

Handboek Dijkenbouw

Uitvoering versterking en nieuwbouw



DJK
WERKERS

Clausule

De samenstellers van dit handboek hebben hun uiterste best gedaan eventuele rechthebbenden van foto's en ander materiaal te achterhalen om hun toestemming te verkrijgen voor het gebruik van dit materiaal voor zover daar rechten op mochten rusten. Mochten er desondanks rechten zijn geschonden dan verzoeken wij rechthebbenden contact op te nemen met de uitgever.

Dit handboek is mede mogelijk gemaakt en uitgegeven door het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)
Postbus 2232
3500 GE Utrecht

Colofon

Projectmanager
Ger Vergeer, InfrOm

Auteurs
Werner Halter, Fugro NL Land B.V.
Ilse Groenouwe, Arcadis Nederland
Michel Tonneijck, Royal HaskoningDHV

Eindredacteur
Kees d'Angremond, emeritus hoogleraar TU Delft

Design & opmaak
Joshua Tournich

Handboek Dijkenbouw

Uitvoering versterking en nieuwbouw

Voorwoord

Al eeuwenlang worden er in Nederland dijken gebouwd; we zijn een volk dat voortdurend werkt aan de bescherming tegen hoogwater. De watersnood van 1953 heeft in de tweede helft van de vorige eeuw een golf van dijkversterkingen teweeggebracht. Daarna is het enkele jaren rustig geweest met dijkversterkingen. De bijna overstromingen van 1993 en 1995 waren echter een waarschuwing. Grote waterveiligheidsprogramma's als Ruimte voor de Rivier en de Hoogwaterbeschermingsprogramma's deden hun intrede. Mede door de ingevoerde wettelijke toetsing, nieuwe normen voor waterveiligheid en de klimaatverandering worden er nu weer veel dijkversterkingen uitgevoerd. Rijkswaterstaat, de waterschappen en het bedrijfsleven staan de komende jaren aan de lat van de grootste dijkversterkingsoperatie ooit. Meer dan 1.100 kilometer dijken en bijna 500 sluizen en gemalen moeten tot 2028 worden aangepakt. Verspreid over zo'n 300 projecten in het hele land, langs de kust, langs de meren en langs de grote rivieren.

Veel kennis over het ontwerpen en het toetsen op veiligheid van dijken is vastgelegd in leidraden en technische rapporten. Maar de uitvoeringskennis zit met name in hoofden van mensen. En de 'uitvoerders' van deze dijkversterkingen gaan na afronding van hun project door naar andere werken. De specifieke uitvoeringservaring zou zomaar verloren kunnen gaan. Mede dankzij een belangrijke financiële bijdrage van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) heeft een commissie deze kennis en ervaring kunnen vastleggen in het 'Handboek Dijkenbouw - Uitvoering versterking en nieuwbouw' en is het beschikbaar voor alle 'dijkwerkers' in Nederland. Tot 1 januari 2018 heeft deze commissie gewerkt onder de vlag van SBRCURnet, daarna zijn de werkzaamheden voortgezet via het HWBP.

In dit 'Handboek Dijkenbouw' worden kennis van en ervaring met uitvoeringsprojecten vastgelegd. Deze zijn niet alleen bij de onlangs afgelopen dijkversterkingsronde opgedaan, maar gebaseerd op de eeuwenoude dijkenbouw. Naar verwachting zal dit boek bijdragen aan het verder verbeteren van dijkversterkingsprojecten.

Dijkenbouw is niet statisch en het handboek is dat gelukkig ook niet. Met regelmaat zal het handboek worden aangevuld en herzien. Bij deze roepen we dan ook alle 'dijkwerkers' op om ontbrekende kennis of ervaringen met ons te delen. We wensen iedereen veel waardevolle inzichten toe!

Er wordt op gewezen dat in het handboek veel (technische) 'waarden' voor diverse parameters worden vermeld. Deze 'waarden' hebben niet altijd dezelfde status als bij een voorschrift of norm. Bovendien kunnen deze 'waarden' per situatie verschillen. De 'waarden' zijn echter in het handboek opgenomen als referentie waarbij het doel is om het denken rond deze 'waarden' te bevorderen en ten minste orde van groottes aan te geven.

Het opstellen van het 'Handboek Dijkenbouw - Uitvoering versterking en nieuwbouw' is begeleid door een commissie bestaande uit een stuurgroep en een drietal werkgroepen. De commissie is samengesteld uit overheden (HWBP, waterschappen en Rijkswaterstaat) en bedrijfsleven (adviesbureaus en aannemerij) en het onderzoeksinstituut Deltares. De leden van de commissie zijn:

Stuurgroep

- Frans van den Berg (waterschap Rivierenland) (voorzitter)
- Patrizia Bernardini (HWBP)
- Kees d'Angremond (emeritus hoogleraar TU Delft) (eindredacteur)
- Ger Vergeer (InfrOm) (projectmanager)

Werkgroep 1 'Techniek'

Door werkgroep 1 zijn de hoofdstukken over de typen dijkversterkingen, het grondwerk en de constructieve dijkversterkingen opgesteld.

- Martien Berk (Antea Group) (voorzitter)
- Werner Halter (Fugro NL Land B.V.) (auteur)
- Jan van Dijk (Groep Midden Betuwe - GMB)
- Michelle van Duin (waterschap Limburg)
- Daan Jumelet (DEME Group)
- Jos Karsten (JLD Contracting)
- Peter Kraaijenbrink (Deltares)
- Yvo Provoost (Rijkswaterstaat PPO)
- Dirk van Schie (Project Overstijgende Verkenning 'Macro-stabiliteit'/ hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard)

Werkgroep 2 'Risico's'

Door werkgroep 2 zijn de hoofdstukken over risicobeheersing, overdrachtdossiers (deels), conditionering, veiligheid en contracten opgesteld.

- Martin van der Meer (Fugro NL Land B.V.) (voorzitter)
- Ilse Groenouwe (Arcadis Nederland) (auteur)
- Robbert Bruin (waterschap Valei en Veluwe)
- Corstiaan van Dam (Van Oord)
- Bas Effing (waterschap Rivierenland)
- Eric Huijskes (Huijskes Advies)
- Erik van Kuijk (Rijkswaterstaat GPO)
- Marja Menke (Project Overstijgende Verkenning 'Kabels & Leidingen'/Arcadis Nederland)
- Hans Niemeijer (Project Overstijgende Verkenning 'Piping'/Arcadis Nederland)
- Jan Willem Nieuwenhuis (waterschap Noorderzijlvest)

Werkgroep 3 'Historie'

Door werkgroep 3 is de inleiding en zijn de hoofdstukken over de historische ontwikkeling van de dijkenbouw en overdrachtdossiers (deels) opgesteld.

- Michel Tonneijck (Royal HaskoningDHV) (voorzitter/auteur)
- Laurens Bart (Royal HaskoningDHV)
- Kees d'Angremond (emeritus hoogleraar TU Delft)
- Jan van Oord (waterschap Vallei en Veluwe)
- Dirk van Schie (Project Overstijgende Verkenning 'Macro-stabiliteit'/ hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard)

Eindredacteur van het 'Handboek Dijkenbouw' is Kees d'Angremond.

Veel dank is verschuldigd aan de financiers van het 'Handboek Dijkenbouw - Uitvoering versterking en nieuwbouw' die het tot stand komen van het handboek mede mogelijk hebben gemaakt: Arcadis Nederland, Antea Group, DEME Group, Fugro NL Land B.V., Groep Midden Betuwe (GMB), Hoogwaterbeschermingsprogramma, JLD Contracting, Rijkswaterstaat GPO, Royal HaskoningDHV, SBRCURnet en Van Oord.

Daarnaast hebben velen een bijdrage in natura geleverd door delen van het handboek te schrijven of te reviewen. Ook naar hen gaat onze dank uit. In dit verband noemen wij:

- Alle commissieleden.
- Een groep aannemers die een review heeft uitgevoerd op de hoofdstukken van werkgroep 1 'Techniek'. Het betreft de aannemers: Heijmans, Van Oord, Groep Midden Betuwe - GMB, Ploegam, Den Breejen, Van den Herik, Liebregts, Ploegmakers en Mourik.
- De Task Force Deltatechnologie die een review heeft uitgevoerd.
- De Project Overstijgende Verkenningen 'Kabels & Leidingen', 'Piping' en 'Macrostabieleit' van het HWBP die het nodige commentaar en aanvullingen hebben geleverd.
- Gijsbert Kant (Kant Waterbouwkundig Advies) voor het delen van zijn kennis over contractbeheersing op basis van het project Maasvlakte 2. Zijn bijdrage is ingepast door Werkgroep 2.
- Een groot aantal niet vermelde deskundigen buiten de commissie voor hun inzet en adviezen waardoor het 'Handboek Dijkenbouw' tot stand kon komen.

