-generaal van den Rijkswaterstaat Goudriaan, tot het voorstel kwam om heele dijken te verlagen en zoo feitelijk tot overlaten te maken en de inspecteur-generaal Jan Blanken, voor de Lek een stelsel ontwierp, om dijken door te steken aan die zijde waar overstroming de minste schade zou doen, om zoo den dijk aan de andere zijde waar dijkbreuk veel ernstiger gevolgen zou hebben, te ontlasten.

Een tweede bezwaar was, dat men in de streken, die voor afleiding van het rivierwater werden bestemd, daarop volstrekt niet gesteld was en het voor de gedupeerde bewoners vaak bijzonder hatelijk was te moeten ervaren, dat zij de ongemakken en schade van inundatie

moesten ondervinden zonder dat het iemand anders tot nut was, omdat er geen gevaren dreigden.

Daarbij kwam ook nog, dat lang niet in alle gevallen, als een overlaat werkte, de naburige rivier laag genoeg was om het inundatie water op te nemen en de afleiding dan geen andere waarde had dan vergroting van de waterberging.

Men heeft tenslotte verbetering in den waterstaatkundigen toestand gezocht en verkregen door het maken van nieuwe riviermonden (Nieuwe Merwede en Nieuwe Maasmond) en door normalisatie, in de eerste plaats voor verbetering van den ijsafvoer. In plaats van het aantal overlaten te vergroten zijn in den loop der jaren de meeste verhoogd tot bandijkshoogte, waarmede soms verhooging van naburige dijken gepaard ging.

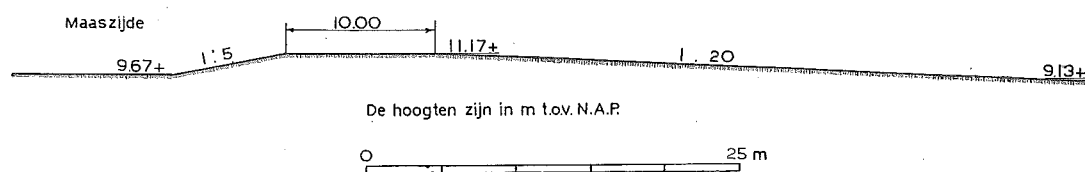


Fig. 173. Beersche overlaat na de gedeeltelijke ophooging in 1922.

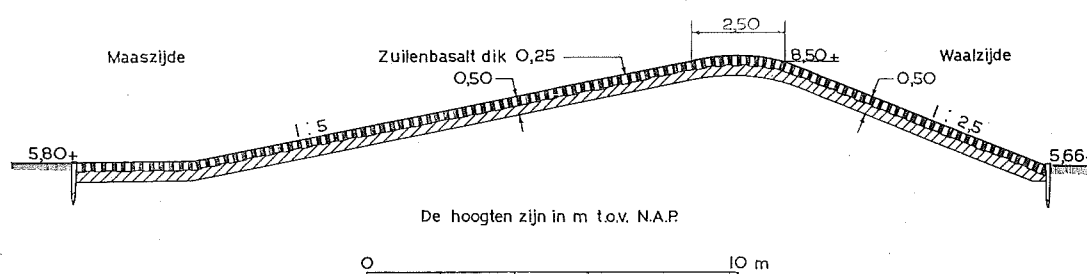


Fig. 174. Heerewaardensche overlaat vóór de verhooging tot bandijkshoogte in 1903.

Bij die overlaten had men over het algemeen ervaren, dat grondbelopen, al is de helling flauw, op den duur niet tegen stroom bestand zijn. De Lijmersche overlaat langs den Ouden Rijn nabij Babberich b.v. lang 3.240 m met een binnenbeloop van 1 op 8, met 4 m kruinsbreedte en een hoogte van 0.80 m beneden bandijkshoogte of 1.50 m tot 2.50 m boven het terrein, heeft tijdens zijn bestaan maar 3 maal gewerkt met geringe hoogte gedurende enkele dagen, maar toch ontstonden geulen en gaten terwijl op sommige plaatsen de overlaat tot terreinshoogte wegstroomde.

De Beersche Maas was een hooge oeverrand met belopen varierende van 1 op 10 tot 1 op 100. Toen in 1922 voor de gedeeltelijke ophooging langs de winternormaallijn een nieuwe overlaatskade, fig. 173, was gelegd van 4.200 m lengte met een binnenbeloop van 1 op 20 en 10 m kruinsbreedte, stroomde de magere, verse grond in den winter van 1922—1923 op twee plaatsen geheel weg. De Baardwijksche overlaat werd telkens ernstig beschadigd totdat deze eerst met rijsbeslag, later met steenglooiing, werd verdedigd.

De overlaat in den Ouden Rijnmond, lang 339 m, had vroeger een hoogte van 1.— m à 1.50 m boven het terrein met een binnenbeloop van 1 op 20. Ook die overlaat werd eerst met een rijsenbed en daarna met steenglooiing bezet. Door aanslibbing en aanzanding ligt de kruin nu gelijk met het land. Hij werkte dikwijls en soms wel 30 dagen lang. De Heerenwaardensche overlaat had een beloop van 1 op $2\frac{1}{2}$ aan de Waalzijde en een beloop van 1 op 3 tot 1 op $7\frac{1}{2}$ aan de Maaszijde en was geheel met steenglooiing bezet. Fig. 174. Ondanks de steenbezetting kwamen toch nog beschadigingen in de belopen voor.

Van enkele overlaten, zooals die in den Merwededijk te Dalem bij Gorinchem is de bestemming om bij eventueele overstrooming van het achtergelegen gebied, water uit dit gebied naar de rivier af te voeren, als de gewone middelen voor waterloozing onvoldoende zijn of de dwarsdijk, die het gebied aan de benedengrens afsluit, dat water belet om verder naar beneden te stroomen.

Dergelijke overlaten worden aan het benedeneinde van het met overstrooming bedreigde gebied aangelegd, waar het kan voorkomen, dat het inundatiewater door zijn geringer verval belangrijk stijgt boven den rivierstand ter plaatse.

Ze bestaan uit een lagen dijk van dichte vette klei met groote kruinsbreedte en flauwe of verdedigde belopen, zoodat ze tegen langdurige overstrooming bestand zijn.

Voor normale gevallen is hier een bandijk noodig om hooge rivierstanden te kunnen keeren en dus te beletten, dat water over de overlaat naar binnen vloeit. De overlaat is daarom verhoogd met een zanddijk, reikende tot bandijkshoogte.

De belopen daarvan worden voorzien van een dunne kleibekleeding en daarenboven van rijs- of rietbeslag of een andere lichte verdediging, om doorbraak bij hooge rivierstanden te voorkomen.

Voor wegverharding op de kruin worden straatklinkers gebruikt, zoodat die verharding vlug en zonder veel materiaalverlies kan worden opgeruimd.

Moet de overlaat dienst doen, dan wordt de wegverharding opgenomen en ook het beslag voorzooveel het boven water ligt. Ligt een gedeelte onder water, dan worden daarvan de tuinen met haken losgetrokken zoodat het rijshout kan wegdrijven. Boven water wordt ook de kleibekleeding verwijderd. Onder water gelukt dat niet goed en daar houdt de klei het wegstroomen van de zandkern soms tegen. Overigens wordt het zand snel door den stroom opgeruimd, vooral als daarin een of meer geultjes worden gegraven waardoor het water zich met kracht kan storten.

Mocht het ongeluk willen, dat daarna de rivier zoo hoog rijst, dat het water van buiten naar binnen zou gaan vloeien, dan moet een noodbade of bekisting worden aangebracht om dat te beletten.

HOOFDSTUK IV

MEER- OF RINGDIJKEN, BOEZEM- EN POLDERKADEN

§ 37. Hoogte.

Meerdijken en polderkaden dienen in het algemeen om drooggemaakte meren, veenplassen en polders te beschermen tegen overstrooming van water uit den aangrenzenden boezem, uit kanalen enz.

Dat is ook de bestemming van boezemkaden, voor zooveel deze althans niet dienen voor scheiding en waterkeering tusschen boezems met verschillend peil.

De hoogte van deze dijken en kaden moet verband houden met de hoogste standen, die in de boezems enz. kunnen voorkomen. Die standen worden beheerscht door het uitmalen van de polders en door de gelegenheid tot loozing in zee, rivieren of kanalen, maar naar boven is in vele gevallen aan de hoogte een grens aan den waterstand gesteld, door de hoogte van de dijken en kaden. Deze moeten soms tot aan de kruin keeren, terwijl het water over de kaden in de polders terugvloeit, als de boezem met nog meer water wordt bezwaard en de afvoer door hooge buitenwaterstanden blijft belemmerd of gestremd of, ingeval van bemaling, deze niet krachtig genoeg is om de boezemstanden in alle omstandigheden te kunnen beheerschen. Voor vele boezems is een maalpeil bepaald, een peil waarbij het uitmalen van polderwater op den boezem moet worden gestaakt, omdat verdere verhooging van den boezemwaterstand gevaar voor overvloeien en doorbreken van kaden zou meebrengen.

De boezemstand kan dan toch nog boven het maalpeil rijzen door neerslag, die rechtstreeks in den boezem terecht komt en door lekken van duikers of sluizen, die den boezem verbinden met wateren, waarin de waterstand nog hooger is.

Tegenover deze verhooging staat echter dikwijls een verlaging tengevolge van kwel door de polderkaden. Toch is het noodig dat de polderdijken en kaden met het oog op genoemden watertoevoer iets boven het maalpeil reiken. Een tweede reden is, dat de kruin veelal niet dicht genoeg is, doorzeefd als ze veelal is door rillen en gaten. Een derde reden is golfoploop, die vooral langs wijde boezemwateren niet zonder beteekenis is.

Een overhoogte van 30 cm of meer dienen de kaden daarom wel te bezitten.

Heeft het maalpeil zijn nut door het beschermen van de polderdijken en kaden tegen het te hoog oploopen van de te keeren waterstanden, daartegenover staan ook ernstige bezwaren. Het maalpeil wordt doorgaans bereikt in natte perioden, als bemaling van de polders zeer noodig is om een voor de bodemcultuur of de bewoning zeer nadeelige stijging van den waterstand te voorkomen.

Het is daardoor een gewoon verschijnsel, dat, zoodra het bereiken van het maalpeil in uitzicht komt, men zich in alle betrokken polders inspannt, het water voordien nog zoo laag mogelijk af te malen. Des te eerder wordt nu het maalpeil bereikt en in dien strijd zijn die polders het beste af, die in verhouding van hun waterbezwaar de krachtigste bemalingsinrichting bezitten. In sommige streken heeft dit geleid tot een ware wedstrijd in het vernieuwen en het versterken van poldergemalen en daardoor tot uitgaven die men — althans voor een deel — nuttiger had kunnen besteden voor verhooging en verbetering der polderkaden, waardoor tevens het maalpeil had kunnen worden verhoogd.

De drooggemaakte meren hebben veelal een groote diepte. Het overvloeien van de dijken kan ernstige gevolgen hebben en zelfs het leven der bewoners kan daarbij gevaar loopen. Het weer leegmalen zou veel tijd vorderen en groote bedragen verslinden. Meerdijken dienen daarom in elk geval 0.50 m boven het maalpeil te reiken en er zijn soms omstandigheden die een nog grootere hoogte zeer raadzaam maken.

Een van die omstandigheden is b.v., dat tengevolge van doorbraken in naburige zee- of rivierdijken, de waterstanden in den boezem tot boven en soms tot ver boven maalpeil kunnen stijgen.

Niet steeds bestaat de neiging met doorbraken rekening te houden. Als die zich in zeer langen tijd niet hebben voorgedaan, dan is men al te licht geneigd, het gevaar te onderschatten. Leerzaam is in dit opzicht de voor Noordholland zoo rampspoedige stormvloed van 13/14 Januari 1916.

Nog in 1911 had Dr. A. A. Beekman in het eerste deel Afd. VI Polders en Droogmakerijen van de groote waterbouwkunde omtrent de geringe hoogte van eenige ringdijken in Noord-Holland opgemerkt, waarmede hij een vrijwel algemeene meening vertolkte: „Intusschen „valt het niet te ontkennen, dat de toestand der zeedijken in de laatste halve eeuw zoodanig „verbeterd is, dat na het noodlottige jaar 1825 geen algemeene rampen zijn voorgekomen en „dergelijke gevaren veel minder dan vroeger te duchten zijn.”

Nog geen 5 jaar later herhaalde zich echter het noodlot van 1825 en de Monnikmeer, Noordmeer, Belmermeer, Broekmeer, Buikslotermeer, Durgerdammer Die, Burcmeer, Wilmkebrek, Blijkmeer en het Volendammeer stroomden tengevolge van doorbraken in de zeedijken vol, terwijl de Wijde Wormer slechts met moeite door opkisting van den ringdijk voor dat lot werd behoed.

Waar men bereid is bij het bepalen van de hoogte van meerdijken rekening te houden met de mogelijkheid van dijkbreuk in de zee- of rivierdijken blijft toch de moeilijkheid over dat men, zelfs tusschen vrij wijde grenzen, niet kan voorzien hoe hoog het inundatiewater den boezem zal kunnen opzetten. Die stand blijft bij overstrooming van een eenigszins uitgebreid gebied, altijd ver beneden den hoogst bekenden stand. Voor gelijklopen duren die hoogste standen nooit lang genoeg, maar hoeveel de inundatie lager blijft dan den hoogst bekenden stand in zee of in de rivier, hangt van vele factoren af als: wijdte en diepte der doorbraken, het verloop en den duur van de hooge standen, de hoogte en uitgestrektheid van het overstroomde terrein, de richting en afmetingen van kanalen, boezems, slooten, kaden enz. in dat terrein, de meer of mindere uitbreiding bij stijging van den waterstand, de gelegenheden tot afstrooming uit den boezem, het verloop en den tijd van de dichting der doorbraken, op- en afwaaiing enz. enz.

Gelukkig komen overstroomingen niet dikwijls voor maar daardoor mist men ook de beschikking over genoeg gegevens, die voor de bepaling van de vereischte hoogte der meerdijken noodig zijn.

In 1916 bereikte de stormvloed in zee langs de Noordhollandsche dijken eene hoogte van 2.90 m + N.A.P. en kwamen in het overstroomde gebied benoorden het IJ waterstanden voor van:
0.73 m + N.A.P. bij de Wijde Wormer;
0.83 m + N.A.P. te Oostzaan;
0.70 m + N.A.P. te Purmerend.

Eene hoogte van de meerdijken in dit gebied van 1.20 m + N.A.P. is niet overdreven groot gebleken. De Purmer ringdijk is 1.20 m + N.A.P., die van de Wijde Wormer was echter in 1916 plaatselijk niet hooger dan N.A.P. en overigens tot 0.70 m + N.A.P.

Toch heeft men in 1916 de Wijde Wormer voor volstroomen kunnen behoeden door opkisten van den ringdijk en van den spoorweg daarlangs. In 1825 was men met de Wijde Wormer minder gelukkig geweest en zijn de bewoners verdronken. De vorengenoemde in 1916 benoorden het IJ volgestroomde droogmakerijen hadden alle ringdijken die met de kruin nog niet tot N.A.P. reikten.

Bezuiden Amsterdam hebben in 1916 de overstroomingen zich gelukkig niet ver uitgestrekt anders zouden de Watergraafsmeer met zijn ringdijk van 0.40 m + N.A.P. en de Haarlemmermeer waarvan de ringdijk tot 0.10 m à 0.30 m + N.A.P. was gezakt en ingeklonken, mede groot gevaar hebben gelopen.

In Friesland was vóór den bouw van het watergemaal te Tacoziyl bij Lemmer een kadehoogte van 1.— à 1.20 m + Friesch Zomer Peil (F.Z.P.) hard noodig om de boezemstanden in tijden van veel regenval en belemmerde afstrooming te kunnen keeren. In den winter van 1910 overstroomde een groot deel van Friesland door boezemwater. Tallooze kaden bleken voor de boezemstanden al te laag. Door den stormvloed van 1825 was in Friesland een nog veel grooter gebied overstroomd. Dat heeft toen wel geleid tot den aanleg van werken ter beperking van het overstroomingsgebied bij doorbraak op bepaalde punten, maar niet tot een afdoende verhooging van kaden. Thans zijn de toestanden (o.a. door aanleg van den Afsluitdijk van de Zuiderzee en den bouw van het gemaal bij Tacoziyl) zoozeer veranderd, dat gegevens van 1825 en 1910 geen waarde meer hebben.

In de andere streken van ons land waar ringdijken en belangrijke boezemkaden voorkomen, mist men over het algemeen ook de gegevens, die zouden kunnen aantonen, hoe hoog die dijken en kaden moeten zijn om ook ingeval van dijkbreuken het water nog te kunnen keeren en bij de meeste wordt met dijkbreuken dan ook in het geheel geen rekening gehouden. De noodlottige gevolgen, die deze daardoor op groote gebieden kunnen hebben, moet een aansporing te meer zijn, de zee- en bandijken zoo te maken en te onderhouden, dat dergelijke rampen eenvoudig onmogelijk zijn.

§ 38. Zate en dwarsprofiel van ringdijken en kaden.

Het verschil tusschen dijken en kaden bepaalt zich bijna geheel tot de afmetingen. Kaden zijn lage dijken en veel van hetgeen omtrent zee- en rivierdijken — vooral rivierdijken, in vorige paragrafen is vermeld, geldt ook voor de kaden.