Frans van den Berg
voorzitter commissie

Utrecht, september 2018

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

1 Inleiding 9

1.1 Handboek uitvoering: aanvulling op bestaande handboeken 9

1.2 De uitvoeringsfase 9

1.3 Leeswijzer 10

2 Historische ontwikkeling dijkenbouw 11

2.1 Inleiding 11

2.2 Periode voor de Zuiderzeewerken (ca. 1000-1850) 12

2.2.1 Zeedijken 12

2.2.2 Rivierdijken 19

2.2.3 Kruisingen van geulen 21

2.2.4 Boezemkaden 22

2.3 Ontwikkeling met de Zuiderzeewerken (ca. 1850-1953) 22

2.4 Wetenschappelijke aanpak en schaalvergroting (1953-heden) 25

2.4.1 Zeedijken 25

2.4.2 Rivierdijken 26

2.4.3 Veiligheid, milieu en communicatie 27

2.5 Kennis van de dijk: beheerders, systemen en techniek 28

2.6 Niet-waterkerende objecten, obstakels en kunstwerken 29

2.6.1 Niet-waterkerende objecten, obstakels en kunstwerken 29

2.6.2 Constructies in de dijk 32

3 Overzicht typen dijkversterking 33

3.1 Inleiding 33

3.2 Overzicht typen dijkversterking 33

3.3 Materieel 36

3.4 Specifieke aandachtspunten regionale waterkeringen 41

4 Risicobeheersing 43

4.1 Inleiding 43

4.2 Invalshoeken op risicomanagement 43

4.3 Risicomanagement 44

4.4 Personeel 46

4.5 Organisatorische aspecten 47

4.6 Wetgeving en politieke bereidheid 47

4.7 Contractuele aspecten 48

4.8 Technische aspecten 48

4.8.1 Inleiding 48

4.8.2 Ontwerp 48

4.8.3 Realisatie 49

4.8.4 Veel voorkomende uitvoeringsrisico's 49

4.8.5 Incident management 50

5 Overdrachtsdossiers 53

5.1 Inleiding 53

5.2 Van planvorming naar uitvoering 54

5.2.1 Einde van de planvormingsfase 54

5.2.2 Overdracht van planvormingsfase naar uitvoeringsfase 55

5.3 Van uitvoering naar operationele beheerfase 56

5.3.1 Oplevering als formele stap 56

5.3.2 Opleverdossiers 57

5.3.3 Technische informatie en ontwerpstukken 57

5.3.4 Kwaliteit van het opgeleverde werk 58

5.3.5 Advies voor beheer en onderhoud 58

5.3.6 Risicodossier en veiligheids- en gezondheidsdossier 59

5.3.7 Omgevingsregisters 60

6 Conditionering 61

6.1 Inleiding 61

6.2 Ruimtebeslag 65

6.2.1 Permanent ruimtebeslag: toekomstige dijk 65

6.2.2 Tijdelijk ruimtebeslag: werkstroken en transportroutes 65

6.2.3 Betreden van gronden 66

6.3 Grondverwerving 67

6.4 Niet-gesprongen explosieven 68

6.5 Archeologie, Erfgoed en Cultuurhistorie 69

6.6 Verontreiniging van bodem en grondwater 71

6.7 Kabels en Leidingen 73

6.8 Natuur 76

6.9 Aandachtspunten voor de uitvoeringsfase 77

6.10 Overdracht conditionering naar beheer 79

7 Veiligheid 81

7.1 Inleiding 81

7.2 Borgen waterveiligheid tijdens de bouw 81

7.2.1 Calamiteitenplan 82

7.2.2 Hoogwateractieplan 83

7.2.3 Werken in het gesloten seizoen 84

7.2.4 Monitoring 86

7.3	Veilig werken	86
7.3.1	Inleiding	86
7.3.2	Ontwerpfase	88
7.3.3	Uitvoeringsfase	89

8 Grondwerk 93

8.1	Inleiding	93
8.2	Uitvoeringsfasering	93
8.2.1	Inleiding	93
8.2.2	Fase 1. Inrichting van de zate (ondergrond dijk)	93
8.2.3	Fase 2. Aanbrengen van grond	97
8.2.4	Fase 3. Afwerking van het dijklichaam	99
8.3	Grondwerk in den droge	104
8.3.1	Verdichting van grond	104
8.3.2	Uitvoeringsstabiliteit	105
8.3.3	Specifieke aandachtspunten bij het werken met klei	106
8.3.4	Specifieke aandachtspunten bij andere dijkmaterialen	111
8.4	Grondwerk in den natte	114
8.5	Dijkbekleding	118
8.6	Omgevingsbeïnvloeding	123
8.7	Monitoring en opleveringscontrole	124
8.7.1	Algemeen	124
8.7.2	Monitoring dijklichaam	125
8.7.3	Monitoring omgeving	130
8.7.4	Opleveringscontroles	134

9 Constructieve dijkversterking 139

9.1	Inleiding	139
9.2	Generieke aandachtspunten	139
9.3	Factsheets per constructie-type	142
	Factsheet Damwand	143
	Factsheet Kwelscherm	145
	Factsheet Palenwand	147
	Factsheet Diepwand	149
	Factsheet Kistdam	151
	Factsheet Vernageling	152
	Factsheet Dijkdeuvels	154
	Factsheet Ontlastbron	156
	Factsheet Geokunststoffen	158
	Factsheet Verticaal Zanddicht Geotextiel	160
	Factsheet Soilmixwand	161
	Factsheet Grondstabilisatie	162
	Factsheet Granulaire kolommen	164
9.4	Verzameltabel	166

10	Contracten	167
10.1	Gekozen contractvorm	167
10.2	Contractvormen	167
10.3	Gunnen	170
10.4	Contractbeheersing	170

Literatuurlijst 175

Begrippenlijst 179

Bijlage 1 Historische literatuur 195

Bijlage 2 Handvat voor overdrachtdossier 199

Bijlage 3 BouwwerkInformatieModellering 205

1.1 Handboek uitvoering: aanvulling op bestaande handboeken

Er bestaan talloze leidraden, handreikingen en handboeken die gaan over de planvorming en het ontwerpen van dijkversterkingen. De meeste benoemen zijdelings aspecten die te maken hebben met de realisatie van de versterking, maar gaan er niet dieper op in. Dit handboek concentreert zich juist op die realisatie. Wat komt er allemaal bij de realisatie kijken als er eenmaal besloten is een waterkering te versterken.

Dit handboek heeft niet de status van leidraad, het is eerder een informatief naslagwerk voor betrokkenen in een dijkversterkingsproces.

1.2 De uitvoeringsfase

De uitvoeringsfase valt niet helemaal precies te definiëren. In de praktijk is er immers geen scherpe overgang van planvorming naar uitvoering en van uitvoering weer terug naar het operationeel beheer. Voor de uitvoering is het van groot belang welke informatie aan de voorkant wordt aangeleverd en wat er aan het eind aan informatie opgeleverd dient te worden. In dit boek behandelen wij dan ook die overgangen en overdracht rondom de uitvoeringsfase (Hoofdstuk 5).



Figuur 1-1 Plaats van uitvoeringsfase na planvorming en voor oplevering [bron: Royal HaskoningDHV].

We gaan er in dit handboek van uit dat er een besluit tot uitvoering van een dijkversterking op basis van een Projectplan Waterwet ligt, de aannemer geselecteerd is en dat de plannen een uitwerkingsniveau hebben van een definitief ontwerp (DO). Zie voor een schematische voorstelling Figuur 1-1. Dit handboek richt zich in hoofdzaak op alles wat er na het DO gebeurt. Dit handboek staat slechts kort stil bij allerlei contractvormen met verweving van planvorming en realisatie.