Omkadingen van drooggemaakte meren en plassen worden veelal als ringdijk aangeduid, hoewel de afmetingen meer overeenkomen met die van kaden. In de bestemming van de kaden is een groote verscheidenheid en in tal van gevallen komt de bestemming tot uiting in de afmetingen en den vorm van het dwarsprofiel.

Zomerkaden aan zee b.v. keeren het water tot aan de kruin — tenzij een gedeelte overlaat is — maar hebben zelden een grooter kruinsbreedte dan 2.— m. Omdat de golven er bij stormvloed over slaan en in den volgelopen polder soms genoeg golfslag voorkomt om een beloop aan te tasten, zijn echter de helling en de bekleeding van het buiten- en binnenbeloop of gelijk of ze verschillen weinig. Bij kaden op de uiterwaarden is dit evenzeer het geval. Onder de boezemkaden zijn er vele, die steeds ongeveer tot hetzelfde — hoog ten opzichte van de kruin gelegen, peil keeren en omdat de kruin daartoe breed moet zijn, tevens als weg worden gebruikt, andere die zelden water keeren, maar die, omdat ze gemeen met weiland liggen en evenals het vlakke land worden gehooit en beweid, toch vrij flauwe belooopen hebben.

Onder de meerdijken of ringkaden zijn er die grooter waterverschil voortdurend keeren, dan een rivierdijk het af en toe doet en hun binnenbeloop ligt daarom onder een bijzonder flauwe helling. Regel is vrijwel, dat kaden worden gemaakt van de specie, die men ter plaatse vindt, ook al is die slecht te noemen en de ongelijke grondsoorten brengen haast nog meer onderling verschil mede, dan de ongelijke bestemming.

In plaats van naar hun bestemming worden ze hier daarom onderverdeeld in kaden van klei, van zand en van veen.

Uit den aard der zaak zijn er vele, die zijn gemaakt van gemengde grond en die aarden naar een klei-, zand- of veenkade al naarmate de grond is samengesteld.

In kleistreken geeft de zate zelden aanleiding tot bijzondere voorzieningen tegen kwel, terwijl de draagkracht voldoende groot is om de kade te dragen.

Alleen op nieuwe gronden is de opgestijfde bovenlaag daarvoor soms niet dik genoeg en moet de weeke laag daaronder worden blootgelegd om die te doen opstijven aler ze door

ophooging wordt belast. Het opstijven wordt bevorderd door het graven van greppels. De kaden van klei kunnen toe met een smalle kruin, maar vooral als de kade zal worden beweide maakt men de breedte ongaarne smaller dan $1\frac{1}{2}$ à 2.— m. De wederzijdsche belooopen moeten voor het verkrijgen en behouden van een goede grasnerf niet steiler zijn dan 1 op $1\frac{3}{4}$ maar worden, ook al weer om aftrappen bij beweiding te voorkomen, dikwijls 1 op 2, of 1 op 3 gemaakt. Toch ontbreekt het niet aan zuiniger aangelegde kaden met een kruin van 0.75 m en belooopen van 1 op $1\frac{1}{4}$, welke echter geregeld onderhoud vorderen of, als ze hoog water moeten keeren, bijzondere voorzieningen eischen. Rietzoomen, grienden, bermen enz. voorkomen of beperken in vele gevallen de golfslag tegen de kade; in andere gevallen echter, langs wijde wateren moet met golfslag en langs kanalen met de haalgolven veroorzaakt door stoom- en motorbooten, bij het bepalen van de helling van het buitenbeloop degelijk rekening worden gehouden, zoodat dit beloop niet steiler kan zijn dan 1 op 4, of wel met lichte steenglouing moet worden verdedigd in welk geval gewoonlijk met een helling van 1 op $1\frac{1}{2}$ à $1\frac{3}{4}$ kan worden volstaan.

In zandstreken, waar zoowel de ondergrond als de kade zelf uit zand bestaan, dient men op kwel en op beschadiging van de kade bedacht te zijn. De kwelweg door de kade is dikwijls niet heel lang en voorkomt de kwel niet voldoende als eenig waterverschil moet worden gekeerd. Om de kwelweg te verlengen wordt zoo mogelijk een kleikist onder de kruin en reikende tot kruinshoogte, aangebracht.

De diepte hangt af van de meerdere of mindere doorlatendheid van het zand. De dikte is ten minste 0.50 m, dikwijls meer, dit hangt af van de hoedanigheid van de klei, de kans op uitdroging enz.

Soms geeft men er de voorkeur aan de belooopen met 0.30 cm of meer klei te bekleeden, omdat de kade dan meteen beter tegen afslag en andere beschadigingen bestand wordt, in welk geval de kleikist onder den buitenteen kan worden aangebracht en dan dus minder hoog wordt.

Belooopen van zand dienen, als geen klei voor bekleeding beschikbaar is, in elk geval te worden afgedekt met gemengde of z.g. zwarte grond waarvan de samenhang grooter is dan van zand en die begroeiing met gras mogelijk maakt. Een dergelijke bekleeding staat wel ver achter bij een van klei, maar blijkt voor menige kade toch wel voldoende om erge beschadiging te voorkomen. Flauwe belooopen en een flinke kruinsbreedte zijn dan echter steeds noodig benevens breede bermen of althans een breede binnenberm, tenzij geen slooten, kolken enz. in de nabijheid liggen.

Door veel beweiding verkrijgt de grasnerf een tamelijke dichtheid. In plaats van met een kleikist, tracht men dergelijke kaden ook wel geschikt te maken om waterverschillen te keeren, door ze een extra breede kruin te geven. Veel hangt daarbij af van de eigenschappen van het zand, hoe breed de kruin en meer nog, hoe breed de kruin plus de aanlegbreedte van het binnenbeloop moet zijn.

In veenstreken worden kaden en ringdijken, waaronder zeer belangrijke, veelal geheel of grootendeels van veen gemaakt, hoe ongeschikt veen in het algemeen voor waterkeeringen ook moge zijn. Veen heeft één voordeel, het is licht en ophoogingen ervan veroorzaken in slappe terreinen niet de omvangrijke verzakkingen onder-, en oppersingen nevens de ophooging, zooals klei en zand. Tegenover dat eene voordeel staan echter vele nadeelen, die, als er kaden van worden gemaakt, moeilijk alle kunnen worden ondervangen.

Bestaat de ondergrond uit veen dan is deze in vele gevallen niet in staat een ophooging, zelfs niet van veen, te dragen zonder belangrijk te worden samengeperst. Dat ineenspersen komt het vermogen om water te keeren ten goede, maar is oorzaak, dat voor de ophooging veel

grond moet worden gebruikt en de belasting op den ondergrond weer des te grooter wordt. Is een met gras begroeide bovenlaag aanwezig, dan heeft die, mede door grootere dichtheid — b.v. tengevolge van beweiding van den grond en den samenhang der graswortels meer draagkracht dan de veen daaronder. Men laat die laag daarom bij voorkeur intact om het draagvermogen te behouden. De zate wordt dus niet, zooals anders steeds geschiedt, ontzood en omgespit; kielspitten langs den teen en de hiel blijven achterwege. Soms kan de bovenlaag nog worden versterkt, door er een laag zoden op te leggen.

Waar riet of andere waterplanten groeien, worden deze evenmin verwijderd, maar plat geslagen om zoo een eenigszins samenhangende laag te vormen. Een bezwaar is, dat zoo'n laag evenals trouwens het geval is met de bovenlaag en grasnerf, hier en daar is onderbroken door slooten, vaarten, plassen enz. en dus toch ongelijke zakking valt te verwachten. Met zinkstukken, rijzen bedden en gedeeltelijke aanvulling met riet, ruigte enz. wordt veelal getracht, de ongelijkheden in het draagvermogen zooveel mogelijk te overbruggen.

Het is wenschelijk dat rijshout, riet enz. onder den grondwaterstand komen, opdat ze niet zullen vergaan en later aanleiding zullen geven tot extra verzakking. Meermalen kunnen ze wel boven water worden aangebracht omdat ze onder de ophooging toch tot onder water zullen zakken.

Soms stelt men zich tevreden of moet zich wel tevreden stellen met het voorkomen van zijdelings uitwijken van den ondergrond en voorkomt men niet het ineenpersen onder de kade.

Zoo werden b.v. bij den aanleg van den ringdijk om de droog te maken Haarlemmermeer op zeer zwakke plaatsen van den ondergrond twee wallen gestapeld van zoden, die telkens werden verhoogd naarmate ze verzakten. Toen daarna de ringdijk tusschen de zodenwallen werd opgeworpen en de ondergrond dus werd belast, waren die wallen in staat het zijdelings uitwijken te beletten.

In andere gevallen heeft men daarvoor wel zandkisten aangebracht. De min of meer draagkrachtige bovenlaag wordt voor zandkisten eerst verwijderd en een sleuf gegraven of gebag-gerd om het afglijden van het zand te ontgaan en te zorgen dat de zandkist verticaal en zonder al te flauwe belooopen wegzakt. Hoe steil de belooopen van het zand blijven staan hangt af van het zand maar meer nog van de meer of mindere weerstand die de veen tegen zijwaarts wegpersen biedt. Soms nemen, die belooopen een helling aan van 1 op $1\frac{1}{2}$ maar ook wel van 1 op $1\frac{1}{2}$ à 1 op 2. De diepte van inzinking hangt voornamelijk af van de dikte en van den weerstand tegen weg- en indrukken van de veenlaag. Willekeurig beperken kan men die moeilijk of in het geheel niet. Zandkisten hebben het voor de waterkeering belangrijke voordeel, dat ze de kwel tegen-gaan. Aanvankelijk zijn ze niet dicht maar de fijne gronddeeltjes, die het kwelwater meevoert, blijven goeddeels tusschen de zandkorrels hangen en verstoppen op den duur de poriën geheel.

Evenals tusschen genoemde zodenwallen wordt nu door de kade de ondergrond samengedrukt, zonder dat die zijwaarts kan uitwijken. De bovenbreedte van de zandkisten kan daartoe zelden minder zijn dan 2.— m. Beschikt men over klei in plaats van zand, dan kunnen op dezelfde wijze kleikisten worden gemaakt. Door de klei goed vast in den droge aan te stampen of als ze week is, ze telkens na het aanbrengen van een dunne laag goed op te laten stijven, kan veelal worden bereikt dat de klei niet uitzakt en de breedte van de kleikist van boven tot onder vrijwel gelijk blijft. Evenals zandkisten zakt een kleikist diep in de veen weg; de zakking houdt veelal aan, totdat een steviger grondslag dan veen, b.v. een zand- of een kleilaag is bereikt.

Een dergelijke ervaring had men o.a. bij aanleg van de dijken van het Merwedekanaal tusschen Amsterdam en Maarsen omstreeks 1890.

De grond bevat daar een 3 tot 5.— m dikke laag slap en licht veen, veen die bij uitdroging kromp tot ongeveer $\frac{1}{4}$ van zijn inhoud en dan een s.g. had van 0.1. Het kanaal werd grooten-

deels in die veenlaag gegraven en gebaggerd en de wederzijdsche kaden werden van de uitkomende grond gemaakt. Het kanaal en de kaden hebben daar één doorgaand beloop van 3.70 — A.P. tot 1.— m + A.P., onder eene helling van 1 op 2. Het terrein had een hoogte van 1.40 m — A.P., het kanaalpeil werd 0.40 m — A.P., het polderpeil was 1.80 m — A.P. Het te keeren watersverschil was dus 1.40 m. Fig. 175. Door de verschillende besturen van de polders,

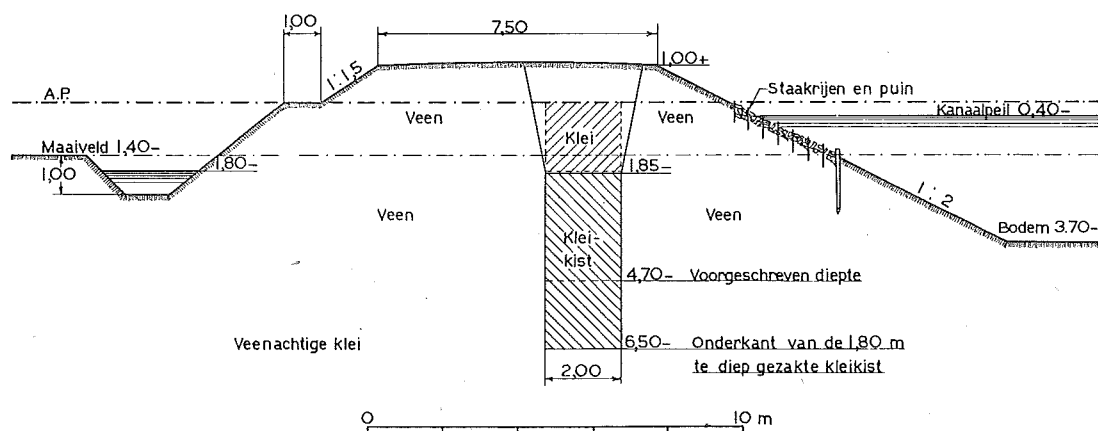


Fig. 175. Veendijk met kleikist langs het Merwedekanaal (1893) in den Gemeenschapspolder.

die daar door het Merwedekanaal zouden worden doorsneden was bedongen, dat de kaden een kleikist zouden bevatten, die moest reiken van 1.— m onder den kanaalbodem of van 4.70 m — A.P. tot boven kanaalpeil. De breedte of dikte is 2.— m. De kleikist is aangebracht onder de kruin van de kade, met de kanaalzijde op 1.— m uit de kruinlijn. De kaden kregen een kruinsbreedte van resp. 6.— m en 7.50 m, een buitenbeloop van 1 op 2 en een binnenbeloop van 1 op 1½ met een berm van 1.— m breedte. Vlak langs den hiel is een bermsloot gegraven van 1.— m diepte. De klei voor de kleikist kon op vele plaatsen gedeeltelijk aan de bovenlaag van het terrein worden ontleend. Men begon met voor de kleikist een ongeveer 1.— m diepe sleuf te graven en van de ter plaatse beschikbare klei de kleikist aan te vullen en op te hoogen tot A.P. Deze had dan een hoogte van omstreeks 2.50 m. Spoedig bleek, dat in een sleuf van slechts 0.50 à 0.60 m de kleikist nog te diep wegzakte. Van de grond uit de bermsloot en het kanaal werden langs de beloopende kaden gemaakt eveneens reikende tot A.P. Uit slooten en boezems kon nu in het kanaal zooveel water worden getapt, dat een baggermolen daarin kon beginnen te werken, die met een transporteur de opgebaggerde grond — meest veen — meteen in de dijken tusschen de gemaakte kaden bracht. Nadat die grond was opgestijfd, werden daarvan onder de beloopende weer kaden gemaakt. De inmiddels gezakte kleikist werd opgehoogd en dan werd opnieuw een laag gebaggerde grond met de transporteur tusschen de kaden gebracht. Deze bewerking werd nog 2 tot 4 maal herhaald tot de kruin een overhoogte van 1.— m à 0.70 m had verkregen ($\pm 40\%$) en de kleikist reikte tot 0.50 m + A.P., waarbij men hoopte, dat ze niet dieper dan tot A.P. zou zakken en inklinken. De onderkant was niet op de bepaalde 4.70 m — A.P. gebleven, maar was 1.— m tot ruim 2.— m al naar de ligging der steviger grondlagen, dieper gezakt.

Op enkele plaatsen had men den bovenkant van de kleikist niet tijdig kunnen ophoogen; daarvoor moest later in de opgebrachte grond een sleuf worden gegraven tot 1.85 m — A.P. of 1.45 m beneden den waterstand in het kanaal.

Ofschoon de sleuf door slechts een paar meter veen van het kanaal was gescheiden, bleef deze droog. Ondanks de zeer lichte veen bleek door het nat verwerken en laten opstijven toc

een dichte pakking te zijn ontstaan zoodat men zelfs den indruk kreeg, dat de kleikist voor de waterdichtheid niet noodig was en wel achterwege had kunnen blijven.

De laatst gegraven sleuf werd in één laag gevuld met klei, die tweemaal was opgebaggerd en daardoor zeer week was. Dit was te veel gewaagd want door deze belasting schoof het buitenbeloop in het kanaal. Fig. 176. Hier had men de klei in dunne lagen moeten aanbrengen en een volgende laag pas, als de vorige goed was opgestijfd. Ofschoon de kaden zijn aangelegd met den teen langs de insteek van den kanaaloever, zijn geen afschuivingen ontstaan, waar de kade werd gemaakt van veen; wel puidde het beloop van de ingraving soms uit. Fig. 177.

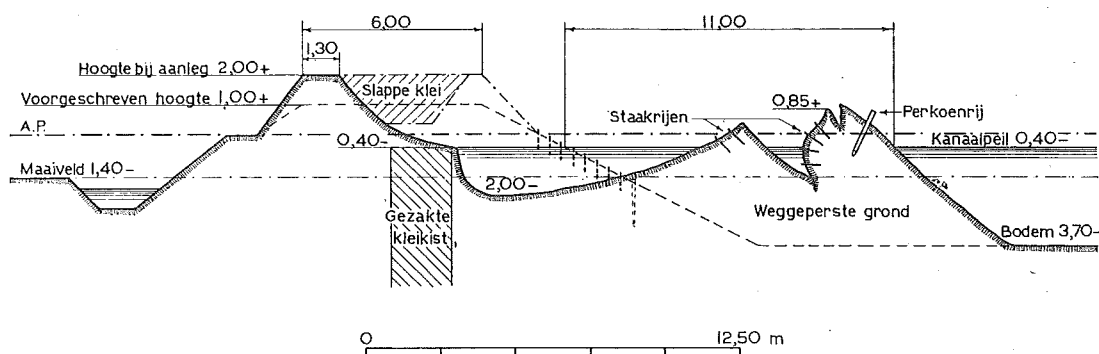


Fig. 176. Dijk langs het Merwedekanaal. Afschuiving in het kanaal.