Het woord 'definitief' voor het ontwerp betekent niet dat er zonder meer gebouwd kan gaan worden. Er is weliswaar bekend wat er gebouwd moet worden, maar nog niet hoe en hoe dit veilig gebouwd kan worden. De vraag is daarbij nog of de dijkbeheerder/opdrachtgever de aannemer niet nog enkele onderdelen wil laten optimaliseren, of hem juist ruimte wil geven voor wijzigingen om het slimmer of goedkoper te kunnen maken. Details of aansluitingen moeten soms nog nader worden uitgewerkt en ook tijdelijke situaties tijdens de bouw moeten veilig (zonder overstromingsgevaar, maar ook zonder gevaar voor mensen tijdens de bouw) en zonder schade voor de omgeving kunnen worden gerealiseerd. Er is op zijn minst nog een uitvoeringsontwerp (UO) nodig.

Een dijkversterkingsproject verandert sterk na de planvormingsfase. Het wordt concreet. Dat geldt zowel voor de uitvoeringsorganisatie als voor de omgeving. Er komen andere mensen in het spel, ook een ander type mensen en andere disciplines. Bovendien begint ook de omgeving fysiek te veranderen door de start en uitvoering van werkzaamheden met verstoring en overlast.

1.3 Leeswijzer

De uitvoering en de voorbereiding daarop volgen een strakke planning. Daarbij pakt de aannemer dijken ter versterking aan die een soms eeuwenlange geschiedenis hebben en bijbehorende verrassingen kunnen opleveren. Dit handboek gaat in op die historie en de daaruit voortkomende aandachtspunten voor een dijkversterking in het heden (Hoofdstuk 2 over Historische ontwikkeling dijkenbouw). Via een tussenhoofdstuk (Hoofdstuk 3) over verschillende typen dijkversterking komt dit handboek op het risicogestuurd werken (Hoofdstuk 4 over Risicobeheersing), waarin typische uitvoeringsrisico's worden behandeld. In een apart Hoofdstuk 5 wordt uitgebreid aandacht gegeven aan informatie en informatieoverdracht van planvorming naar uitvoering en van uitvoering naar operationeel beheer. Het gereedmaken van het terrein waar gebouwd wordt en de aanvoer van materieel en materiaal komen in hoofdstuk 6 (Conditionering) aan de orde. Veiligheid krijgt apart aandacht in Hoofdstuk 7. Dit is een centraal onderwerp, zowel in termen van waterveiligheid als in termen van veiligheid voor mensen tijdens de bouw. Onvermijdelijk komen in dit hoofdstuk zaken aan de orde die al zijn opgepakt in de planvormingsfase, maar die sterk doorwerken in aandachtspunten tijdens de uitvoering zelf.

Veelal is het grondwerk de grootste in het oog springende werkzaamheid. In Hoofdstuk 8 komen alle aspecten daarvan aan de orde, waarbij in Hoofdstuk 9 nog de typische karakteristieken voor constructieve dijkversterkingen worden beschreven.

Hoofdstuk 10 beschrijft in zeer beknopte vorm de belangrijkste contractzaken en de belangrijkste aspecten om kwaliteit te waarborgen, gezien vanuit de opdrachtgever en de opdrachtnemer.

Veel activiteiten voor de uitvoeringsfase worden in de planvormingsfase of in de overgang van planvorming naar uitvoering al voorbereid. De scheiding tussen planvorming en uitvoering is dan ook niet met een schaarstje te knippen. Om die reden beperkt dit boek zich niet zuiver en alleen tot uitvoeringsaspecten en zal er ook overlap zitten tussen diverse hoofdstukken om de leesbaarheid goed te houden.

2.1 Inleiding

Elke aannemer (en planvormer) zal zich afvragen wat hij tijdens de uitvoering kan tegenkomen. De geschiedenis van de dijkenbouw is voor de uitvoering om verschillende redenen interessant. Hiervoor zijn veel bronnen beschikbaar. Een aantal algemene bronnen is van belang.

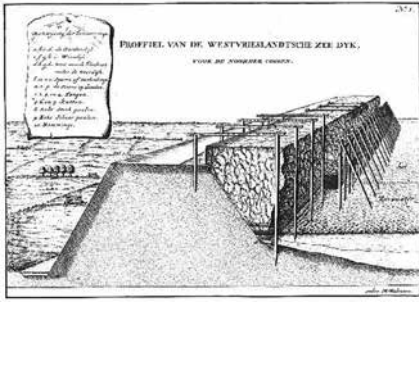


1. De Koninklijke Bibliotheek, onze nationale bibliotheek die van elk in Nederland verschenen boek een exemplaar in zijn collectie heeft.
2. De beeldbank van Rijkswaterstaat biedt ook een grote verzameling aan technisch geïnspireerde foto's van dijken <https://beeldbank.rws.nl/>. De "bewaarplaats" van de Technische Universiteit Delft: <https://repository.tudelft.nl/>. Deze laatste bewaart in drie secties (onderzoek, onderwijs en cultureel erfgoed) een zeer uitgebreide collectie documenten die op enigerlei wijze met dijken te maken hebben.
3. Het Nationaal Archief, Genootschap Het Nationaal Archief (www.hetnationaalarchief.nl) met onder andere een schat aan foto's van iconische waterbouwwerken.
4. Archieven van waterschappen, gemeenten, regio's en provincies.

Het boek "Dijken van Nederland" [Pleijster et al, 2014] is een uitstekend naslagwerk over de geschiedenis, de constructie en kaarten van verschillende soorten dijken met ook informatie over het voor- en achterland en het dijkbeheer.

Een typisch andere en goede informatiebron bestaat uit leerboeken HTS Weg- en waterbouwkunde uit de dertiger en vijftiger jaren van de vorige eeuw. Een voorbeeld is: Weg- en Waterbouwkunde deel III Rivieren, verdedigingswerken, dijken etc. [Boer en Kielman, 1956]. Tegelijk zal blijken dat de toegang tot archieven lastig is, al was het alleen maar omdat archiveren en opdienen uit archieven wat verder van de techniek afstaat. Het is moeilijk specifiek te maken wat je zoekt, informatie is verspreid beschikbaar, archieven zijn vaak verplaatst of zelfs verloren gegaan. Het verdient aanbeveling om via een gemeentelijk of een waterschapsarchief gericht te gaan zoeken met de lokale archivaris die veelal een historische opleiding heeft gehad. Door samenvoeging van waterschappen en gemeenten komen archieven ook vaak in meer regionale collecties terecht. Dit boek en de vele bronnen (zie ook de bijlage met historische documenten na de literatuurlijst) bieden de nieuwe ingenieurs vooral de kans bedacht te zijn op de consequenties van de geschiedenis van de dijk voor uitvoering van een verbeteringswerk nu. Meer specifieke informatie zal vaak door aanvullend onderzoek moeten worden verkregen.

Bij het versterken van een dijk hangt hetgeen in de dijk en de ondergrond wordt aangetroffen af van de periode waarin de dijk ooit werd aangelegd. Grofweg zijn drie periodes te onderscheiden (representatieve beelden in figuur 2-1).

1. In de eerste acht à tien eeuwen tot 1850 zien we een ambachtelijke ontwikkeling met aanvankelijk veel handwerk en gebruik van lokaal materiaal. Later komt er steeds meer ervaring, klein materieel en allengs beter gebruik van materiaal.
2. Vervolgens zien we vanaf 1850 met de komst van de stoommachine als aanvulling op de menskracht, o.a. bij de Zuiderzeewerken, een veel sterkere ingenieursaanpak.
3. De invloed van wetenschap en ingenieurs ontwikkelt zich vooral in de derde periode na 1953 verder, waardoor op systeemniveau en op bouwwerkniveau een steeds betere veiligheid wordt bereikt, die hand in hand gaat met een belangrijke schaalvergroting.

A. periode tot ca 1850	B. periode ca 1850 – 1953	C. periode na 1953
Ervaringsbouw met menskracht en lokaal materiaal	Grotere kracht door machines en gestructureerde ingenieursaanpak	Vergaande wetenschappelijke aanpak, schaalvergroting en uitvoeringsbeheersing
		

Figuur 2-1 Kenmerkende beelden van de verschillende perioden voor zeedijken

- A. Wierdijk (bron: West-Fries Genootschap) en Ervaringsbouw vastgelegd (bron: [Vierlingh, 1578/1920]).
- B. ir. Cornelis Lely, Minister van Waterstaat (bron: Zuiderzeewerken) en Sluiting Afsluitdijk mei 1932 (bron: Nationaal Archief, gahetna.nl).
- C. Oosterscheldekering (bron Waterland, Neeltje Jans) en Rivierdijkversterking met zand als kern- en bermmateriaal, Hagestein-Opheusden (bron: waterschap Rivierenland).