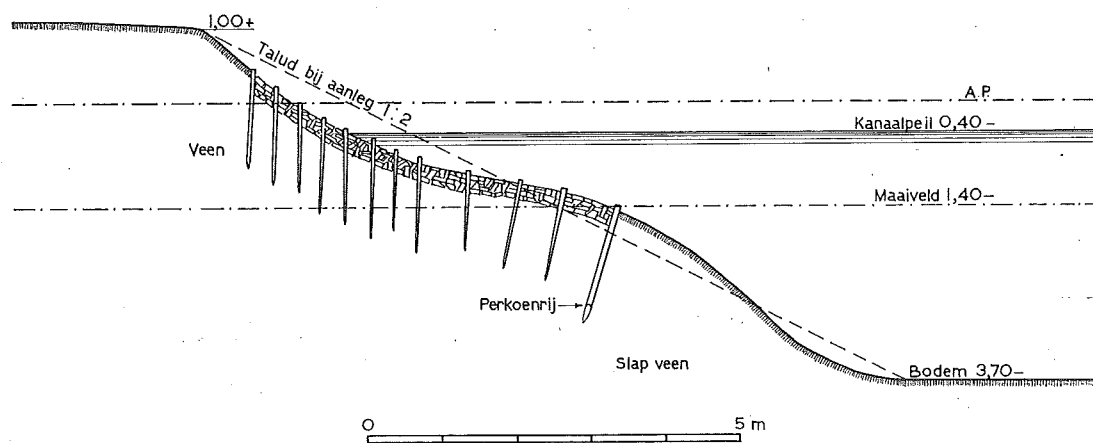


Fig. 177. Dijk langs het Merwedekanaal nabij Breukelen kort na den aanleg. (1893)

Nieuwe veenkaden klinken belangrijk in, vooral voor zooveel ze boven den grondwaterstand liggen. Liniar is de krimp meermalen 20 à 30 % en blijft er van den inhoud niet meer dan de helft of een derde over. Dit, gevoegd bij de indrukking van de zate maakt altijd een belangrijke overhoogte noodig, ook al is de zakking tijdens de uitvoering al groot geweest en in den regel duurt de zakking nog jaren na aanleg.

Het streven is bij veendijken er daarom veelal op gericht, de grondwaterstand in den dijk hoog te houden omdat elke verlaging aanleiding geeft tot nieuwe krimp, dus zakking.

Door die krimp ontstaan scheuren niet alleen aan de oppervlakte maar ook binnenin. Ook al stijgt later de waterstand, de veen zwelt niet weer en de scheuren blijven open, en laten kwelwater door.

Toen in den zomer van 1910 de boezemstand in Friesland door de langdurige droogte in dat jaar zeer laag werd en lang laag bleef, bleken in den volgenden winter vele veenkaden ernstig te lekken. Bij den aanleg van ringdijken om droog te maken meren, veenplassen enz. laat men, als tevens een ringvaart wordt gegraven, tusschen de ringvaart en de kade, een buitenberm van 6 à 10 m onvergraven. Dikwijls dient die berm meteen tot weg, daar de verzakkingen hier niet zoo groot zullen zijn als binnen de kade.

Binnen de kade laat men veelal een strook oud land onvergraven in den vorm van een breeden binnenberm. Voor de plaats van de kade volgt men daarom bij voorkeur de hoogste gedeelten van het terrein. Daarbij worden niet alle bochten gevolgd, maar wordt zoo noodig land mede binnengedijkt, om aan de kade ook de geringst mogelijke lengte en aan de ringvaart de beste strekking voor de scheepvaart te geven. Aan het verdere beloop wordt bij den aanleg en soms later bij vergraving een flauwe helling gegeven, meestal van 1 op 5 à 1 op 6.

Ook al is er nu een groot verschil tusschen den boezemwaterstand en het polderpeil, dan blijft de grondwaterstand onder de kade toch vrij hoog en wordt het zakken door krimp en het ontstaan van scheuren in de zate meer of minder voorkomen.

Langs menige veenkade worden om dat niet zakken, gebouwen bij voorkeur op die strook gezet. Om nog beter het zakken van den grond te voorkomen wordt dikwijls aan de landzijde een sloot gegraven waarin men door inmalen of inlaten uit den boezem, de waterstand kan opvoeren en hoog houden. Ook dat water helpt dan mede om den grondwaterstand in de kade hoog te houden, terwijl de kwel naar den polder door het flauwe beloop toch niet hinderlijk is.

Bij de aanwezigheid van die hoge bermen is de kade dan z.g. „op het water” gelegd. Wordt ter bestrijding van kwel een klei- of zandkist noodig geacht, dan wordt de kwel niet aan de buitenzijde van de kade bestreden zooals bij doorlatende zanddijken, doch doet men dit bij veenkaden aan de binnenzijde. Fig. 178.

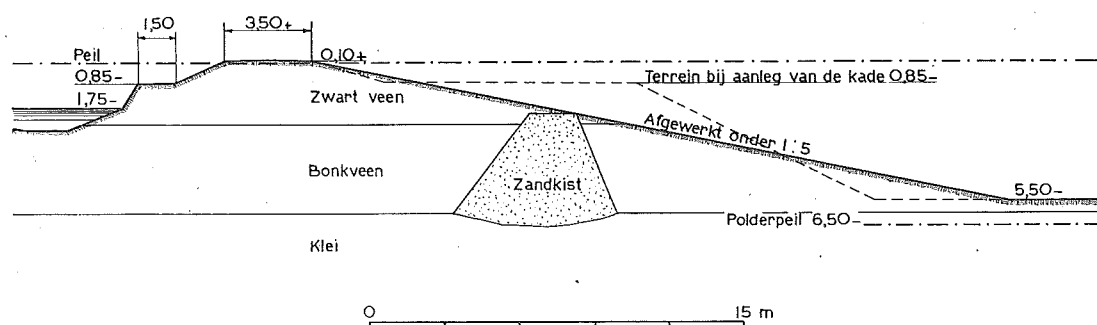


Fig. 178. Veenkade met zandkist om de Admiraal Zoutmanpolder.

Het grondwater behoudt daardoor onder de kade den hoogen stand, die noodig is om krimp en verzakking te beperken. Mocht de buitenwaterstand al ooit zoo hoog worden, dat het kwelwater over de zandkist heen gaat vloeien, dan zal het flauw hellende binnenbeloop daarvan toch weinig of geen nadeel ondervinden.

Als de meerdijk ergens dicht langs den kant van de droog te malen plas moet loopen zoodat voor een breeden binnenberm geen ruimte is, dan wordt het geheele binnenbeloop in de meeste gevallen toch onder een helling van 1 op 5 afgewerkt en aangevuld. Fig. 178 en 179. Ook al kwelt de dijk, dan zal toch zelden water uit dat beloop vloeien en aan de kade schade kunnen veroorzaken. Heeft men te doen met veen die weinig of geen water doorlaat, dan maakt men dit beloop toch niet steiler dan 1 op 2. Is geen zand- of kleikist aangebracht, dan

kan het zelfs wenschelijk zijn om ter beperking van het krimpen van den grond, de grondwaterstand hooger op te zetten, waarvoor het binnentalud dan wordt onderbroken door een sloot. Fig. 180.

Bij het opwerpen van veenkaden wordt de grond nat verwerkt. Van droge veenbonken kunnen geen dichte lagen worden gemaakt. Op een slappe zate geschiedt de ophooging bij voorkeur in dunne lagen om te voorkomen, dat de ondergrond door het te snel opvoeren der belasting

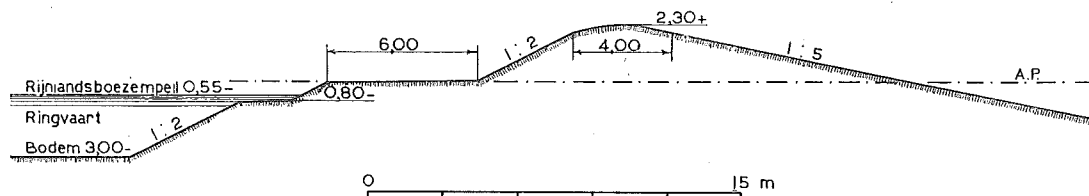


Fig. 179. Ringdijk om de Haarlemmermeer bij aanleg.

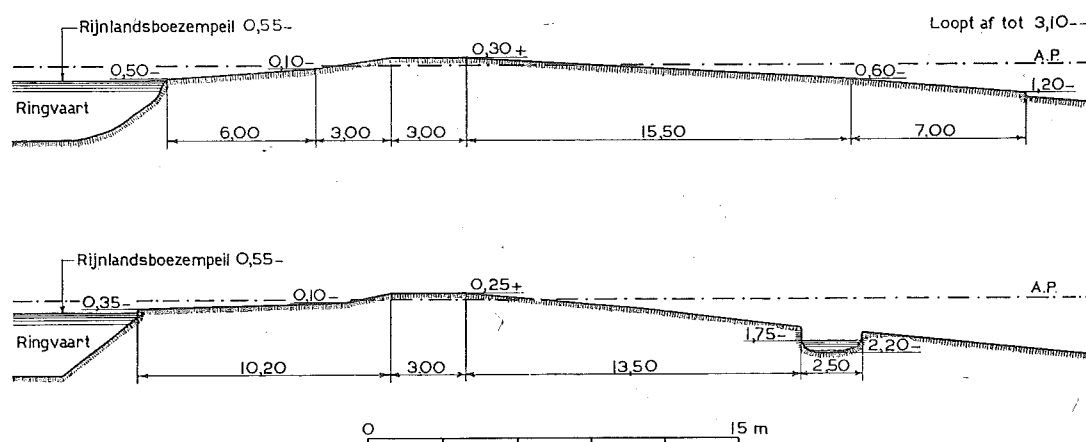


Fig. 180. Ringdijk om de Haarlemmermeer bij Lisse, 60 jaar na den aanleg.

te veel neiging krijgt om uit te wijken. Is de veen zoo week dat de lagen zouden willen uitvloeien, dan worden van de reeds opgestijfde veen, kaadjes opgeworpen waartusschen dan weer weke veen wordt gestort zooals boven werd vermeld omtrent den aanleg van de dijken langs het Merwedekanaal.

Hoezeer dergelijke op slappe grondlagen aangelegde kaden aan nazakken onderhevig zijn, blijkt bij vergelijking van de dwarsprofiellen fig. 179 en 180. Het eerste geeft de hoogte van den ringdijk om de Haarlemmermeer bij aanleg, de andere werden 60 jaar later opgenomen en geven een kruinshoogte aan, die op niet minder dan 2.— m zakking en krimp duidt, terwijl de oorspronkelijke hoogte nog geen 3.— m boven den waterstand bedroeg.

Het vervangen van al de slappe grond door zand onder de zate, ter voorkoming van belangrijke verzakkingen tijdens de uitvoering en tot lang daarna, heeft men in den laatsten tijd ook bij aanleg van kaden toegepast. Als de cunet ruim en diep genoeg wordt om groot baggermateriaal te kunnen gebruiken, dan wordt de eenheidsprijs van het grondverzet niet hoog.

De omvang van dat grondverzet, wordt, in verhouding tot het dwarsprofiel van de kade, echter zeer groot.

Zoo werd in 1941 voor een polderkade van omstreeks 1.20 m hoogte (1.35 m + het boezemwater) onder Landsmeer, IJpendam en Oostzaan, een ongeveer 3 m diepe cunet van 23—25 m breedte gebaggerd en weer met zand gevuld, waarbij het totale grondverzet voor de cunet ongeveer het 10-voudige bedroeg van dat voor de kade.

Ondanks dat omvangrijke grondverzet, zal deze werkwijze in bepaalde gevallen uit kosten-oogpunt niet zeer ongunstig zijn en omtrent de veiligheid van de waterkeering en het op hoogte onderhouden van de kade, bijzonder gunstige uitkomsten geven.

In plaats van een nieuwe kade op te werpen, maakt men bij het droogleggen van meren en plassen bij voorkeur gebruik van aanwezige kaden. Daardoor kan op de uitgaven worden bezuinigd en oude kaden hebben den ondergrond al samengedrukt en zijn zelf vaak al dicht geworden. Die oude kaden liggen gemeenlijk echter vlak langs vaarten of slooten, zoodat van een breeden buitenberm moet worden afgezien en verdediging van den waterkant zelfs noodig kan zijn. Die verdediging wordt dan gemaakt van rijsbeslag met puinbestorting, van een perkoenrij en staakrijen met daartusschen puin, of soms van een lichte steenglooing. Het is dan steeds wenschelijk dat aan de binnenzijde van de kade een breede binnenberm en in elk geval een zeer flauw binnenbeloop wordt aangelegd, ook al zal de veen oogenschijnlijk geen kwelwater doorlaten.

Waar men de binnenberm weglief en het binnenbeloop geen zeer flauwe helling kreeg, heeft dit, zonder dat extra hoge standen voorkwamen of gevaar zich aankondigde, hier en daar tot doorbraak geleid.

De soliditeit van de kade hangt in hooge mate af van de soort veen waaruit de ondergrond bestaat. In sommige streken treft men onder beter veen een laag z.g. bonkveen aan, die zeer licht en open is en die, waar ze niet door een zand- of kleikist is onderbroken, zulke noodlottige verrassingen kan baren.

In sommige polders is het waterbezwaar zeer groot, soms zelfs zoo groot, dat de kosten van drooghouden van den polder, de opbrengst van het land overtreffen. Daaraan is de kade niet of maar ten deele schuldig, doordat voornamelijk water uit de diepere grondlagen opwelt, lagen die te diep liggen om met klei- of zandkisten te kunnen worden afgedicht. Het Naardermere o.a. verkeerde in dit geval, waarom men de bemaling heeft gestaakt, waarna het meer spoedig vol kwelde.

In den polder Bethune beoosten de Vecht in Utrecht welt geweldig veel water op uit den zandigen bodem. De afmaling van dien polder doet het peil in de omringende polders dalen. Hier zijn de zate en de kade evenmin in staat het buitenwater te keeren en kunnen daartoe ook niet diep genoeg worden afgedicht.

Droge veen is onvruchtbaar en begroeit niet. Toch is op kaden grasnerf noodig ter bescherming tegen grondverlies en vaak zelfs tegen brand en ook om uitdroging te beperken en waar noodig, beschadiging door golfslag tegen te gaan. Veenkaden worden daartoe bij voorkeur bekleed met een laag klei. Is geen klei beschikbaar, dan wordt voor de bekleeding zand of teelaarde gebruikt. Zand heeft het voordeel de scheuren, die na het afmaken van de kade in een drogen tijd allicht ontstaan, spoedig geheel te vullen en zoo tot de dichtheid van de kade bij te dragen. Graszoden slaan er echter moeilijker op aan dan op een kleibekleeding en in dit opzicht is ook teelaarde beter.

Waar veenkaden vlak langs een water liggen waarin eenige golfslag mogelijk is, kan een verdediging van een strook van het buitenbeloop „tusschen water en wind” veelal niet worden

ontbeerd. Die verdediging kan bestaan uit een rietzoom, rijsbeslag of staakrijen met puin-aanvulling, fig. 175 en 177. Wordt steenglooing toegepast, dan dient men eerst een kleibe-kleding aan te brengen. Een nadeel van steenglooing is hier het groote gewicht, dat het beloop doet zakken. De lichtste constructies: puinbestrating, klinkers, betonzuiltjes enz. komen daarvoor het meest in aanmerking na het lichte, maar minder duurzame rijs- of riet-beslag.

DIJKBEKISTINGEN EN NOODWATERKEERINGEN

§ 39. Bekistingen.

Tal van waterkeeringen hebben gedeelten waarvan bekend is, dat ze bij hooge waterstanden te laag zijn, doch waarvan het verhoogen voor normale tijden te grooten hinder en schade zou veroorzaken. Er worden dan constructies bedacht om in geval van nood eene tijdelijke verhooging aan te brengen en de onvermijdelijke nadeelen van de hoogere waterkeering zoo te kunnen beperken, tot de weinige dagen — soms uren — waarop de hoogere keering werkelijk noodig is. In de meeste gevallen worden op die plaatsen kokers in den grond gezet van gietijzer, beton, metselwerk of gecreosoteerd hout, waarin palen worden gezet, als de nood dringt, één rij bij geringe hoogte, twee rijen bij meer hoogte dan 30 à 40 cm.

Tegen de palen worden planken of schotten bevestigd en de ruimte er tusschen en (of) een strook erlangs aangevuld met mest, grond of met zand gevulde zakken.

Palen, planken, schotten, bouten etc. zijn alle op maat en zijn in de nabijheid opgeslagen, zoodat de noodkeering in een minimum van tijd kan worden aangebracht. Om groote lengten

gaat het nooit. Heel anders is het geval, als een geheele zeedijk te laag is. Het water komt snel op en als men inziet, dat de dijk wel te laag zou kunnen zijn, dan zijn maar een paar uur beschikbaar voor werk, dat vele dagen zou vorderen, zoodat, ook al zou over de noodige werkkrachten en materialen kunnen worden beschikt — wat nimmer het geval is — toch aan een dergelijke dijksverhooging nauwelijks een begin van uitvoering zou kunnen worden gegeven.

In de rivieren, boezems en in door dijkbreuk geïnnundeerde gebieden, wast het water gewoonlijk niet zóó snel en is dijksverhooging niet al bij voorbaat door gebrek aan tijd uitgesloten. Wel blijft het altijd een werk waarbij de grootste spoed moet worden betracht.