2.2 Periode voor de Zuiderzeewerken (ca. 1000-1850)

Dijken werden tot in de negentiende eeuw veelal gebouwd van natuurlijk materiaal dat in de directe omgeving beschikbaar was. Hieronder valt ook natuursteen die vaak als scheepsballast in ons land terecht kwam.

2.2.1 Zeedijken

Voor zeedijken, waar golven en getij krachtig op de dijk, de dijkteen en de onderwatertaluds inwerkten, dienden materialen als hout, zeegras (wier), riet, rijshout (buigzaam hout, vaak wilgentakken) en steen als extra versterking om golfwerking te weerstaan.

De oorspronkelijke dijk bestond vaak uit klei die uit putten gegraven werd en die bijna per definitie buitendijks lagen (binnendijks werd het te beschermen land zoveel mogelijk bewaard). Materiaal dat binnendijks werd gehaald voor de dijk kwam vaak uit de kwelsloot of bij latere verzwaringen ook wel uit binnendijkse putten.

Mogelijke historische obstakels bij het werken in buitentaluds

Voor de verdediging van het onderwaterbeloop, de oeverlijn en het buitenbeloop bestaat afhankelijk van de geografische ligging en de tijdperiode een enorme verscheidenheid aan oplossingen. Alle oplossingen zijn erop gericht de grond vast te houden en af te schermen van de eroderende kracht van golven en stroming.

Een zeer oude oplossing is de zogenaamde 'palendijk' waarin men houten palen gebruikte voor de opsluiting van het talud en het breken van golven. In de eerste helft van de achttiende eeuw verdween dit soort dijk geleidelijk aan toen de paalworm zijn intrede deed (figuur 2-2).

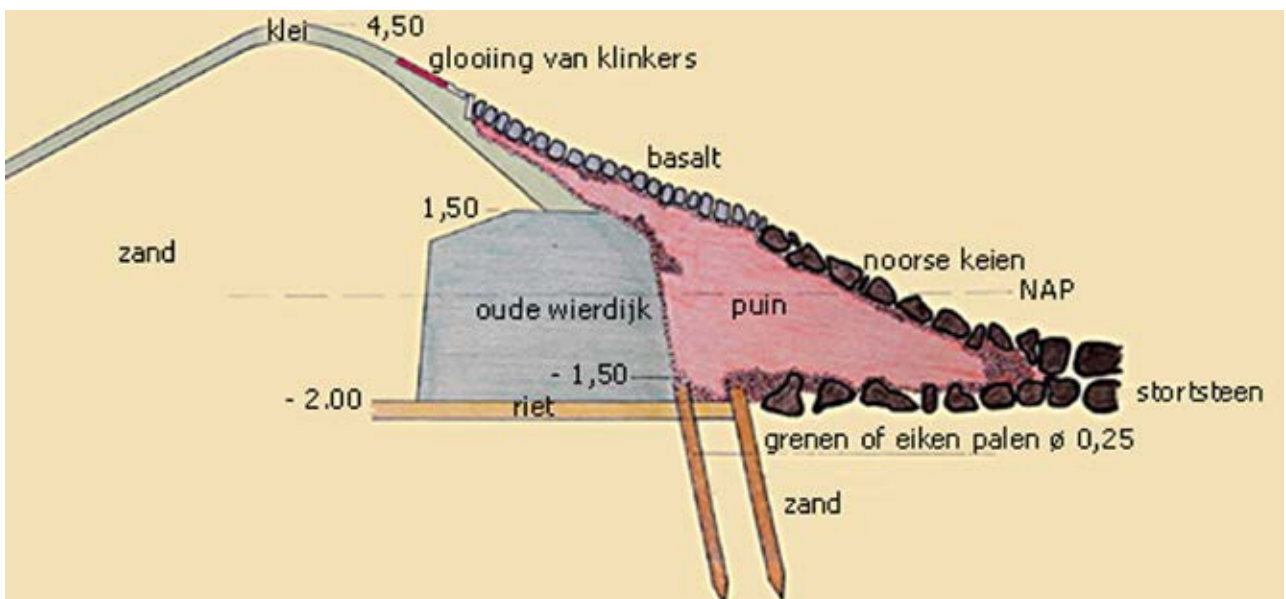


Figuur 2-2

A. Palendijk, nagebouwd bij Spakenburg
(bron: Hunebed nieuwscafé, 2015).

B. Door paalworm aangetast hout
(bron: Zander, ongedateerd).

Bekend zijn de wierdijken in Noord-Holland, waar gestapeld zeegras, vastgezet met houten staken, de dijken beschermden tegen de inwerking van golfkrachten. De opbouw van deze wierdijken is geïllustreerd in figuur 2-3. Restanten van deze dijken treft men aan in inmiddels versterkte Noord-Hollandse dijken (figuur 2-4).



Figuur 2-3 Wierdijken in Noord-Holland, (bron: Rijkswaterstaat).



Figuur 2-4 Oude wierdijk gereconstrueerd (bron: Wikipedia, 2008).

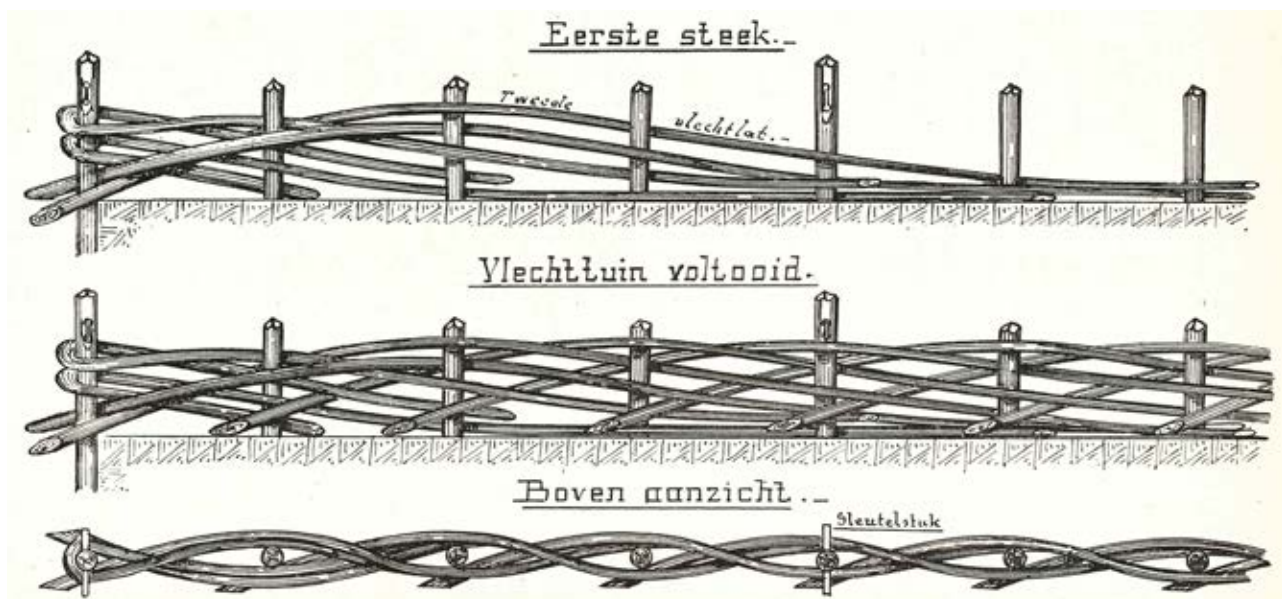
Rijshouten constructiematerialen, vlechttuinen, zink- en kraagstukken

Van oudsher worden rijshouten elementen gebruikt in de waterbouw en dijkenbouw. De technieken met gebruik van geotextiel krijgen steeds meer de overhand, maar in veel situaties is rijshout nog steeds een goed toepasbaar materiaal.

Het probleem van inwerking van water op grond speelt rond de waterlijn en daaronder een belangrijke rol in de stabiliteit van dijken aan de waterzijde. In de loop der eeuwen is met steeds groter succes rijshout toegepast als materiaal om erosie tegen te gaan.

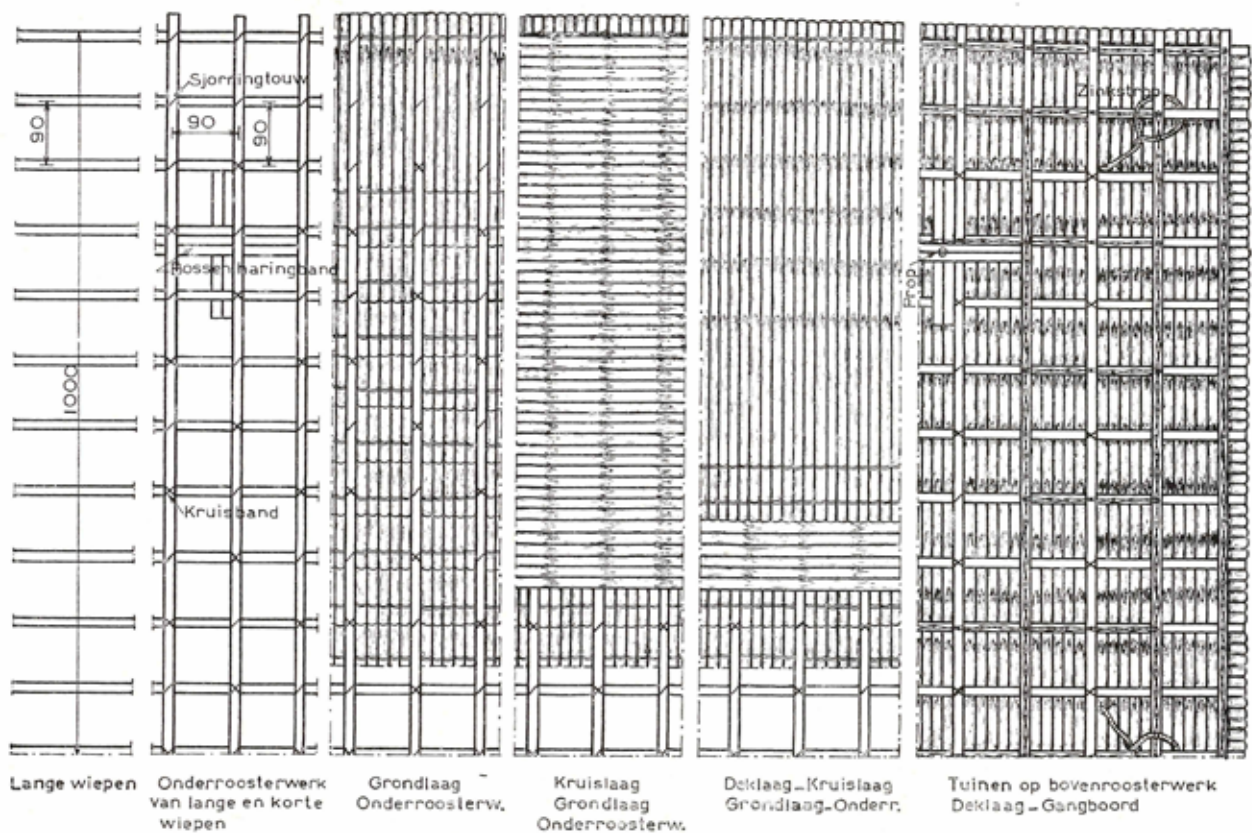
'Rijshout' is de verzamelnaam voor taaie tenen en twijgen (orde vier jaar oud) veelal van wilgensoorten, maar ook van andere rechtscheutige houtsoorten als elzen en populieren. Er zijn veel kwaliteitsverschillen afhankelijk van de gebruikte houtsoort. Oorspronkelijk werden deze geoogst in de grienden langs de rivieren en in de Biesbosch.

'Vlechttuinen' zijn veelvuldig gebruikt als opsluiting van het dijktafud bij de oeverlijn. Hierbij werd rijshouten vlechtwerk om verticale palen geleid waarachter het tafud met rietmatten, rijshout en steen kon worden opgebouwd, zie figuur 2-5.

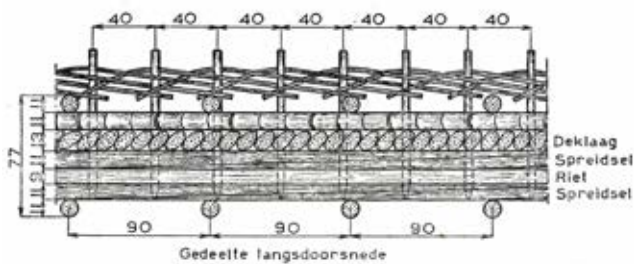


Figuur 2-5 Een zogenaamde vlechtuin als opsluiting aan de onderzijde van een dijktafud (bron: [van Breen, 1920]).

'Zink- en kraagstukken' zijn eigenlijk hetzelfde. Een zinkstuk vormt meestal een bescherming van een bodem of een lang talud waarbij de lange zijde van het zinkstuk loodrecht op de oeverlijn ligt. Een kraagstuk is een zinkstuk dat typisch in langsrichting langs de oever ligt en de oever en zijn onderwaterbodem stabiel houdt. Rijshout moest zoveel mogelijk onder water blijven en werd dus vaak niet hoger aangebracht dan een "halve vloed". Daarboven komt eikenhout voor als duurzaam inlands materiaal. Zinkstukken zijn rijshoutconstructies waarin twee of meer rijshoutlagen of riet worden opgesloten tussen twee haaks op elkaar liggende roosterwerken van wiepen (bundels rijshout met een omtrek van orde 50 cm). Hier bovenop ligt een vierkanten vlechtwerk (tuinen) die vakken vormen voor de ballaststenen. Zinkstukken worden op een nabijgelegen locatie (zate) gemaakt en vervolgens drijvend op het water naar de locatie gesleept waar ze worden geballast en afgezonken. In hun moderne vorm worden de rijshoutlagen, die een waterdoorlatende en grondkerende functie hebben vervangen door geotextiel. De omvang van zinkstukken bedraagt tientallen tot honderden vierkante meters (zie figuur 2-6).



A



B



C



D



E

Figuur 2-6 Zink- en kraagstukken. Opbouw zinkstuk bovenaanzicht (A) en dwarsdoorsnede (B) (bronnen: [Boer en Kielman, 1956]). Foto's kraagstuk (C) en zinkstukken (D en E) (bron: fotocollectie aannemingsbedrijf van Aalsburg, Hellow).

Het boek *Weg en Waterbouwkunde III Rivieren* [Boer en Kielman, 1956] biedt op de pagina's 110 tot 140 een aardig overzicht van verschillende materialen die in de loop der eeuwen zijn gebruikt. Als grondafdichting werd veel riet en stro gebruikt, waar bovenop zwaardere materialen werden aangebracht, totdat na 1953 de dijkenbouw veel rationeler en grootschaliger werd aangepakt.

Stenen, steenzettingen en krammatten

Stenen waren lokaal veelal alleen beschikbaar als bakstenen, die in de lopende dijkversterkingen langzamerhand steeds meer verdwijnen. Inlands was er de Noorse steen, in de ijstijd naar ons land geschoven tot midden en noord Nederland). Zwaardere stenen voor zinksteen, stortsteen en zetsteen kwamen ook vroeger al veel uit het buitenland, soms als ballast voor schepen. Bekende soorten uit die tijd zijn de basaltsteen van langs de Duitse Rijn en uit België Maassteen (hardsteen), Doornikse kalksteen, Vilvoordse zandsteen en uit Scandinavië graniet. In Ouwkerk op Schouwen Duiveland is er de 'Museumglooiing' met een mooie serie steenglooiingen aangebracht om de verschillende oplossingen die in de historie zijn ontstaan te tonen. Figuur 2-7 A t/m F toont een aantal verschillende glooiingen van steen van verschillende herkomst.

Het Projectbureau Zeeweringen (RWS en waterschappen Zeeland) heeft informatie over een grote variëteit aan zeeweringen en dat vastgelegd in een 'wiki': ook te vinden op de "wiki" van het project zeeweringen: <https://www.zeeweringenwiki.nl/>. Ook op het web bestaat een informatieve site: <https://www.kijkeensomlaag.nl/index.php/zwerfstenen-6076/zwerfsteengebruik/keien-in-dijken>.