Een groot bezwaar is bovendien, dat niet bekend is, hoe hoog de keering moet zijn. Wordt die, al is het maar plaatselijk, niet hoog genoeg gemaakt, dan wordt het doel gemist; maakt men

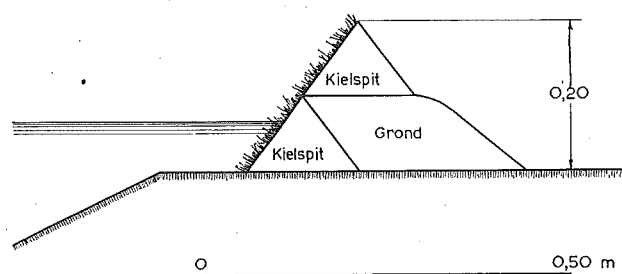


Fig. 181. Verhooging met kielspitten.

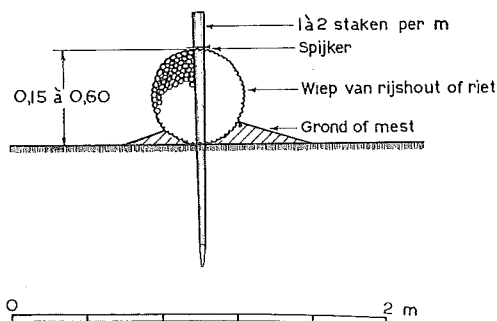


Fig. 182. Opkisting met wiepen.

die hooger dan noodig blijkt, dan vermindert dat de snelheid van uitvoering en worden materialen en constructies ongebruikt gelaten, waarmee men achteraf gezien, in korter tijd met minder inspanning en kosten, toch ook een gunstig resultaat zou hebben kunnen verkrijgen.

Het meeste succes zou men kunnen bereiken met eene keering, die, al naar de behoefte

blijkt, snel kan worden verhoogd zonder daarbij te zwak te worden. Een kade van grond, als werd vermeld in par. 34 d., voldoet aan den eisch, dat ze kan worden verhoogd zonder iets van het bereids uitgevoerde werk overbodig te maken, doch elke verhooging vordert in verhouding weer meer materiaal en meer aanlegbreedte. Vooral dit laatste is op vele plaatsen een overwegend bezwaar en bij noodkeeringen van grond moet veelal een constructie worden gekozen met steile wanden ter vervanging van de belooopen, om de aanlegbreedte- en vaak ook het grondverzet — te beperken.

Pas aangelegde kaden hebben ook nog het nadeel, dat ze onlicht zijn en verweken en niet tegen golfslag bestand zijn, zoodat ze in sommige gevallen dus tegen afslag moeten worden verdedigd, wat weer nieuw materiaal en werkkrachten vordert.

Voor geringe verhoogingen van polderkaden in den strijd tegen hoge boezemstanden worden vrij algemeen kielspitten gebruikt, die zoo mogelijk binnen de kade, maar die ook wel uit de kade zelf worden gestoken. Ze hebben een begroeide kant, die naar buiten wordt gelegd. De kielspitten worden dicht tegen elkander gezet en aangetrapt en verhoogden de kade met ongeveer 10 cm.

Is meer verhooging noodig, dan kan met grond en nog een rij kielspitten of met drie rijen kielspitten nog ongeveer 10 cm worden gewonnen. Fig. 181. Veel hoger gaat men op deze wijze gewoonlijk niet.

Langs de rivierdijken, waar elk najaar van afstand tot afstand z.g. noodmaterialen (rijsbossen, staken en gaarden) worden opgeslagen is men meer in de weer met wiepen, die met staken worden vastgepend. De wiepen worden van verschillende dikte gemaakt tot 60 cm toe.

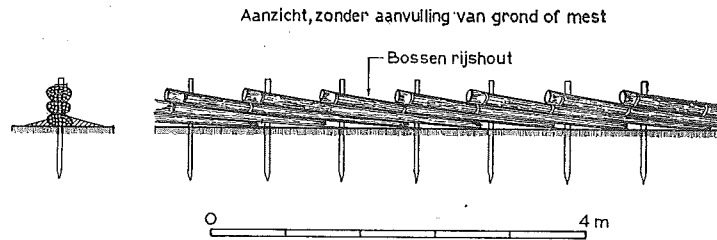


Fig. 183. Opkisting met rijsbossen.

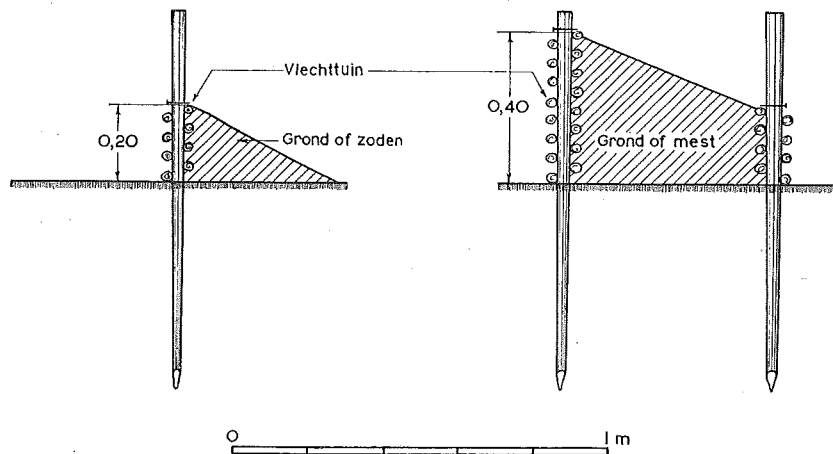


Fig. 184. Opkisting met tuinen.

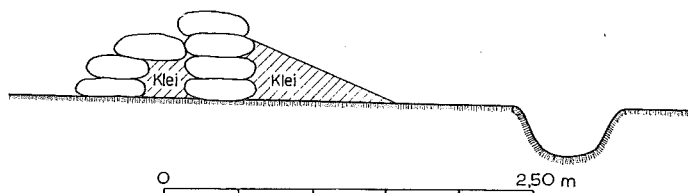


Fig. 185. Opkisting met grond of zand in zakken.

Het binden vordert vrij veel tijd. Ze worden met staken op de kruin bevestigd. Voor steun en afdichting wordt er grond of mest tegen gewerkt. Fig. 182.

Om vertraging door het binden van wiepen te ontgaan, worden ook wel bossen rijshout met staken vastgepend, fig. 183, of tusschen staken gevlochten. Ook tuinen worden veelvuldig toegepast, nu eens een enkele met grond of zoden er tegen, dan weer een dubbele met grond of mest er tusschen, vooral als men groter hoogte wenscht dan voor een enkele tuin raadzaam is. Hoogten van 20 tot 40 cm zijn zoo te bereiken. Fig. 184.

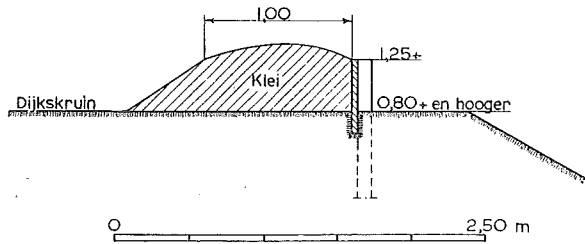


Fig. 186. Opkisting op den Purmerdijk (1916).

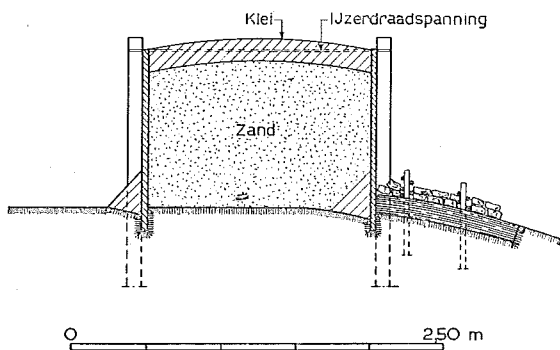


Fig. 187. Opkisting Keelzijde Edam (1916).

en door een belasting met steenen of grond aangedrukt en op de plaats gehouden.

Is de grond hard bevroren of is vrijwel de geheele kruinsbreedte ingenomen door een grindverharding, dan kunnen palen en staken niet of slechts met groote moeite in den grond worden

Met zwaarder staken of palen en daartegen geplaatste horden, kan een hoogte van 70 cm worden verkregen. Tot steun worden soms schoorpalen gezet, maar in elk geval worden ook de horden met grond gesteund, terwijl ter beperking van de breedte en bezuiniging op de hoeveelheid grond, evenwijdig aan de horden, een tuin wordt gevlochten.

Soms worden 2 rijen horden tegen palen geplaatst met grond daartusschen, maar met de voorradige horden komt men zoo niet ver en het vlechten van nieuwe kost al te veel tijd.

Kan men ter plaatse niet over grond maar wel over riet of stroo beschikken, dan wordt de ruimte tusschen de horden, eventueel tuinen, daarmee gevuld

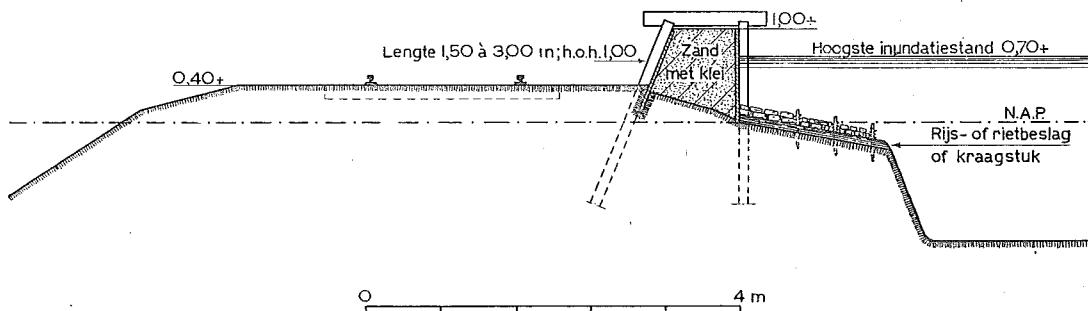


Fig. 188. Opkisting op den spoorweg Zaandam—Purmerend (1916).

gedreven en moeten met ijzeren pennen eerst gaten worden gemaakt. Voor die gevallen zijn in de dijksmagazijnen veelal vierkante ijzeren staven van 1.— m à 1.50 m lengte in voorraad, die staken kunnen vervangen.

Materiaal, dat in de latere jaren veel toepassing heeft gevonden voor bekistingen, zijn zakken. De zakken worden ter plaatse gevuld met grond of zand en dan dicht gebonden. Ze worden

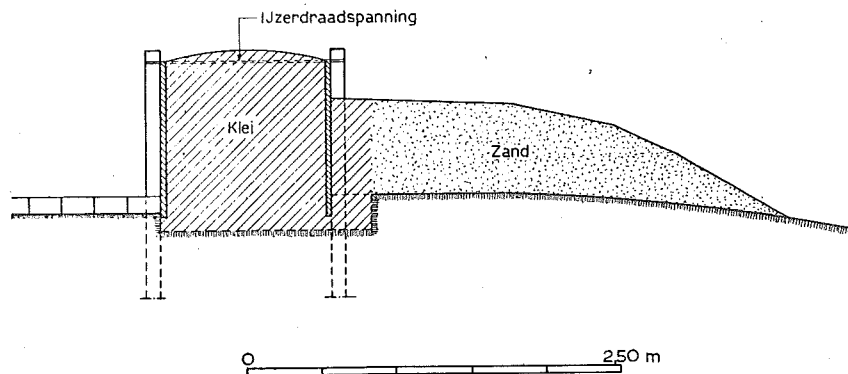


Fig. 189. Opkisting op den weg tusschen Looiersplein en spoorweg te Purmerend (1916).

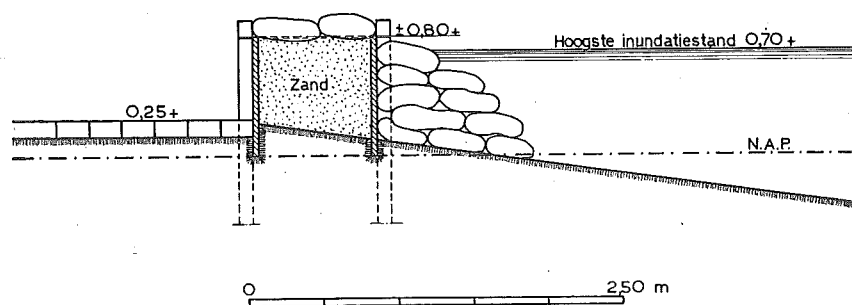


Fig. 190. Opkisting te Zaandam Oostzijde (1916).

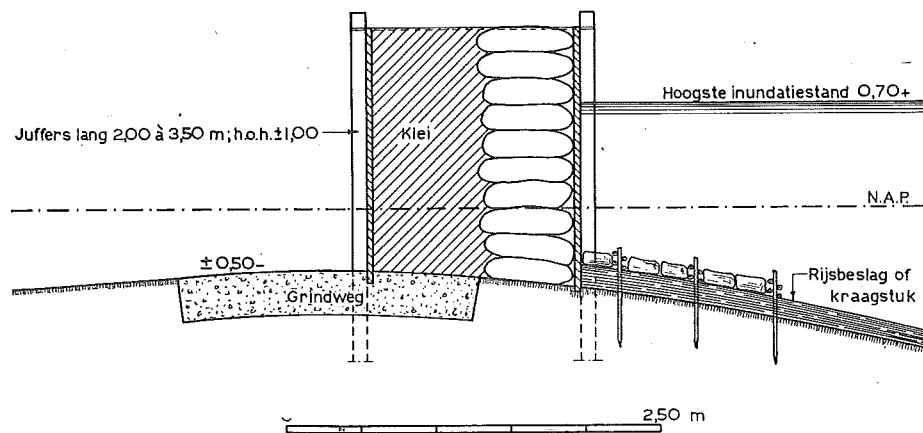


Fig. 191. Opkisting Westzijde Noordhollandsch kanaal te Purmerend (1916).

dan dicht tegen en op elkander gevlijd en gestapeld tot wallen van meer of minder hoogte en breedte, die naar behoefte kunnen worden verhoogd en verzwaaard. Op geen andere wijze of met ander materiaal kan dit zoo goed geschieden. De zakken beletten het verloren gaan van grond en zand als slechts het weefsel niet te open is. Zakken van allerlei grootte kunnen

dienen, maar het handigst zijn die, welke met grond gevuld, nog goed door één man kunnen worden gehanteerd. Fig. 185 en 190-194.

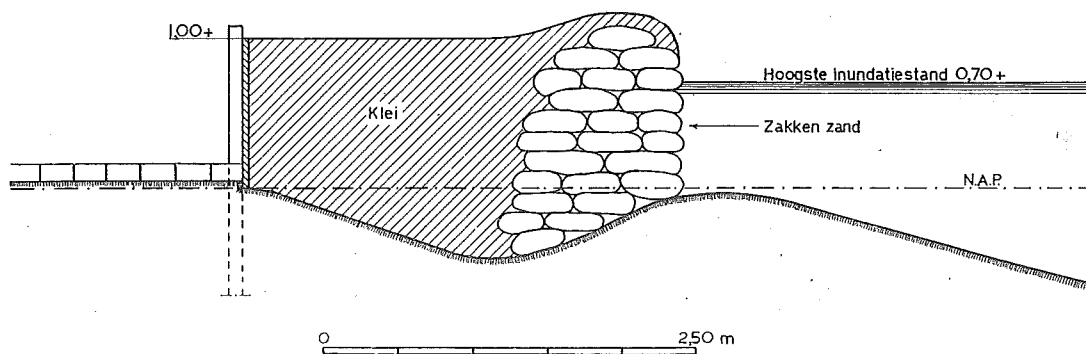


Fig. 192. Opkisting op den Nekker straatweg (1916).

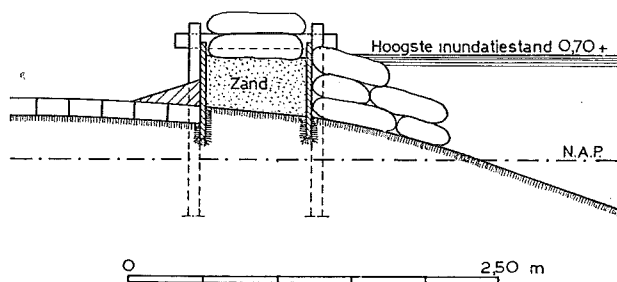


Fig. 193. Opkisting te Zaandam, Oostzijde (1916).

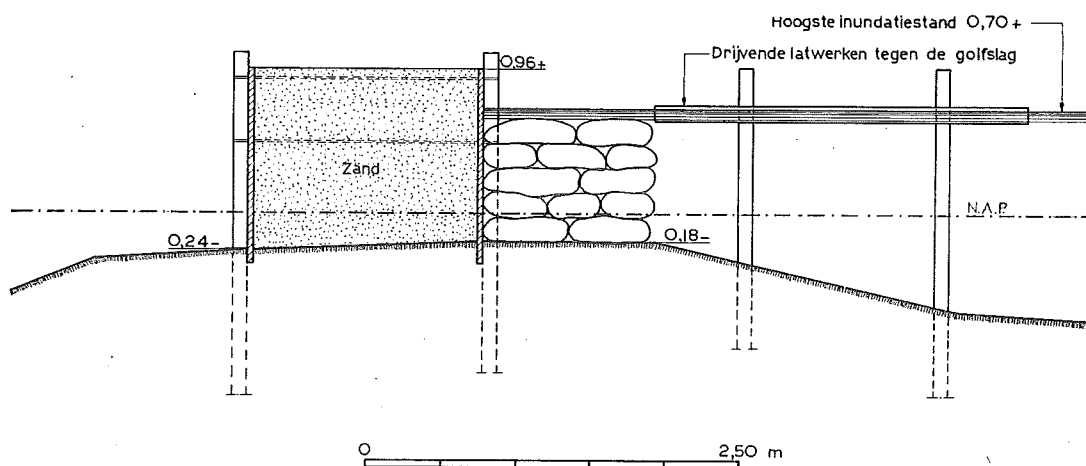


Fig. 194. Opkisting op den ringdijk van de Wijde Wormer ter plaatse van de doorbraak van 1825 (1916).