A.
Noordse steen, zwerfkeien in Midden en Noord Nederland uit de laatste IJstijd (bron: Zander, ongedateerd).



B.
Basalt, veelal uit Duitsland of Frankrijk. Komt door het hele land voor (bron: Ellywa, 2005).



C.
Natuursteen, graniet veelal uit Scandinavië. Hier bij Wieringen (bron: Sparrius et al., 2011).



D.
Doornikse steen uit België. Vooral toegepast in Zeeland. (bron: Provinciale Zeeuwse Courant, 2009).



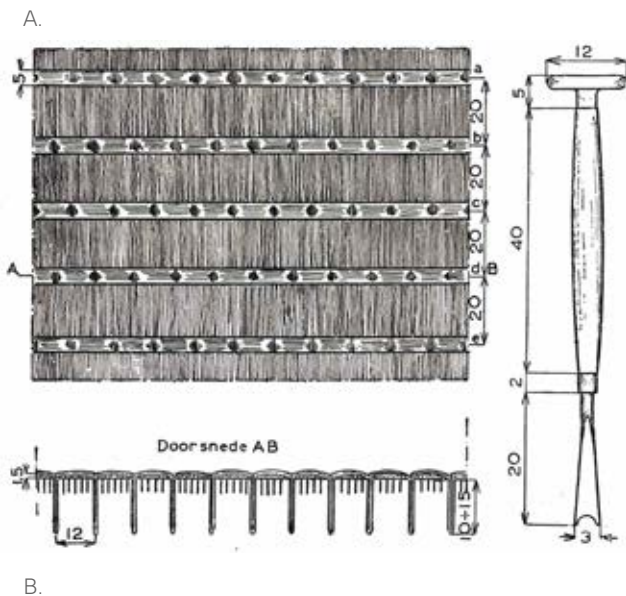
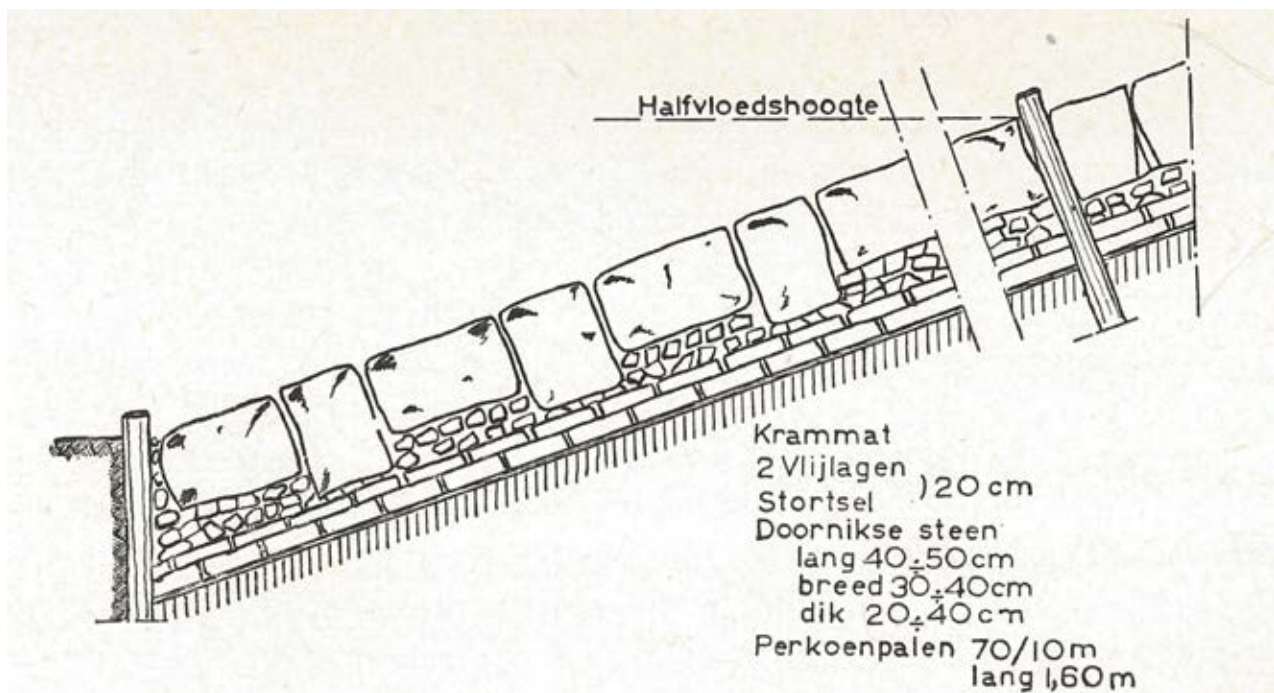
E.
Vilvoordse steen uit België. Vooral toegepast in Zeeland (bron: Provinciale Zeeuwse Courant, 2009).



F.
Lessinese Steen uit België. Wilhelminapolder Westerschelde (bron: Waterschap Zeeuwse Eilanden, 2010).

Figuur 2-7 Natuurlijke steensoorten die op veel plaatsen zijn toegepast. Een goed overzicht hiervan staat in een inventarisatie van Rijkswaterstaat directie Zeeland.

Het aanbrengen van een steenbekleding op een dijklichaam van grond is altijd al een zorg geweest. Men heeft altijd goed in de gaten gehad dat de grond niet door de stenen mocht wegspoelen en dat de stenen zo vlak mogelijk moesten worden aangebracht. Daar waar tegenwoordig de filterlaag tegen uitspoeling van de ondergrond vaak een geotextiel is, was dat vroeger een krammat. Dat is een gevlochten rieten of strooien mat (Figuur 2-8C). Deze mat werd vastgezet in de grond van de glooiing met krammen, houten paaltjes die met een speciale spade werden ingebracht (Figuur 2-8B). Daaroverheen kwam een vlijlaag, vaak van baksteen met kleine gebroken steen om de steenzetting zo goed mogelijk in het profiel aan te brengen (Figuur 2-8A). Deze vlijlaag heeft eveneens een filterfunctie, niet zozeer om uitspoeling van de grond tegen te gaan, maar om overdrukken onder de gezette bekleding op te vangen en te laten wegvloeien.



Figuur 2-8 Krammatten als grond dicht waterdoorlatend filter onder steenbekleding (bron: [Boer en Kielman, 1956]).

2.2.2 Rivierdijken

De oude opbouw van rivierdijken bestond vaak uit klei, maar ook wel uit minder cohesieve materialen.

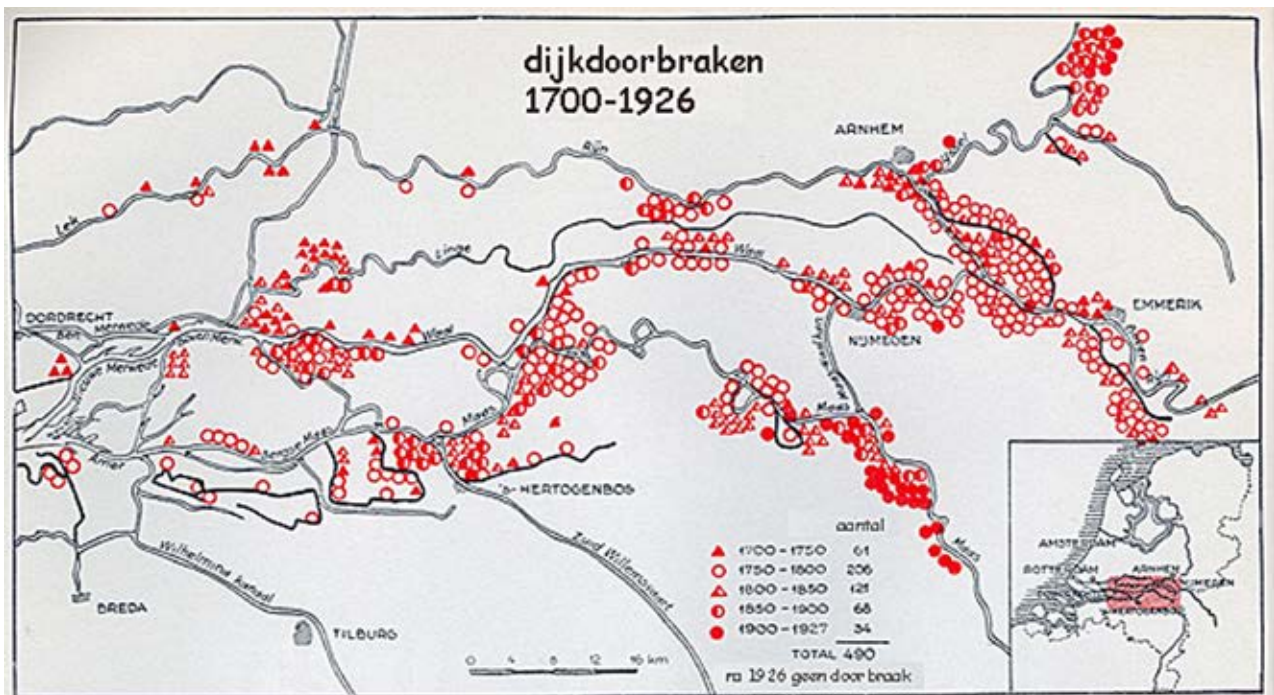


Figuur 2-9 Wissendijke, dijkblootlegging 2015 (bron: [Engelse, 2016]).

Rivierdijken werden in eerste instantie, zo rond de dertiende eeuw, gebouwd op de relatief zandige oeverwallen van de rivier met klei uit de nabije komgronden (lager gelegen gronden waarin overstromend rivierwater tot rust kwam en klei werd afgezet). Zo bestaat de kern van veel rivierdijken uit klei die nog met de hand is aangebracht en dus van oorsprong een matige verdichting heeft. Door inklinking onder eeuwenlang eigen of bovenliggend gewicht is de klei wel degelijk verdicht. Tegelijk toont blootlegging dat de aangebrachte brokken nog afzonderlijk zichtbaar zijn, waardoor tegenwoordige verdichtingseisen en daarmee eisen aan doorlatendheid vaak niet worden gehaald (figuur 2-9).

Veel van deze dijken dienden van oorsprong eerder als afleidingsdijken dan als waterkerende dijken en waren nog relatief laag. Bij het sluiten van de dijkkringen in de zestiende en zeventiende eeuw namen de rivierwaterstanden drastisch toe doordat de ruimte voor de rivier drastisch afnam. Deze dijken werden zo gevoeliger voor andere faalmechanismen: ijsdammen in de rivier, overstroming met erosie van het talud aan de landzijde en eveneens aan de landzijde piping en verweking, hetgeen toen leidde tot talloze dijkdoorbraken (zie figuur 2-10).

Daar waar het land eerder op natuurlijke wijze gelijkmatig overstroomde, creëerden de vele overstromingen als gevolg van doorbrekende dijken ook een 'verrommeling' van bij de doorbraken gelegen gronden. Juist achter de doorbraken ontstonden de zogenaamde overslaggronden (grind, zand en klei willekeurig gemengd), waardoor het weer moeilijker werd om nabij deze plekken geschikte klei te vinden voor dijkreparatie en de dijk juist daar dus van meer onbestemde grondsoorten weer werd opgebouwd.



Figuur 2-10 Talloze dijkdoorbraken in vooral de 18e en 19e eeuw na het sluiten van de dijkringen (bron: Ruimte voor de Rivier).

Bij dichting en reparatie van dijkdoorbraken was snelheid en directe beschikbaarheid vaak dominanter in de oplossing dan weloverwogen kennis van dijkenbouw. Allerlei soorten materialen werden gebruikt om zo snel mogelijk het gat te dichten, puin, stenen, takken en willekeurige soorten grond. Zie figuur 2-11 en figuur 2-12.



Figuur 2-11 Puin in dijklichaam (bron: Waterbouwkundig Laboratorium, Vlaanderen).

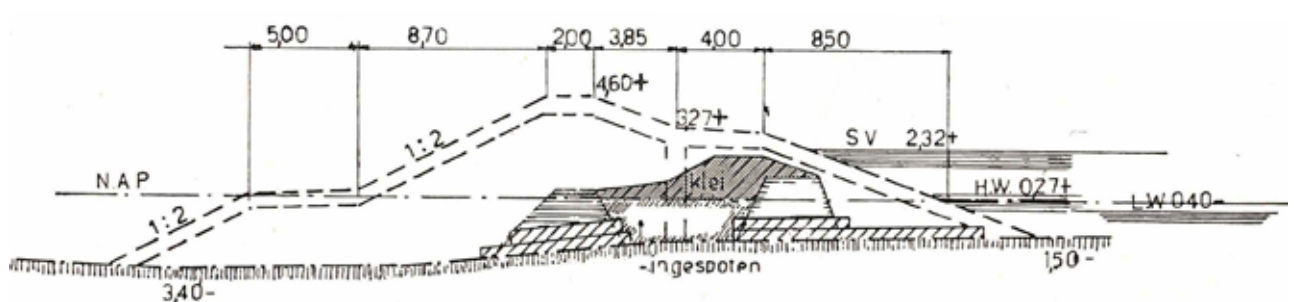
Voor meer geplande sluitingen treffen we een methode van opstorten aan waarbij telkens een nieuw zinkstuk op het vorige bestorte zinkstuk werd geplaatst. Tegenwoordig wordt een noodreparatie naderhand weer volledig opnieuw gedaan. In het rivierengebied moet men bedacht zijn op de vele plekken met een afwijkende dijkopbouw en materiaalgebruik.



Figuur 2-12 Herstel dijk bij Andijk, 1916, met handwerk komt allerlei materiaal in de dijk (bron: Jonker, Zuiderzeecollectie, 1916).

2.2.3 Krusingen van geulen

Bij kruisingen van geulen kan men onder de dijk extra werken aantreffen. Dergelijke (stroom)geulen werden eerst afgedamd met bijvoorbeeld zinkstukken en verzwaren alvorens de dijk hier bovenop werd gebouwd. Bij werkzaamheden kunnen oude resten van de afdamming voor verstoring zorgen.



Figuur 2-13 Voorbeeld van dijk over afgedamde geul met dubbele rijshouten dam (bron: [Boer en Kielman, 1956]).

2.2.4 Boezemkaden

Boezemkaden en andere regionale waterkeringen hebben qua opbouw ook zo hun eigen kenmerken. Meestal zijn ze relatief laag en keren ze permanent water waardoor de grond eigenlijk altijd met water verzadigd is. Deze kaden liggen veelal in gebieden met zeer slappe klei en veen als ondergrond en de kaden zijn uit hetzelfde materiaal opgebouwd. In de loop der tijd klinkt het materiaal weliswaar sterk in, maar de draagkracht blijft zeer gering, waardoor grootschaliger werkzaamheden moeizaam blijven. Als het materiaal uitdroogt en lichter wordt kunnen onverwachte zwaktes optreden, zoals in het bekende geval van de horizontaal afschuivende kade bij Wilnis.

2.3 Ontwikkeling met de Zuiderzeewerken (ca. 1850-1953)

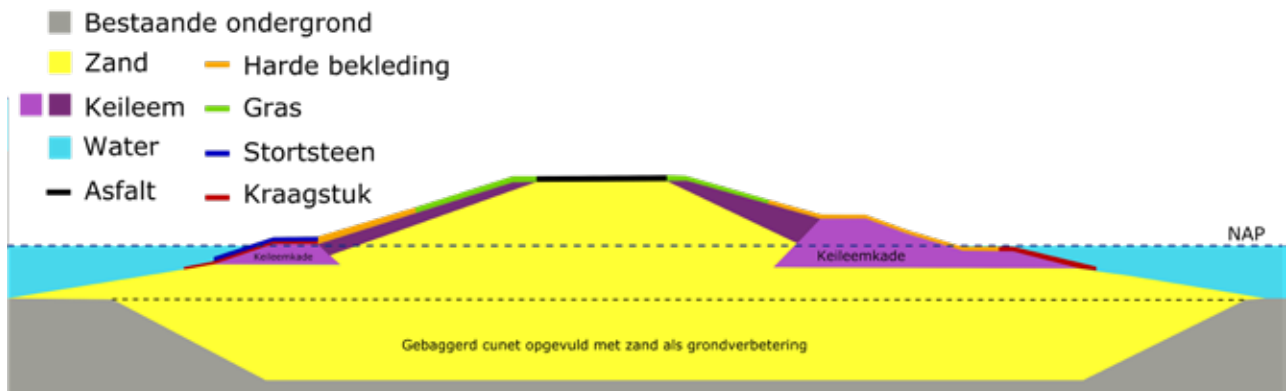


Figuur 2-14 Sluitgat de Vlieter in de stroombestendige keileemkade van de Afsluitdijk (zie ook tekstkader keileem) (bron: Maaskant (Zuiderzeecollectie), 1932).