Palen en planken worden voor bekistingen wel het meeste gebruikt, ook al mede omdat daarmee het vlugst een keering tot stand kan worden gebracht van elke gewenschte hoogte. Bij lage keeringen volstaat men vaak met ééne rij palen en planken, fig. 186, maar bij hoogten groter dan 30 cm worden 2 schotten geplaatst waartusschen en waar vaak ook nog tegen den binnenkant, grond voor afdichting en steun wordt aangebracht. Fig. 187, 188, en 189.



Fig. 195. Bekisting op een smallen weg. 1916.

Foto Prov. Waterstaat Noord-Holland.

Ter beperking van het overstroomingsgebied in Noord-holland na den stormvloed van 13/14 Januari 1916 werden daar, behalve de bekistingen volgens de figuren 185—189 nog verschillende houtconstructies, sommige gecombineerd met gevulde zakken, toegepast. Fig. 190—194. Volgens de daar opgedane ervaringen is het in het algemeen niet wenschelijk, de hoogte der bekistingen veel grooter te maken dan de breedte.

Op smalle wegen, die voor de passage zoo mogelijk open moeten blijven en op de smalle kruin van kaden kan dat een groot bezwaar zijn. Fig. 195. Door

betrekkelijk zware palen te nemen en die diep in den grond te slaan valt daaraan wat tegemoet te komen, maar het gevaar van onderloopschheid en het daardoor wegstroomen van de grondvulling wordt ook grooter naarmate de bekisting hooger keert en ook daarom levert een te geringe breedte gevaar op. Waar men in Noordholland hooge smalle bekistingen maakte zijn doorbraken voorgekomen of moest tot versterking worden overgegaan door het aanbrengen van schoren of(en) een verbreeding. Figuren 196, 197 en 198.

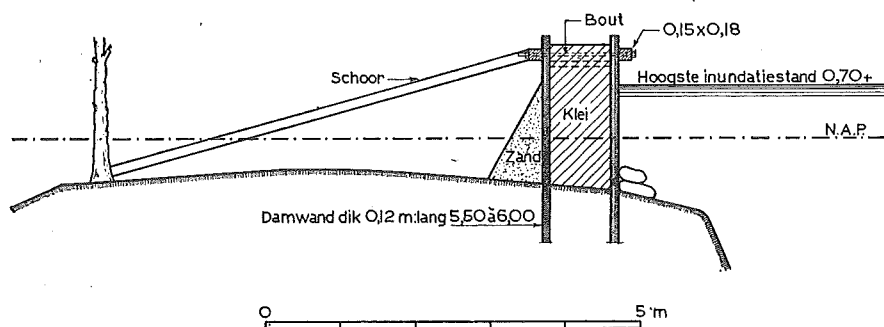


Fig. 196. Opkisting te Purmerend Oostzijde (1916)

Bij deze bekistingen is de paalafstand 1.— à 1.50 m al naarmate de hoogte der bekisting, de dikte en de diepte van de punt der palen en de dikte der schotten. Wordt voor de palen rib- of battinghout gebruikt, dan kunnen de stuiknaden der schotten op een paal vergaren. Aan de einden der planken moeten de palen daarvoor precies op maat worden geplaatst. Geeft dat moeilijkheden — en ook als ronde palen worden gebruikt —, dan is het beter de planken of schotten over een korte lengte langs elkaar heen te laten schieten al neemt dit wat meer hout.

Worden ongeploegde planken gebruikt dan is het, althans bij vulling met zand of weeke grond, gewenscht, de naden te dichten hetzij met tengels of bekleeding met asfaltpapier of door de planken z.g. te potdekselen. Ter voorkoming van onderloopschheid moeten de onder-

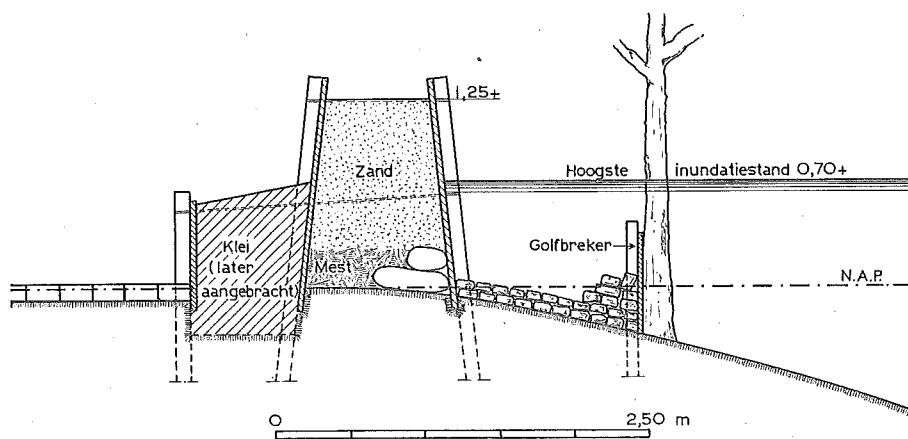


Fig. 197. Opkisting op den Nekkerstraatweg (1916).

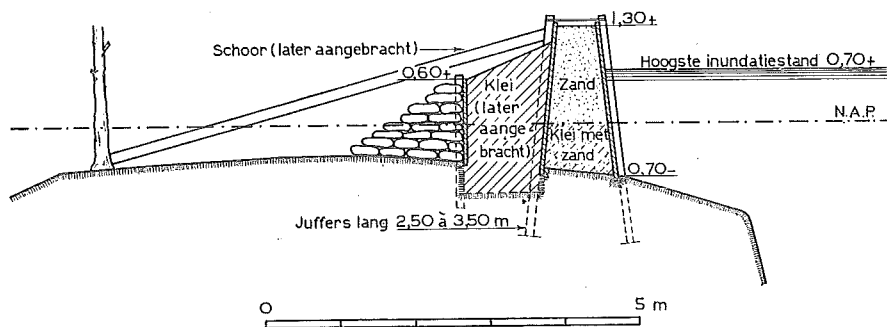


Fig. 198. Opkisting langs het Noordhollandsch kanaal te Purmerend (1916).

den ze door de grondvulling van elkaar kunnen wijken, vooral als die vulling uit weeke baggergrond bestaat.

Bij het vullen met weeke grond is het zelfs noodig, die vulling niet in eens maar in 2 of 3 lagen aan te brengen b.v. als die grond wordt gespoten of gebaggerd en met een goot in de bekisting wordt gelost, omdat dan de druk zoo groot kan worden, dat de koppelingen breken. Een volgende laag grond wordt dan pas aangebracht, als de vorige wat is opgestijfd.

Bekistingen plaatsen is een werk, dat bij dag en nacht en bij slecht weer wordt voortgezet en dat veelal geheel of grootendeels met ongeschoolde werkkrachten moet worden uitgevoerd, zoodat op nauwkeurig werk niet valt te rekenen en alles dient te worden vermeden wat deskundige uitvoering en scherp en fijn gereedschap zou vorderen.

ste planken dicht in of op den grond aansluiten. Wegverhardingen beletten dat en worden daarom veelal opgebroken of er worden sleuven in gemaakt, die met taaie klei worden aangevuld en vastgetrapt.

De beide schotten van een bekisting moeten van boven worden gekoppeld met klampen, bouten, ijzeren haken of ijzerdraden, aan, door, of om, de tegenover elkaar staande palen. Zonder die voorzorg zou-

LITERATUUROPGAVE

1. ANDRIES VIERLING. Tractaet van Dijckagie $\pm$ 1578, uitgegeven in 1920 door Dr. J. de Hullu en Ir. A. G. Verhoeven.
2. Rivierkundige verhandeling door Cornelis Velsen. 1768.
3. Natuur- en wiskundige verhandeling over de dijken door Mr. Pieter van Bleiswijk uit het Latijn vertolkt en met aanmerkingen vermeerderd door Jan Esdré. 1778.
4. Verhandeling ter beantwoording der vrage: Welke zijn de beste en meest geschikte middelen om, wanneer zich verzakkingen en gevaarlijke doorkwellingen aan de dijken onzer hoofdrievieren vertoonen, derzelver voortgang te stuiten en derzelver gevolgen voor te komen, door Frederik Willem Conrad. 1828.
5. Handleiding tot de kennis der Dijksbouw en Zeeweringskunde door Abraham Caland. 1833.
6. Handleiding tot de kennis der Waterbouwkunde door D. J. Storm Buysing. 1845.
7. Verhandeling over de Hondsbossche zeewering door J. F. W. Conrad. 1864.
8. Verslag aan den Koning. Openbare Werken 1865.
9. Bijdrage tot de kennis der golven en der stroomen van vloed en eb door A. Caland 1867.
10. Verslag van het voorgevallene in den winter van 1880—1881.
11. De verdediging der kanaal- en dijksbeloopen van het Merwedekanaal in de slappe veengronden tusschen Amsterdam en Maarssen door N.A.M. van den Thoorn. 1893.
12. Gedenkboek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs. 1847—1897.
13. De oeververdediging in Zeeland sedert 1860 door M. B. G. Hoogerwaard. 1881—1908.
14. Das Wasserwesen der Nederl. Provinz Zeeland, von Friedrich Müller. 1898.
15. Oever-, Strand-, duin- en dijksverdediging door L. R. Plasschaert. 1902.
16. De Lekdijk Benedendams en de IJsseldam door J. A. van Hengst en F. A. R. A. Baron van Ittersum. 1898—1907.
17. De zeeweringen, waterschappen en polders in de provincie Groningen, door C. C. Geertsema. 1910.
18. Polders en droogmakerijen door A. A. Beekman. 1911.
19. Verslag over den stormvloed van Maart 1906.
20. Verslag over den stormvloed van 13/14 Januari 1916.
21. Beknopt praktisch leerboek der Burgerlijke- en Waterbouwkunde door B. F. Plasschaert. 3e druk door B. Helweg. 1917.
22. De invloed van den waterafvoer op het Nederl. landbouwbedrijf. Verslagen en mededeelingen van de Directie van den Landbouw no. 1 — 1917.
23. Historisch-technisch dijkonderzoek in Noordholland door Ir. A. Groothoff. 1917.
24. Stormvloeden langs de Noordzee en de Zuiderzeekusten door P. H. Gallé. 1917.
25. Verslag van de Staatscommissie van de Sande Bakhuyzen omtrent de buitengewoon hooge waterstanden op den Rotterdamschen Waterweg. 30 April 1920.
26. Zee- en rivierwerken door P. J. Colijn. 1921.
27. Nederland's vroegste geschiedenis door Dr. J. H. Holwerda. 1925.
28. Zentralblatt der Bauverwaltung 1928.
29. Klei of beton voor zeedijksverhooging door Jhr. Ir. R. R. L. de Muralt. 1931.
30. Nordsee Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung. von W. Hinrichs. 1931.
31. Werdendes Land am Meer, von K. Gripp, R. Gripp, R. Stadermann, R. Schmidt und K. H. Jacob Friesen. 1937.
32. Weg- en waterbouwkunde deel I door P. J. Colijn en J. Potma. 1937.
33. Het waterstaatsverleden van de provincie Groningen door J. Kooper. 1939.
34. Grondmechanica door Ir. A. S. Keverling Buisman. 1940.
35. Rapporten en mededeelingen en de Driemaandelijksche berichten betreffende de Zuiderzeewerken tot Juli 1941.
36. Verslagen hoog water en ijs op de rivieren.
37. De Ingenieur.
38. O.T.A.R. (Orgaan van de Technisch-ambtenaren van den Rijkswaterstaat).
39. Weg- en Waterbouw. (Officieel orgaan van de vakgroepen Baggerwerken, Grond- en Waterbouw en Wegenbouw der bedrijfsgroep Bouwindustrie).
40. Centraal blad der Bouwbedrijven.

REGISTER

Aan den grond vallen, (brengen) 57, 67, 161, 170
Aanheelen(ing). Grond opwerken tegen een talud om dat te herstellen of het flauwer te doen hellen 143, 196
Aanlegbreedte. 115, 123, 227, 236
Aanplempen. Laag gelegen terrein, sleuven enz. ophoogen of aanvullen, door zand, grond, puin of steen in het water te storten 217
Aanslaan. Het gaan groeien van nieuwe bezonding 34, 103, 233
Aanslibben. Het door bezinken van slib ondieper worden van een water, of het hooger worden en zich uitbreiden van terreinen aan zee 60, 70, 124, 222
Aanstoppen. 45
Aanwassen. 58, 87
Aanwinnen. 65, 67
Abnormale stormvloed. 8
Achter de hand. 99
Afbakken. Land afgraven om van de grond steenen te gaan bakken 176
Afdichten. 164, 165, 233
Afkalving. Beschadiging van een aarden beloop of het afnemen van een oeverrand, door golfslag of stroom 25, 151, 153, 197, 204, 207
Afmaken. Aarden beloop onder profiel op de juiste maat afwerken nadat ze voorloopig ten ruwste waren aangestort of ingegraven 98, 101, 102, 103, 233
Afmaker. De grondwerker, die nieuwe beloop nauwkeurig op maat en effen afwerkt 101
Afstoppen. Het met puin en kleine stukken steen volslaan van de openingen tusschen de steenen van een steenglooing 36, 37, 47
Afvlakken. Het effenen van een afgekalfd beloop. Het onder een helling afgraven van een steile rand 55, 73, 108, 158, 207, 216
Afwaaiing. Het lager worden van den waterstand door aflandigen wind 7, 225
Antitorpedonet. 164, 165, 168, 171
Baarden. Het maken van baardwerk 218
Baardwerk. Rijsconstructie van in het water vooruitgestoken wiepen, waarop dwars of schuin een laag rijbsbossen wordt gelegd, waar over weer iets verder vooruitste-

kende wiepen worden gelegd, die aan de eerste wiepen worden vastgebonden en verder met staken worden bevestigd waarna een nieuwe laag rijshout wordt gelegd enz. Met puin of steen, tusschen tuinen aan de buitenkanten en zand in het midden, wordt het hout zooveel belast, dat het onder water en ten slotte tot den bodem zinkt, terwijl de bovenkant steeds even boven water blijft 126, 212, 217, 218
Baggerbak. 109
Bak. Vaartuig zonder mast met vast dek waarop de lading wordt gestuwd (zolderbak) of vaartuig met drijfkisten langs de kanten (baggerbak) 112, 119, 122, 134, 158, 162
Bakkenzuiger. Zuiger met korte zuigbuis, die onder bijmenging van veel water grond of zand uit vaartuigen opzuigt en door buizen — soms k.m. ver — wegperst 109, 111, 121, 126, 128, 159, 161
Bandzode of kantzode. Rij zoden gezet langs kruinlijnen, bermkanten, wegverhardingen enz. 103
Bandijk. Rivierdijk 5, 190, 221, 223, 226
Banket. Smalle platte berm ter onderbreking van een hoog talud 78, 201
Basaltglooing. Bekleding, van een aarden talud, van dicht tegen elkaar geplaatste basaltsteenen op een laag puin 48, 50
Basaltzuil. Zuilvormige, meest 5 à 6 zijdigte basaltsteen 37, 41
Battinghout. Vuren- of grenenbuitenlands gezaagd hout zwaar $6\frac{1}{2} \times 15$ cm, $6\frac{1}{2} \times 18$ cm, $8\frac{1}{2} \times 18$ cm. of $8\frac{1}{2} \times 20\frac{1}{2}$ cm. 241
Bebeugeling. Losjes gedraaide strengen van stroo, die op korte afstanden dubbel in den grond zijn gedrukt om een dun laagje riet of stroo of graszoden aan den grond te bevestigen 103
Bedijken. Land met een dijk omringen ter bescherming tegen hoge waterstanden 32, 69, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 108, 176
Bekisting. Noodkeering op een te lagen dijk of kade 183, 185, 204, 209, 210, 214, 215, 216, 223, 225, 235, 237, 238, 239, 240, 241,
Bekrammen. Een aarden beloop

met een dunne laag stroo of riet bedekken en dit laagje met beugels van stroo aan den grond bevestigen ter bescherming van den grond tegen golfslag en stroom 104, 142, 148
Beslag. Bodembedekking bestaande uit een laag rijshout of riet, bezet met tuinen, of soms met ijzerdraden aan paaltjes 124, 148, 158, 159
Bestorting. Laag steenen of puin, die op een beloop of berm is gestort om de grond tegen wegstroomen, afkalven of wegslaan te beschermen 3, 20, 38, 49, 57, 58, 69, 78, 110, 123, 124, 125, 139, 147, 169, 170, 194, 233
Beteugelen. 110, 137, 216
Beteugelingsdam. Ter beperking van den stroom door een geul, slenk, sluitgat enz. gelegden dam 110, 111, 130, 133, 134, 135, 137, 138, 139, 140
Betonzand. Zand, bestemd om met cement en grind, puin of steenslag, beton te vormen 176
Beugel. Band van los in elkaar gedraaid stroo, waarmee zoden of een laagje stroo of riet — z.g. spreidsel — aan den grond zijn bevestigd 34, 103
Bezinking. Bedekking, z.g. verdediging van een onder water gelegen aarden beloop, met zinkstukken 60, 62, 67—70, 73, 108, 110, 125, 128, 130, 131, 133—135, 137—140, 163, 166, 167, 169, 170, 174, 194
Bleeslaag. Rijsconstructie, bestaande uit wiepen, die in het water worden vooruitgestoken en met staken aan den oever worden bevestigd, waarover een laag rijshout met tuinen wordt bevestigd en bezet, waarna men de laag met puin of steen doet zinken, z.g. aan den grond brengt. Bleeslaag dient even als zinkstukken en steenbestorting om het wegstroomen van grond te voorkomen 211—213, 216
Bloksteen. Voor steenglooing geschikte steenen, die vrij regelmatig rechthoekig op ongeveer gelijke afmetingen zijn behakt 46
Bodemdaling. 18, 19, 22, 187
Boezem. Verzamelplaats van het water, dat uit een of meer polders wordt gemalen. Uit den boezem

- wordt het overvloedige water naar zee, een rivier enz. gespuid. In sommige gevallen moet het water eerst nog naar een hoogeren boezem worden bpgemalen 5
224—226 229 231 235
- Boezemmeer.** Meer, dat als boezem dient en soms voor dat doel is aangelegd 113
- Boezempeil.** Peil van den boezem waarbij de polders het uitmalen moeten staken 224
- Bonkveen.** 233
- Buiswater.** 79
- Cocosmat.** 36
- Creosoteeren.** 38 43
- Deklaag.** Bovenste rijslaag van een zinkstuk, kraagstuk, rijspakwerk, bleeslaag enz. Bovenste laag grond 22 125 192
- Derrie of darie.** Harde droge veen 58 65 80
- Diaboolliglooiing.** Glooiing van betonblokken systeem I. Streefkerk 52 53 54
- Dobbe.** Komvormige uitholling in den grond, al of niet omringd door een kade, voor het verzamelen en bewaren van zoet water 88 91, 92
- Dood tij.** Tijbeweging omstreeks eerste en laatste kwartier, die geringer is dan die omstreeks nieuwe en volle maan 10, 169
- Doorbraak.** Gat in een dijk, dam of kade, ontstaan door watergeweld of evenwichtsverstoringen in den grond 5, 7, 22, 23, 24, 30, 31, 74, 76, 77, 80, 84, 85, 104—106, 118, 125, 126, 151—153, 155—162, 165—171, 176, 190, 193, 201, 208, 212, 216—220, 225, 233, 240
- Doorpersen.** Weeke grond zoo zwaar belasten met andere grond dat ze zijwaarts uitwijkt en de ophoogingsgrond wegzakt tot dat die op steviger grondlagen blijft rusten 20
- Draagbaar spoor.** Smalspoor van lichte rails, vast verbonden met ijzeren dwarsliggertjes, in stukken van enkele meters lengte, die men in hun geheel kan vertillen 107, 126, 158
- Drainage.** 23, 25, 78, 82, 85, 193, 201
- Drentsche steen.** Zwerfstenen, meest van graniet, met afgeslepen hoeken en kanten zooals men die in den grond, o.a. in Drente vindt 37, 40, 46
- Droogmakerij.** Uitgeveende plaszen of meer, na omkading drooggemalen en verkaveld 225
- Droog strand.** Gedeelte van het strand tusschen den duinvoet en de H.W. lijn gelegen 6
- Droomer.** 5, 172, 173
- Drijfijls.** 181, 219
- Duiker.** Ondergrondse waterdoorlaat van beperkte afmetingen 105
- Dijkbreuk** zie doorbraak 154
- 158 172, 176, 177, 181, 184, 186, 189, 201, 203, 213, 216, 220, 221, 225, 226
- Dijkgat.** Verlaagde plaats in een dijk voor doorgang van voertuigen 85—87, 172
- Dijkleger.** De gezamenlijke arbeiders, die langs een dijk worden gelegerd, als er gevaar voor doorbraak ontstaat 206
- Dijkoorlog.** Strijd tusschen de besturen van de aan weerszijden van een rivier gelegen dijken, om de grootste hoogte aan hun dijk te geven, op dat bij zeer hoog water de dijk aan de overzijde het eerst zal overloopen 186
- Dijkput.** Gat of put, ontstaan door dat daar grond is gehaald voor aanleg, versterking of herstel van een dijk 26, 80, 104, 105, 129
- Dijkmagazijn.** Gebouw op of bij een dijk voor het opslaan van gereedschappen en materialen, noodig in geval van gevaar van doorbraak 151, 206, 237
- Dijkspecie.** Grond waaruit een dijk bestaat of die voor een dijk zal dienen 1, 2, 4, 7, 25, 74, 97, 195, 197
- Dijkval.** 5, 58, 60, 62, 64—66, 70, 72, 73, 172, 174
- Elevator.** Machine, die met breede emmerbakken aan een ketting zonder eind, grond omhoog kan brengen 116
- Elevatorbak.** Vaartuig voor grond vervoer, dat geschikt is om door een elevator te worden gelost 137, 159, 161
- Excavateur.** Graafmachine met emmerladder 107
- Frequentiekromme.** 11
- Gaan zitten.** Het opelkanderschuiven van drijfijls in een rivier tot een niet meer afdrijvende massa 181
- Gaarde.** Vrij rechte tak, die op 60 cm van het onderende 4 à 7 cm omtrek heeft, 2.70 m lang is en aan het boveneinde nog is voorzien van zijtakjes, z.g. blees. Van gaarden vlecht men tuinen 236
- Gemaal.** Machine voor het opmalen van water uit polders 87
- Gesorteerde stortsteen.** De mooiste stukken uit stortsteen, waarvan een effen, vrij dichte, sterke steen- glooiing kan worden gezet 50
- Gewapend beton.** 24, 50, 52, 133, 144, 163, 168, 191
- Gierstroomgetijde.** Getijbeweging tijdens volle- en nieuwe maan en enkele dagen daarna 8
- Glijvlakken.** Vlakken waarlangs deelen van een aarden beloop kunnen afschuiven, als in den grond het evenwicht van de inwendige spanningen wordt verstoord 67, 77, 80
- Golfploop.** 15—18, 21, 22, 25—28, 31, 41, 43, 44, 50, 52, 82, 141, 186, 187, 195, 224
- Golfstoot.** 23, 25, 27
- Gording.** Horizontale balk ter verbinding van palen of van de onderdeelen van verticaal of schuin staande wanden, van spanten, enz. 40, 44, 150
- Gors.** Schor, kwelder. Buitendijks aan zee gelegen begroeid terrein 6, 87, 88, 96, 103
- Grasmat.** Dichte grasbegroeiing op belooien bermen enz. 15, 29, 30, 32, 40, 55, 73, 74, 97, 102, 195
- Grasnerf.** Dicht net van graswortels 3, 28, 30, 33, 34, 41, 101, 141, 144, 148, 205, 221, 227, 228, 233
- Griend.** Met wilgenhout beteelde grond welk hout om de 2 jaar of ieder jaar wordt gesneden en dan mandemakerstwijg en teenen voor wiepbanden uitlevert of om de 4 jaar wordt gehakt en dan hoepelhout en rijshout, gaarden, haringband enz. oplevert 14, 177, 205, 227
- Grindkist.** Met grind gevulde sleuf dienende voor drainage 25
- Groefleger.** Vlak van een stuk natuursteen, waarop het in de rots heeft gerust of dat althans evenwijdig loopt met de oorspronkelijke horizontale laagvorming in het gesteente 45
- Groene dijk.** Geheel met gras begroeide dwarsdijk, die twee polders scheidt 5
- Grondicht.** Zoodanig gesloten zijn — van een damwand, paalregel, beschoeiing enz. — dat geen grond er doorheen kan wegslaan of uitvloeien 35
- Grondgat.** Diepe wiel 189
- Grondstuk.** Onderste zinkstuk van een dam of krib 124, 126, 127, 131
- Grondzee.** Fel opschietende zeer hoge golf, hooger dan overigens ter plaatse op dien tijd voorkomt 14
- Grijper(kraan).** Kraan met een aan staaldraden hangenden zwaren laadbak, die geschikt is om grond, kolen enz. op te grijpen en door het openen van den laadbak te storten 29, 101, 106, 134, 140

Haalgolf. Golf die langs den oever loopt als op eenigen afstand ongeveer evenwijdig aan dien oever een vaartuig snel voorbij vaart. Ook teruglopende golf . 27, 227

Halfsteens. Een halfsteens muur heeft de dikte van de breedte van een metselsteen. Bij halfsteens verband vallen de dwars- of stootvoegen van een laag, nevens het midden van de vorige en volgende laag 41, 52, 54

Halftij. Ter halver hoogte tusschen hoogwater en laagwater 19, 63, 121

Handhei. Licht heiblokje met 2 of 4 handvatten tegen de zijkanalen, waarmee het bij het heien door 1 of 2 man wordt opgeheven en dan snel benedenwaarts wordt bewogen . 36, 120

Hangkade. Dwarskade van de voorversching tot de verschakade, dienende voor het in vakken verdeelen van het terrein, waaraan de voor een nieuwen dijk benodigde grond, zal worden ontleend 105—107

Haringband. Wilgentak lang 2.20 m ontdaan van de zijtakjes. Van de mooiste worden hoepels gemaakt o.a. voor haringtonnen, de andere dienen voor het vlechten van tuinen . 206

Hart op hart. Gemeten van midden tot midden . 44

Heikar. Verrijdbare machine voor het ophijschen van een heiblok 99, 120, 122

Hevel. . 210

Hoofd over hoofd. . 97, 104, 107

Hoogaars. Een type visschersvaartuig dat wel wordt gebruikt voor aanvoer van grond, steen enz. bij dijkwerk . 158

Hooge dam. Dam die tot boven den hoogsten waterstand reikt 93

Hoogste bekende stand. 8, 10, 12, 22, 173, 178—181, 185, 187, 225

Hoogst mogelijke stand. 8, 9, 173, 180

Hoogwaterberm. Berm ter hoogte van, of boven gemiddeld hoogwater . 6

Hopper. Zelfladend zuigvaartuig 137

Horde. Stijve mat, lang 2.30 m breed 0.70 m, gevlochten van groen wilgenhout (§ 178 der A.V.) 151, 206, 207, 212, 214, 237

Inbetonneren. In beton vastzetten. Door beton doen omgeven . 38

Inkassen. Met een wijde sponning of kas in elkaar doen grijpen b.v. klei, steenglooiing, rijswerk, enz. in den grond, metselwerk in

beton enz. . 38, 100, 124, 144

Inklinken. Dichter ineenpakken door eigen gewicht, regen enz. en daardoor minder hoog of dik worden 7, 18, 20—22, 36, 38, 55, 131, 133, 141, 225, 229, 230

Inlaagdijk. 5, 58, 67, 69, 73, 173, 174

Inpolderen. . 5, 26, 107, 129

Inscharing. Afbrokkelen van een oever door stroomschuring . 70

Insteek. Grenslijn op het terrein langs een ophooging of een ingraving . 97, 230

Inwasschen. Zand, grond of mortel met veel water in een laag van ander materiaal of in voegen doen dringen b.v. in rijswerk, puinfundering, bestrating enz. 54, 55, 124, 126, 128, 158, 217

Kanaliseeren. Een rivier of beek ombouwen tot, of vervangen door een kanaal . 176

Kantzode. Zie bandzode . 103

Keeg. Gemeene weide, buitendijks of in een nieuwen polder aan zee gelegen . 87

Keileem. Leem, afgezet in een ijs-tijd, waarin hier en daar zwerfsteenen voorkomen 1, 3, 29, 35, 84, 110—115, 133—135, 137—141, 163, 172

Keileemkraan. Drijvende kraan, geschikt om er keileem mee te verwerken . 137

Keperen. Onvlak worden, door het scheef zakken der steenen van een steenglooiing of een bestrating 38

Kesp. Draagbalk over een rij palen eener paalfundering . 44, 120

Keur. Reglement 26, 193, 204, 217

Kielspit. Spit grond meestal met een driehoekige doorsnede, met een met gras begroeide zijde 100, 214, 228, 235, 236

Kip. Ingraving van geringe diepte met een effen ondervlak en steile zijkanalen b.v. voor het aanleggen van een wegverharding of een steenglooiing . 36, 54, 55

Kipkar. Kar, waarvan de gevulde laadbak omvalt en lost of kipt, als een klink, pal of lummel wordt losgeslagen 99, 112, 115, 117, 126, 129

Klapzand. Fijn, vuil, grijs zand 210

Kleikist. Dikke wand van klei, aangebracht ter onderbreking van een watervoerende laag grind, zand of veen 4, 24, 96, 125, 128, 157, 159, 190, 191, 217, 227—231, 233

Klepschouw. Vaartuig van geringe afmetingen, waarvan het lossen geschiedt door het openen van kleppen . 131

Klif. Keileemheuvel aan de kust 3

Klink. Zakking doordat het eigengewicht en vocht een dichtere pak-

king van den grond doet ontstaan 21, 36, 98, 101, 102

Klinkerglooiing. . 55—57, 115

Klinkerkeien. Van weekte klei gevormde en hard gebakken steenen van ongeveer 19.5 × 9.5 × 8.5 cm 56

Kloeteling. Kubusvormige, aan een zijde met dicht gras begroeide spit klei, gestoken van een rijp schor . 3, 125

Knip. Een zeer taai soort klei 1

Kopeffect. Uitkolking van den bodem, vóór en nevens den kop van een in stroomend water vooruit gebrachte dam of wand 138, 140

Korengrond. Zanderige kruiemellige klei in Zeeuwsche polders . 1

Korrelspanning. . 63

Korrelwrijving. . 63

Kraagstuk. Lang smal zinkstuk voor verdediging van een beloop onder water, welk stuk met één zijde op of tegen den wal ligt 40, 56, 57, 111, 123, 139

Krammat. Dun laagje stroo of (en) riet, dat met beugels van stroo aan den grond is vastgehecht. (Art. 40 der A.V.) 30, 34—36, 39, 50—52, 73, 103, 104, 108, 150, 205

Kreek. Stroomgeul in een gors of (en) slik 87, 98, 104, 108, 123, 156, 171

Kreukelberm. Beneden H. W. gelegen, met steen bestorte berm langs den teen van een dijk . 6, 56, 73

Krib. Dwarsdam in het zomerbed van een rivier . 49, 69, 176, 182

Kribpaal. Paaltje lang 1.10 à 1.20 m met ongeveer 15 cm omtrek nabij het dikke einde . 55

Kruien. Losgaan en met den stroom afdrijven van de ijsbezetting op een rivier . 183

Kruimelaarde, -grond. Magere klei, die is uiteengevallen tot kruimels . 42, 54, 55, 103, 106, 149

Kruinlijn. . 159, 202, 229

Kuip. . 5, 174

Kwel. 4, 20, 22—26, 30, 32, 76, 85, 88, 96, 98, 113, 127, 128, 146, 187—191, 193—199, 203, 204, 206, 207, 210, 212, 220, 224, 226, 228, 231, 233

Kwelder. Buiten een zeedijk gelegen aangeslibd begroeid terrein, in het noorden van ons land 6, 87, 88, 92, 94

Kwelgat. . 148

Kwelkade. Kade, aangelegd om kwelwater op te keeren 5, 189, 190

Kwellengte, kwelweglengte. Afstand, die het water door den grond moet afleggen om aan den binnenkant van een waterkeering uit den grond te kunnen vloeien 22, 24, 84, 113, 190—193

Kwellijn. Lijn, die in een dwars-

- profiel van een waterkeering de weg aanduidt, welke het kwelwater volgt 192
Kwelweg. 22, 24, 96, 194, 201
- Laagwaterberm** 6
Laboratorium voor grondmechanica te Delft. 20, 198
Laboratorium, Waterbouwkundig, te Delft 15, 17
Levensduur. De tijd die een materiaal of constructie dienst kan doen, aler wegens slijtage of vergaan, vernieuwing noodig is 50
Losgaan. Het opbreken en gaan afdriften van het ijsdek op een rivier 183
- Maaiveld.** Het oppervlak van een terrein 98, 216, 218—220
Maalpeil. Peil van een boezem waarop het uitslaan van water op dien boezem moet worden gestaakt 224
Magere grond. Grond met een hoog zandgehalte 31, 145, 210, 222
- Nabestorting.** Bestorting op een zinkstuk, nadat dit aan den grond is gebracht 57, 69, 110, 150
Nat dwarsprofiel. Gedeelte van het dwarsprofiel van een rivier, kanaal enz., beneden en begrensd door den waterstand 184
Nat strand. Gedeelte van het strand, dat op L. W. droog valt en bij H. W. ondervloet 6, 131
Natuurlijk talud. Helling die een stof, tengevolge van inwendige wrijving aanneemt, bij ophooging of ingraving 1, 29, 33,, 65, 74, 197, 212
Nol. Resterend eindje van een overigens door de zee verzwoegen dijk 5, 69, 73
Noodbeslag. Rijsbeslag voor voorloopige verdediging van door golfslag beschadigde of bedreigde beloopt 139
Noodmateriaal. Langs dijken opgeslagen materialen om in geval van gevaar te kunnen worden aangewend tot keering daarvan 151, 206, 236
Noodstuik. Hoop rijshout voor noodmateriaal 206
Normalisatie (van rivieren) 177, 185, 186, 222
- Oeverafschuiving.** Het afstorten van het bovendeel van een oeverbeloop 58, 60, 62
Oeverval. Oeverafschuiving van groote afmetingen in een langs diep water gelegen beloop 5, 58, 60, 66
Omschiften. Zijwaarts verschui-
- ven van spoor, kruiplanken enz. 99
Ondergrond. 25, 32, 62, 65, 76, 108, 186, 189, 193, 195, 227, 228, 233
Onderloopsheid. Het lek zijn van een waterkeering langs den onderkant 145, 217, 240
Onderlosser. Vaartuig voor grond vervoer, dat kan worden gelost door kleppen in den bodem te openen 111, 125—128, 134, 137, 159, 161
Onderzeesche oever (beloop) 6, 56—58, 60, 150
Ongebroken beloop. Beloop, dat niet door banketten of bermen is onderbroken 15, 17
Opdijk. Dwaarsdijk; dijk die van de landzijde naar den zeedijk loopt en veelal de scheiding vormt tusschen twee polders 5
Open water. Vaarwater zonder ijsbezetting 186
Op het water leggen. Maatregelen nemen om de grondwaterstand in een terreinstrook of een kade om een polder, hoog te houden om zoo sterk zakken van die strook te voorkomen 131
Opkisten(ing) 220, 225, 235—241
Oppersen. Het omhoogkomen van slappe grond, die bij een ophooging door de opgebrachte zwaardere grond wordt weggedrukt 195, 213, 227
Opperwater. Water dat van het hooggebergte de rivier komt afstroomen 177, 180, 181, 185, 186, 205
Oprit, oprit. Gedeelte weg, dat naar de kruin van den dijk oploopt 85, 86, 712
Opspuiten. Terrein of een dijk ophoogen met een zuiger 106, 111, 113, 115—119, 121, 122, 127, 128, 134, 137, 157, 159—161, 163, 166, 167, 169, 176
Opstorten. Grond storten uit onder- of oplossers 110, 111, 125, 127—129, 134, 137, 170, 213
Opwaaiing. 8, 180, 225
Opwellen. 233
Opzinken. Het maken van een dam van zinkstukken 125—127, 131, 159, 217
Overdijken. Een rivierdijk hooger maken dan die aan de overzijde der rivier 186, 216
Overhalen. Over korten afstand verleggen (van een dijk) 73
Overhoogte. De meerdere hoogte, die men een ophooging geeft, dan is bepaald, met het oog op inklinking. Hoogte boven den hoogsten waterstand 7, 21, 23, 39, 100, 101, 185—187, 195, 202, 224, 229, 230
Overlaat. Gedeelte van een waterkeering dat opzettelijk lager is gemaakt dan de doorgaande hoogte 5, 177, 186, 220, 221—223, 226
Overlappen. 124
Overslaande golven. Golven die over de kruin van den dijk loopen 80, 146, 152, 155, 226
- Paalkist.** Twee evenwijdige gesloten rijen palen, waartegen aan de landzijde gordingen met bouten zijn bevestigd. De ruimte tusschen de paalrijen is gevuld met puin en steen 18, 150
Paalregel. 20, 150
Paalrij. 37, 39, 43, 44, 147
Paalscherm. 17, 18, 147
Paalworm. 57, 135, 147
Pakking. De meer of minder dichte rangschikking van grondkorrels 18, 21, 76, 100, 208, 230
Paklaag, rijspakwerk of pakwerk, (zie Art. 41 der A.V.) 23, 125, 127, 128, 131, 158, 212
Perkoenrij. 38, 39, 43, 111, 196, 233
Persgade. Kade langs den rand van een ophooging gelegd om het wegvloeien van opgespoten grond en spuitwater te beletten 106
Persleiding. Buisleiding voor vervoer van grond, die men opspuit 109, 117, 119, 121, 130, 158
Perszuiger. Machine die grond met veel water opzuigt en door een persleiding naar de stortplaats stuwt, z.g. perst 137
Plakzode. Dunne graszode 102
Plasberm. Met steen bestorte berm langs den teen van een dijk ter hoogte van L.W. 6, 218
Plempen. 194, 217
Poldergemeal. 224
Polderpeil. 87, 229
Potdeksele. De horizontale beplanking van een schot of schutting zoo bevestigen, dat de bovenkant van elke plank door de hogere plank enkele centimeters wordt overlapt 241
Potentiaallijn. 197, 198
Potentiaalverschil. 198
Pudlo. Zekere toeslagstof voor metselspecie en beton om deze waterdicht te maken 50
Puinbed. Laag puin onder steenglooiingen, wegverhardingen enz. 7, 35, 36, 42, 45, 46, 76
Puinkist. Met puin en steen gevulde ruimte tusschen de evenwijdige paalrijen van een paalkist 25, 97
Puinsleuf. Met puin gevulde sleuf in den grond 25, 82
Puzzolaanaarde. Romeinsch natuurcement 50
- Raai.** Rechte richting waarin wordt gemeten of gepeild 150

Rauw. Niet of slecht met gras begroeid en oneffen . 34, 122, 149
Regime. Algemeene gesteldheid van zeeën, stroomen en rivieren, wat betreft de afmetingen, diepten, afvoer, stroomingen, golfbeweging enz. 16, 19

Rietbeslag. Rietlaagje voor afdekking van den grond, dat aan den grond is bevestigd met stroobeu-gels of met ijzerdraden aan paal-tjes 124, 127, 148, 159, 207, 210, 216, 220, 223

Ringdijk, -dam, -kade. Water-keerende dijk enz. rondom een meer, plas of droogmakerij 5, 22, 104, 218, 220, 224—228, 231, 232
Ringvaart. Vaart aan de buiten-zijde van den ringdijk om een droogmakerij 231

Riviercorrespondentie. Waarne-mings- en berichtendienst langs de rivieren tijdens hoogopper-water en ijsbezetting . 206, 219

Rolsteen. In stroomend water rondgesleten steen 192

Roosterwerk (van een zinkstuk) Net van kruislings overelkaar ge-legde wiepen met vierkante mazen van ± 90 cm 135

Ruigte. Kort riet, biezten, hoog gras waterplanten enz. op een moeras-sige strook grond 228

Rupswiel. Een van de wielstellen van een voertuig dat aan elken kant twee of meerdere wielen heeft, waaromheen een uit vele geleidin-gen bestaande band is gespannen, welke band bij het draaien der wielen over den grond kruipt en zoo het voertuig doet voortbe-wegen 101

Rijsbeslag. Een, den grond bedek-kende laag rijshout, die aan den grond is bevestigd of in enkele gevallen, met ijzerdraden aan paal-tjes 29, 34, 73, 74, 101, 104, 108, 124, 127, 142, 148, 150, 155, 158, 162, 205, 207, 213, 216, 220, 222, 223, 233, 234

Rijspakwerk. Zie paklaag 125—127 131, 134, 155, 158, 207, 217

Rijte. Kanaal langs de polderzijde van een dijk (in de provincie Gro-ningen) 6

Rijzenbed. Rijsconstructie be-staande uit een onder- en een boven-roosterwerk van wiepen, met een rijsvulling daartusschen, die-nende om op een zate met weinig draagkracht, de druk van een op-hooging, regelmatig te verdeelen of te spreiden 22, 228

Schaar- of schoordijk. Rivierdijk zoo dicht langs het zomerbed ge-legen, dat het water vlak langs den

dijk stroomt en het onderwater-beloop zal kunnen inscharen 5, 194, 196, 212, 215, 217, 218

Schor. Buitendijks gelegen aan-geslibd, begroeid land (in Zee-land) 3, 6, 87, 103, 131

Schorgrond. 131, 159, 162

Schorkloeten. Zie kloeteling 3, 57, 58, 69, 93, 106, 124, 125, 127

Schotbalk. Balk, die horizontaal wordt neergelaten in sponningen in de muren van sluizen, duikers enz. Meerdere balken opelkaar vor-men een waterkeering 151, 172, 204, 221

Sjorring. Touw voor het verbinden van het boven- aan het onderroos-terwerk van zinkstukken en rijzen bedden 135, 138

Slaperdijk. 4, 5, 73, 148, 172, 173

Sleepschop. Zware, aan een zijde open bak, die over den bodem wordt gesleept en zich zoo vol met grond laadt, die dan in den bak wordt weggesleept of in kip-wagens wordt gestort 29

Sleg. Zware houten hamer . 212

Slenk. Geul in bij laag water droog vallende gronden 91, 92

Slikken. Opgeslibd, beneden H. W. gelegen, on- of weinig begroeid week terrein 76, 96, 162

Sluitgat. 23, 104, 110, 123, 133, 136—139, 166—170

Sluitkade. 104, 125, 127, 159, 164

Sluitvak. 134

Snijkop. Wiel met messen, dat voor den mond van de zuigbuis van een hopper of zuiger wordt rondgedraaid en stijve grond, b.v. taaië klei zoo fijn kan snijden dat deze zich laat zuigen 116

Spartina. Towsendi. Op slikken groeiende grassoort 93

Spiebout. Bout, die kan worden vastgezet, door een spie te slaan in het gat, dat zich nabij het einde in den steel bevindt 44

Spier. Zeeuwsche benaming voor weeke, vette klei 1, 2, 23

Spoorschiffen. Zijwaarts verleg-gen van spoor 99, 126, 129

Spreidse. Dunne laag stroo, riet of rijshout van losgesneden bos-sen 103

Springtij. Tij omstreeks nieuwe of volle maan 8, 10, 130, 167, 169, 180, 181

Spuien. Krachtig laten wegstroo-men van water uit boezems of spuikommen 108, 140

Spuikom. Omkade plas waarin op H.W. water wordt ingelaten om het op L.W. in korten tijd te spuien voor diephouding van een geul of haventje 108

Spuiten. Persen. Grond met veel

water door een buisleiding ver-plaatsen 84, 94, 110, 113, 116, 117, 119, 120, 122, 128—130, 137, 157, 160, 161, 163, 165, 166, 168, 169, 172, 241

Spuitskade. Zie perskade 113, 118, 121, 122

Spuutwater. Water, dat met grond door een persbuis stroomt en dat men na bezinking laat wegvloei-en 85, 106, 118

Spijkergrlooiing. 52

Staal. Op staal fundeeren is: rechtstreeks op den grond bou-wen 6, 22, 108, 206

Staketsel. Met gordingen versterkte open paalregel op het bui-tenbeloop van zeedijken 15, 44, 147, 150

Steenarde. Grond waarvan stee-nen kunnen worden gebakken 193

Steenbestorting. 38, 40, 57, 66, 218

Steenbezetting. 38—42, 44, 139, 150, 197, 221, 222

Steenhamer. 151

Steenlag. 78, 153, 193, 207, 211, 215

Steenstrook. Strook steenbezet-ting langs den bovenrand van een steenglooiing, op een naar boven dunner wordende laag puin, ge-mengd met grond 42

Steeentang. Tang, die aan een bok opgehangen, dient om zware stee-nen te verplaatsen of te zetten 37, 46, 151

Steenzetter. Werkman, die steen-glooiing kan zetten 36, 37

Stootijzer. IJzeren staaf met stal-len kop en punt, gereedschap van den steenzetter 36, 37, 151

Stopstuk. Stuk steen, dat in een opening van een steenbezetting is klem geslagen 35, 36, 43, 46

Stort. Plaats waar bij een grond-werk, de aangevoerde grond wordt gestort en uitgeslecht 84, 98, 99, 106, 107, 126

Stortebed. Bekleding van den bodem en veelal ook van de belooopen buiten en binnen sluishoofden, duikers, overlaten enz. om daar uit-spoeling te voorkomen . 210, 221
Stortgoot. Hellende ijzeren goot voor transport van weeke grond of beton van den bagger- of beton-mengmachine naar de stortplaats of het werk 116

Stortpuin. Puin, die enkel gestort wordt, dus niet dient voor vlij-lagen 149

Stortsteen. Steen, die gestort wordt en minder geschikt is voor steenglooiing 46, 49, 50, 62, 120, 121, 125

Strandhoofd. Lage dam op het strand ongeveer rechthoekig op de

oeverlijn 58
Strekdam. Lange krib in de richting van de zomer-normaallijnen eener rivier. Ook lange dam voor roomgeleiding in zee . . . 176
Stroomdraad. Denkbeeldige lijn in een rivier of stroom, waarlangs het water de grootste snelheid heeft 173
Stroomlijn. Lijn, die op een dwars profiel van een waterkeering, de weg aangeeft, die het kwelwater volgt 197, 198
Stuiknaad. Dwarsnaad waar balken, planken, platen enz. met de einden tegen elkaar sluiten . . 241
Stuk op stuk. Zinkstuk op zinkstuk, zonder grond- of zandlagen daartusschen 125, 128

Ter naasten lage en ter minste schade. 196
Terp. 19, 88, 91, 92
Tonrondte. Gebogen vorm van een talud 29, 98, 195
Tracé. Algemeene richting van een dijk, weg, kanaal, spoorweg, enz. 202
Trappenglooiing. 55
Tuin. Rij in den grond of in rijswerk geslagen paaltjes, waarom takken (haringband, gaarden of tuinlatten) zijn gevlochten 125, 207, 223, 236, 237
Tusschen water en wind. Ongeveer ter hoogte van den waterspiegel, nu eens onder, dan weer boven water 233
Tijverskil. Hoogteverschil tusschen hoogwater en laagwater 42, 88, 96, 103, 107, 117, 129, 131, 151, 157, 159, 162, 163

Uit de hand ontgraven. Ontgraven met de schop 106
Uiterwaard. 5, 6, 176, 177, 182, 185, 193, 194, 226
Uitschotlaag. Laag rijbossen, die verder in het water reikt dan de daarvoor gelegde laag, bij het uitvoeren van bleeslaag of van baardwerk 217
Uitzetten. Het met piketten palen, baken enz. op het terrein aanduiden van meetlijnen, peilraaien, plaats en afmetingen van een uit te voeren werk enz. 28, 97, 101, 103

Val. Dijk- of oeverval 5, 58—67, 69, 70, 72, 73, 174
Vast punt. Versterkt punt. Kort, sterk met zinkstukken en steenbestorting verdedigd vak van een overigens in hoofdzaak onverdedigden oever 69, 70, 150, 174
Veek of vaak. Vloedmerk. Riet, stroo, kleine voorwerpen enz. door

de zee aangespoeld 15, 33, 85, 148, 149

Verdeelpunt. Splitsingspunt waar een rivier zich verdeelt in twee takken 176
Verheelen. 144

Verschkade. Tijdelijke kade gelegd om buitendijks gelegen terrein, waaruit grond voor een nieuwen dijk wordt gestoken 104—108
Versterkt punt. Zie vast punt 150
Verval. Verschil in hoogte van twee aangrenzende waterspiegels, of het verschil in de hoogte van den waterspiegel van een rivier of ander stroomend water tusschen twee daaraan gelegen plaatsen 120, 131, 134, 140, 156, 160, 185, 215, 220, 223

Verzanden. Door aanspoelend zand verondiepen van een haven, vaargeul enz. 176, 217

Vingerling. Omringdijk of -kade om een fundeeringput of een doorbraak 73, 108, 158, 162

Vlamoven. Oven voor het bakken van straatklinkers met 2 rijen kamers waarin wordt gestookt met rondgaand vuur 54

Vlechtuin. Zie tuin 159

Vleetschuit. Klein open vaartuig voor vervoer van grond, steen enz. 125, 126, 158

Vloeimolen. Baggermachine, die de opgebaggerde grond met een hellende goot naar de stortplaats voert 116

Vloerklinders. De minst harde sorteering vlamovenstraatklinkers 56

Volwasschen, zie inwasschen 23, 51, 54

Volzee. Gemiddelde vloedhoogte 30

Voorland. Terrein aan de zeezijde van een waterkeerende dijk 6, 16, 18, 25, 26, 38, 42, 58, 59, 69, 76, 85, 94, 104, 120, 122, 142, 146, 156, 194

Vooroever, zie voorland 6, 62, 65, 71, 150

Voorversching. Kade, opgeworpen ter plaatse van een nieuw aan te leggen dijk, die, met de verschkade en hangkaden, het terrein waaruit de grond voor den nieuwen dijk zal worden gestoken moet beschermen 32, 76, 94, 105—108, 126—128

Waaersluis. Sluis met waaerdeuren. Een waaierdeur is een samenstel van twee deuren met een gemeenschappelijke achterhar; de eene deur van deze twee is een gewone puntdeur, de andere, die met de eerste een hoek van on-

geveer 70 graden maakt en ongeveer $\frac{1}{6}$ langer is, beweegt in een kwart cirkelvormige deurkas. Door in die kas het hooge water toe of af te laten, wordt de waaier weggedrukt en de puntdeur tegen den waterdruk in gesloten of geopend 177

Waakhoogte. Hoogte van een dijks kruin boven den stand van het te keeren water 187

Waalvorm. Vorm en afmetingen van de meeste, langs de groote rivieren gebakken steenen (pl.m. $19.5 \times 8.5 \times 4.8$ cm tot pl.m. $22 \times 10.5 \times 5.5$ cm al naar de krimpmaat van de grond en de hardheid van de steenen) 56

Waker, wakkere dijk. Zeekeerende dijk 4, 5, 73, 172, 173

Waterbeloop. Benedengedeelte van het buitenbeloop van een dijk, dat bij vloed onder water komt 28, 42, 113

Waterbouwkundig laboratorium 15, 17

Watergang. Kanaal voor afvoer van polderwater 80

Waterlijn. Lijn waarlangs de waterspiegel tegen de oever grenst 188, 208, 212

Watervoerend. Gemakkelijk- en veel water doorlatend (van grondlagen) 80, 192—194

Welton. Ton met één bodem met daarop een open pijp, geschikt voor het bedwingen van een wel 208

Wiel. Bij doorbreken van een dijk ontstane diepe kuil 80, 146, 161, 188, 193, 194, 213, 216—219, 221
Wiep. Stijve kabel van rijshout. Het rijshout wordt verspringend gelegd, z.g. gesponnen en wordt stijf samengebonden met wilgenteenen (knijpbanden en wiepbanden) 119, 135, 151, 160, 206, 207, 211, 235—237

Wier. 15, 57, 147, 150

Wierriem. Muur of wal van zee-gras 76—78, 147

Winterbed. Rivier met wederzijdse oeverlanden voorzooveel die bij de hoogste standen worden overstroomd . 34, 176—178, 185
Winternormaallijnen. Lijnen, die op rivierkaarten een winterbed van voldoende geachte regelmatige breedte aangeven 222

Witte sterretjes. Grijze vlekjes op basalt, die doen vermoeden, dat de steenen zijn behept met zonnebrand 47

Ijsbezetting. Vast ijsdek op een rivier 178, 182—186, 206, 216, 219
Ijsbreken. Het met springmidde-

len of vaartuigen opbreken van een ijsdek 186

Ijsbreker. 186

Ijsdam. Zoo dicht opeengescho-
ven drijfijis in een riviervak, dat ver-
dere ijsafvoer geheel onmogelijk
is geworden en de waterafvoer bij-
na geheel is gestremd 184—187,
197, 215, 221

Ijsgang. Het afdrijven van groote
hoeveelheden ijs op een rivier 34,
122, 150, 181, 186, 194, 205—207,
214, 221

Ijsopruiming. Het van beneden
af opbreken van de ijsbezetting op
een rivier zoodat het ijs door den
stroom wordt meegevoerd naar
zee 186

Ijssveld. Ijsschol van groote uit-
gestrektheid 182, 194

Zakbaken. Bakken met voetplaat,
dat op de zate geplaatst, de zakking
tengevolge van een ophooging,
aanduidt 97

Zakkenverdediging. Verdediging
van een beloop tegen afslag met
zakken, die gevuld zijn met puin,
grind, steenslag, zand of grond 160

Zandbed. Dikke laag zand voor
verhooging van de stabiliteit of van
de draagkracht onder wegverhar-
dingen 7

Zandkist. Diepe ingraving in veen,
gevuld met zand of een wal van
zand in een ophooging van veen,
(ter beperking van kwel) 4, 228, 231,
233

Zandpad. Pad, begaanbaar ge-
houden met zand 202, 203

Zeebraak. Beschadiging doorgolf-
slag van het buitenbeloop van een
rivierdijk 195, 207

Zetting. Zakking en inklinking 22,
98, 144, 191

Zinken. Het aan den grond bren-
gen van zinkstukken en bleeslagen
67, 111, 124—126, 128, 131, 159, 213,
217

Zinksteen. Steen voor het aan
den grond brengen van zinkstuk-
ken of bleeslaag 135

Zinkstuk. Rijsconstructie, bestaan-
de uit twee roosterwerken van
wiepen, waartusschen 2 of 3 lagen
rijshout zijn bekneld. De rooster-
werken worden op de kruispunten
met sjooringtouwen aan elkaar ver-
bonden. Op het boven roosterwerk
worden tuinen gezet en daartus-
schen worden steenen geworpen
om het stuk te doen zinken 23, 56,
57, 67, 110, 113, 124, 125, 128, 129,
131, 133, 135, 137, 138, 161—163,
165, 166, 169, 172, 208, 211—213,
216—218, 228

Zode lichten. Lossnijden van zo-
den 97, 102, 105

Zodenlichter. Spade van bijzon-
deren vorm voor het horizontaal
lossnijden van zoden 102

Zodenplak. Houten bord met
schuin staanden steel voor het
vastslaan van zoden 103

Zodenploeg. Kromme steel met
mes en trektouw voor het maken
van sneden in de grasmat 102

Zodenwal. Wal van opgestapelde
zoden 228

Zode zetten. Losse zoden, in
rechte rijen in verband dicht tegen
elkaar leggen op een geëffende
grondslag 97, 101, 102

Zolderbak (-schuit). Vaartuig met
vast dek, waarop de lading wordt
geplaatst 109, 112, 137

Zomerbed. Het deel van een ri-
vierbed, dat ook in den zomer, als
de waterstand niet hoog is, water
afvoert 176, 185, 194

Zomerkade. Kade, die hoog ge-
noeg is om zomervloeden te kee-
ren, maar te laag is bij stormvloe-
den of hoog opperwater 5, 88, 216,
218, 220, 226

Zomerat. Krammat met dun
spreidseel 34, 103

Zomerpolder. Polder omringd
door een zomerkade 221

Zomerstorm. 5

Zomervloed. 88, 104, 107, 127

Zonnebrand. Gebrek dat basalt
uit sommige groeven, na korter of
langer tijd in korrels en gruis doet
uiteenvallen 47—49, 149

Zool. Onderkant van een terp, dijk
of kade, rustend op den onder-
grond of zate 6, 19, 21, 22, 75, 97

Zoutgat. Gat in een basaltzuil,
meestal gevuld met een korrelige
stof 47

Zuigen. Grond, zand, of grind van
den bodem van een water ophalen
met een zuiger 110, 115, 116, 122,
127, 169

Zuiger. Werktuig waarmede zand,
klei enz van den bodem met veel
water door een buis wordt opge-
zogen 109, 112, 116, 118—122, 129,
157, 161, 166—168, 171

Zuiger. Ook een losse of open
plek in een dijk, waar deze water
doorlaat 22

Zuil. Basaltsteen, die den vorm
heeft van een zuil veelal met een
5 of 6 hoekige doorsnede 40, 47—51

Zuilenbasalt. Basalt, die bij het
stollen in zuilen is gespleten 40,
50, 122

Zwaarspaath. 138

Zwerfsteen. Door gletschers
over grooten afstand meegevoerde
steenen 46

NAAMLIJST VAN PERSONEN EN PLAATSEN

- Aartswoud 147
 Admiraal Zoutmanpolder 231
 Afsluitdijk 12, 16, 17, 22, 26, 32, 109—113, 133, 135—141, 226
 Albertkanaal 201, 202
 Alblaserdam 12
 Alsteinpolder 159
 Ameide 194
 Ameland 13
 Amer 160, 196
 Amsteldijk 75, 156, 157
 Amsteldiep 110, 117, 133, 135
 Amsterdam 225, 228
 Anna Paulownapolder 74, 75, 153, 156, 157
 Arnhem 178
 Atlantische Oceaan 8.
 Baardwijksche overlaat 222
 Baarland 58, 80, 81
 Babberich 222
 Balgzand 117
 Bath 14
 Bathpolder 162
 Beekman Dr. A. A. 225
 Beersche Maas 176, 177, 222
 Beersche Overlaat 222, 223
 België 202
 Belmermeer 225
 Bergen op Zoom 14
 Bergsche veld 176
 Besoyen 13
 Bethune 233
 Betuwe 1
 Biesbosch 159, 160
 Biezelingsche ham 53
 Bilt De 9
 Blanken Jan 188 221
 Bligh W. C. 191
 Blinde geul 137
 Blijkmeer 225
 Bommelerwaard 188
 Borsele 14, 60, 63
 Boven Rijn 176, 178, 184, 188
 Braakman 129, 130
 Breezand 113, 135, 138
 Breskens 14
 Breukelen 230
 Brielle 13
 Broekermee 225
 Brouwershaven 10, 11, 13
 Bruinisse 13
 Buiksloot 152
 Buikslootermee 225
 Burckmeere 225
 Burgh 13
 Bijlandsch kanaal 177
 Calamiteuse Eendrachtspolder 68
 Caland A. 28
 Capelle 13
 Capelsche veer 13
 China 175
 Colijnsplaat 13
 Culemborg 178
 Dalem 223
 Damespolder 88, 89
 Deeneploot 13
 Delft 15, 17, 198
 Delfzijl 9, 10, 13, 41, 81
 Deventer 180
 Dieren 180
 Dodewaard 178
 Doesburg 180
 Doeveren 13
 Dollard 8, 12, 21, 92
 Donge 13
 Dongebrug 13
 Doornik 45
 Dordrecht 13
 Drechterland 147
 Drente 46
 Driedorpenpolder 177
 Driehuizen (Oyen) 219
 Drimmelen 13, 196
 Dronther dijk 221
 Duitsche Bocht 8
 Duitschland 28, 47
 Durgerdammer Die 225
 Edam 74, 237
 Eems 42
 Eerste Bathpolder 162
 Elbe 28
 Elft De 159—161
 Ellewoutsdijk 14
 Engelsch Kanaal 8
 Enkhuizen 16, 152
 Ewijcksluis 12
 Ezumazijl 13
 Ferwerd 91
 Friesland 3, 5, 12, 17, 55, 109, 152, 172, 226, 231
 Gaatje Het 113, 135, 137
 Gallé P. H. 9, 10, 12
 Geertruidenberg 13
 Gelderland 177
 Geldersche IJssel 5, 190
 Gemeenschapspolder 229
 Genderen 13
 Goedereede 13
 Goesche Sas 14
 Gorinchem 13, 178, 203, 223
 Gorishoek 14
 Gouda 13
 Goudriaan, Inspecteur-Generaal van den Waterstaat 186, 221
 's Gravendeel 13
 Grebbe 178
 Groningen 12, 19, 41, 46, 104
 Groote Isabellepolder 162
 Groote Zuid Hollandsche Waard 176
 Gijster en Heemplaat 160
 Haarlemmermeer 225, 228, 232
 Hagoort 13
 Hansweert 14, 18
 Hardinxveld 13
 Harlingen 9, 10, 12, 13, 40
 Hasselt (België) 201, 202
 Heerewaarden 177, 122
 Heesbeen (Heusden) 13
 Helder den 9, 10, 13, 57
 Heldersche zeewering 16
 Hellevoetsluis 10, 13
 Hemelrijksche waard 220
 's Hertogenbosch 194
 Hindeloopen 74
 Hindenburgdam 117—123
 Hoedekenskerke 14
 Hoek 130
 Hoek van Holland 12, 177
 Holland 12, 177
 Hollandergat 120—123
 Holwerd 56, 57, 92
 Hondsbossche 43
 Hoofdplaat 14
 Hoogebeintum 92
 Huissenspolder, Kleine 68
 Hulhuizen 178
 Ierseke 162
 IJpendam 233
 Isabellepolder 162
 Iterson Prof. Ir. F. K. Th van 197
 Jaarsveld 181
 Java 172
 Kadoelen 117, 118
 Kampen 180
 Kampereiland 113
 Katerveer 180
 Katwijk 10, 13
 Katwouder zeedijk 157, 153
 Keizersveer 13
 Kempen de 201
 Kinselmeer 154
 Kleine Huissenspolder 68
 Klundert 169
 Kornwerderzand 112
 Kortgene 14
 Kralingscheveer 13

Kreekrak 109
Kreekrakpolder 88
Krimpen aan de Lek 13

Landsdiep 121
Landsmeer 233
Land van Heusden 190
Lauwerzee 8
Leendert Abrahampolder 71, 72
Lek 176, 178, 182, 221
Lekdijk 186, 188, 193, 194, 209, 210
Lemmer 113, 226
Leenderse 52, 55
Lessines 45
Leuven 44
Lisse 232
Lobith 176, 178
Lorentz Prof. H. A. 12
Lijmersche overlaat 222

Maarsen 228
Maas 176, 216, 219, 222
Maasgebied 45
Maasmond 190
Maassluis 13
Mastenbroek 221
Mechelen 44
Medemblik 16, 113, 134, 147
Merwede 181, 222
Merwedekanaal 228, 229, 232
Middelgronden 135, 137—139
Millingsche dijk 188
Moerdijk 13
Molkwerum 82
Monnikendam 158
Monniksmeer 225
Multatuli 176
Muralt, Jhr. Ir. de 50, 51, 144, 145

Naardermeer 233
Nederland 7, 28, 38, 47, 176, 177
Neder Rijn 177, 178, 183
Nekkerstraatweg 239, 241
Neuzen 14
Nieuw Bildt 12, 13, 22
Nieuwediep 12, 13
Nieuwe Maas 181, 182
Nieuwe Maasmond 177, 222
Nieuwe Merwede 177, 222
Nieuwendam 142, 143
Nieuwendijk 13
Nieuwesluis 13
Nieuwe Statenzijlen 9, 10, 13, 21
Nieuwe zijlen 13
Nieuwkuik 218, 219
Nieuw Olzendepolder 162
Nolledijk 163, 164
Noord Beveland 59, 60
Noord Brabant 109
Noorderdijk op Texel 152
Noorder Lekdijk 186
Noordholland 16, 40, 41, 46, 47, 77, 78, 110, 133, 146, 147, 173, 225, 240, 241
Noordmeer 225
Noordoostpolder 17, 20, 21, 36, 109, 112—118

Noordzee 8, 9, 28, 58
Noorwegen 46
Numansdorp 13
Nijmegen 178

Oever den 12, 13, 140, 225
Oostbevelandpolder 60
Oostgeul 117, 118, 120, 121
Oosterhout 13
Oosterschelde 60
Oostzaan 233
Ottersluis 13
Oud Belerland 13
Ouddorp 13
Oud en Nieuw Noordbeveland 60
Oude Rijn 176, 177, 222
Oude Syltergeul 121, 122
Oude Zeug 113, 134

Pannerden 178
Pannerdensch kanaal 177, 183
Petten 13
Pettemer zeewering 16, 43, 58
Philippine 129
Pleij de 180
Pruissen 177
Purmer 225, 237
Purmerend 225, 237, 238, 240, 241
Puttershoek 13

Ramaer Ir. J. C. 94
Rammekens 167—170
Ramspol 117, 118
Reigersbergsche polder 162
Roozendaal 131
Roptazijl 9, 13
Rotterdam 11—13, 180, 181
Rotterdamsche Waterweg 10, 11
Rozenburg 13
Rijn de 47, 176

Scharendijke (Repart) 13
Schelde 163
Schellingwoude 109
Scheveningen 13
Schiermonnikoog 13
Schiokland 48, 113
Schoonhoven 13
Sint Andries 178
Slidrecht 13
Sloe 109, 131—133, 135
Spijkenisse 13
Stavenisse 14
Staring Dr. W. C. H. 176
Steenbergsche Sas 13
Steenenhoek 209
Streefkerk 13
Streefkerk I. 52—54
Suzannapolder 131, 159
Sylt 117, 121, 122

Tacozijsl 226
Termunten 42
Terneuzen 18
Terschelling 12, 13, 22, 55
Texel 12, 13
Tholen 14, 159

Tiel 178, 185
Tiengemeten 13
Tull en 't Waal 188
Tweede Bathpolder 162

Uitdam 152
Urk 3, 112, 113, 115, 116
Utrecht 233
Vecht 233
Veere 14, 165—167
Vilvoorde 44
Vlaardingen 13
Vlieland 9, 10, 12, 13
Vlieter de 135, 139, 141
Vlietepolder 13, 59—61
Vlissingen 10, 11, 14, 131, 163, 166
Vlijmensche- of Heidijk 218, 219
Völckerpolder 88, 90
Volendam 41
Volendammeermeertje 225
Vollenhove 3, 53
Voorst de 3
Vreeswijk 178, 189, 200, 210
Vijf Heerenlanden 193
Vijf sluizen 13

Waal de 176, 184, 188
Waarde 14
Waarddijk 143
Wadden 4, 8, 104
Walcheren 109, 131, 162
Walsoorden 14, 158
Watergraafsmeer 225
Waterlandsche zeedijk 81, 154, 155, 157, 158
Wemeldinge 14, 60
Wemelsfelder, Ir. P. J. 11
Werkendam 13
Westerschelde 53, 60, 80, 81, 162
Westervoort 180, 205
Westgeul 121, 122
Westkapelle 14, 44, 58, 164, 165
Wielingen de 14
Wieringen 17—19, 109, 110, 112, 133—135
Wieringermeer 147
Wieringermeerdijk 33, 113
Wieringermeerpolder 113
Wilhelminapolder 64—66
Wilhelmuspolder 158
Willemsdorp 13
Willemstad 13
Wilmkebrek 225
Woensdrecht 89, 90
Woltman R. 28, 94
Wuyckhuysenpolder Van 130
Wijde Wormer 225, 239
Wijhe 180
Wijk bij Duurstede 178, 194

IJ Het 109
IJmuiden 13, 18, 158
IJssel 177—179

Zaandam 237—239
Zaltbommel 178, 210

Zeeland 1, 3, 5, 6, 10, 12, 19, 26,
27, 32, 44, 58, 65, 74, 76, 104, 107,
144, 145, 152, 158, 172
Zeeuwsche stroomen 4, 8, 57, 58,
65
Zeeuwsch Vlaanderen 158, 159, 162
Zierikzee 13, 52
Zimmermanpolder 26

Zoutkamp 9, 10, 13
Zuid Beveland 26, 58, 64, 66, 109,
131, 162
Zuider Lekdijk 186
Zuiderzee 3, 9, 12, 16, 17, 22, 26,
32, 41, 50, 58, 65, 74, 76, 77—79,
110, 111, 136, 137, 141, 146, 147,
152, 221

Zuid Holland 12, 180
Zuid Kraaiert 14
Zuilichem 188
Zurig 12
Zutphen 180
Zwin Het 113, 137
Zwolsche diep 113