Met de opkomst van de stoommachine in de 19e eeuw en de ingenieursaanpak die met het besluit tot de grootschalige Zuiderzeewerken (Wieringermeer, Afsluitdijk, Noordoostpolder en de beide Flevopolders) een grote vlucht kreeg is er een typische breuk met het verleden ontstaan. Dit is een ontwikkeling waarin het onderwatergedeelte al met groot materieel gebeurde, maar nog wel met een min of meer toevallig beschikbaar natuurlijk materiaal. Belangrijk was namelijk de beschikbaarheid van keileem als materiaal dat zich goed onder water als samenhangend 'blok' liet storten en dat een zeer goede erosiebestendigheid bleek te bezitten. Hiermee bouwde men zelfs in diep water kades op tot net boven de waterlijn die weer als perskade konden dienen om het grote dijklichaam verder met zand op te bouwen (zie Figuur 2-16). Keileem kon in grote brokken onder water worden gestort, waarbij de brokken niet uit elkaar vielen, zoals met klei of zand zou gebeuren. Juist bij het opvullen van getijgeulen in de Zuiderzee voor de Afsluitdijk (zie Figuur 2-14) en de sluitgaten was dit een onmisbaar goede eigenschap van de keileem. Deze keileemkades zorgden tevens voor goede waterdichtheid van de dijk waar deze waterkerend moet zijn (Figuur 2-15 en Figuur 2-16). Dijken van de Wieringermeer, Noordoostpolder en Flevoland moeten zelfs een permanent waterhoogteverschil in stand houden. Daarbovenop bleef men toch nog weer gebruik maken van grote hoeveelheden menskracht om de toplagen van de dijk te bouwen en om het traditioneel zetwerk aan te brengen.



A B
 Figuur 2-15 Aanleg Houtribdijk aanbrengen zand tussen keileemkades (bron Rijkswaterstaat, fotocollectie Edzo Ebbens).



Figuur 2-16 Geschematiseerde opbouw van de Houtribdijk op basis van informatie uit Projectplan Pilot Voorlandoplossing Houtribdijk (bron: vrij naar Rijkswaterstaat, 2014).

Delen van deze aanpak liepen door tot begin van de jaren zeventig toen de Houtribdijk en Zuidelijk Flevoland gereed kwamen. Toch ontstond er in de dijkenbouw al een kentering die feitelijk begon bij de drooglegging van Walcheren na de inundatie van 1944. In Zeeland was geen keileem beschikbaar zoals bij de Zuiderzeewerken. De uitvinding van caissons in de oorlog ten behoeve van de invasie in Normandië bood een oplossing waar in zeer korte tijd rond doortij stroomgaten moesten worden gedicht. Overigens is het idee om caissons te gebruiken al geopperd tijdens de voorbereiding van de bouw van de Afsluitdijk [Doorman, 1923].

Pas later, na de stormvloed van 1953, werd de caissonmethode vervolmaakt, terwijl hier zelfs nog uit de oorlog overgebleven caissons zijn gebruikt bij het dijkherstel. Tegelijk werd ook veel zwaarder materieel ingezet zoals bulldozers en vrachtwagens om materiaal te vervoeren, verplaatsen en verdichten.

Keileem betekent oppassen bij de uitvoering

Bij de versterking van de Noordoostpolderdijken net na de millenniumwisseling had Rijkswaterstaat in de ontwerp- en bestekfase onderkend dat keileem een probleem kan zijn tijdens de uitvoering. Een belangrijke eigenschap van keileem is dat het een kleine plasticiteitsindex heeft. Dat betekent dat de 'uitrolgrens' en de 'verwerkingsgrens' erg dicht bij elkaar liggen. Met andere woorden, een kleine verandering in het watergehalte in de keileem geeft een zeer sterke verandering van het materiaalgedrag.

Om die reden had Rijkswaterstaat in het bestek opgenomen dat de aannemer voorzichtig over de dijk diende te rijden en rekening moest houden met het materieel dat hij daarbij inzette. Tijdens de uitvoering werd dit besteksvoorschrift slecht nageleefd en onvoldoende gehandhaafd. Het gevolg was dat de keileemkade net onder het buitenbeloop veranderde van een stevige harde ondergrond in een verweekte substantie die vervormde onder het gewicht van personen. Er was geen kans op dat hier met ook maar enige nauwkeurigheid de nieuwe steenbekleding op kon worden aangebracht. Het werk heeft een jaar stil gelegen om de keileem op natuurlijke wijze weer in zijn eerdere toestand te krijgen.

De arbitrage werd beslecht op een definitiekwestie in de besteksomschrijving. Daar waar het bestek 'keileem' als het moeilijke punt beschreef, werd geoordeeld dat dit specifiek had moeten met een technische omschrijving van de grondsoort en zijn eigenschappen.



Figuur 2-17 Een drijvende kraan stort keileem op een dijkvak (bron: [Zuiderzee collectie, 1928 - 1929]).

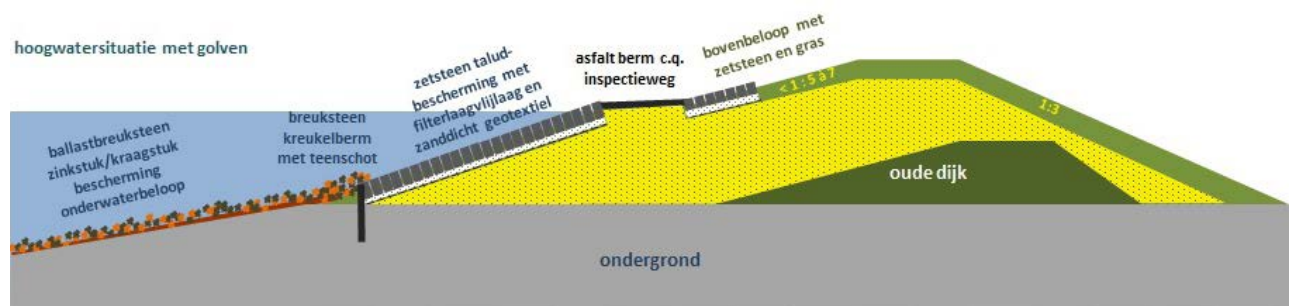
2.4 Wetenschappelijke aanpak en schaalvergroting (1953-heden)

De ramp van 1953 met zijn 96 dijkdoorbraken die een stroomgat werden, zorgde voor een rigoureuze wijziging in aanpak van de dijkenbouw (zie voor meer informatie over dijkdoorbraken de Atlas van de Watersnood 1953 [Hage, 2015]). Vooral de keuze om de grote zeegaten af te sluiten, bracht tal van ontwikkelingen op gang. Afgezien van allerlei betonnen constructies en afsluitbare keringen werd de dijkenbouw grootschalig gerationaliseerd. De ontwerpbenedering werd rationeel uitgesplitst in faalmechanismen. De ingenieurs ontwierpen dijken met een geometrie en materialen die heel specifiek op die mechanismen ingingen: functiescheiding in onderdelen van de dijk. Tegelijk vergden de Deltawerken een enorme schaalvergroting, zelfs ten opzichte van de Zuiderzeewerken. De vooruitgang van de techniek maakte dat mogelijk en de dwang van de schaalvergroting bracht andersom ook vooruitgang van de techniek. Deze vooruitgang stelde ons in staat om zand in grote hoeveelheden te winnen, transporteren en – onder water – aan te brengen zonder perskades te bouwen, waarmee zand ook – veel – goedkoper werd. De grote waterkerende massa van de dijk kon worden opgebouwd uit goedkoop zand, mits er een betrouwbare waterdichte en erosiebestendige schil omheen zat die ervoor zorgde dat de inwerking van water en golven deze zandkern niet konden bereiken.

De afmetingen van de dijken werden met behulp van de waarschijnlijkheidsleer bepaald. Met gebruikmaking van statistische gegevens van waterstanden en golven in het verleden en van materiaaleigenschappen werden de kansen op dijkdoorbraak tot een vooraf vastgesteld niveau teruggebracht.

2.4.1 Zeedijken

De modernere aanpak voor versterking van zeedijken en de grootschalige versterkingswerken aan de zeedijken na 1953 hebben geresulteerd in een kenmerkend dwarsprofiel, waarin ook de oude dijk van voor die tijd nog herkenbaar is in het veel grotere nieuw versterkte dijklichaam. Elementen van zeedijken komen ook terug bij rivierdijken in het benedenriviereengebied.



Figuur 2-18 Kenmerkend modern zeedijkprofiel zoals dat na 1953 is ontstaan volgens de technische- en veiligheidsnormeringen (bron: Royal HaskoningDHV).

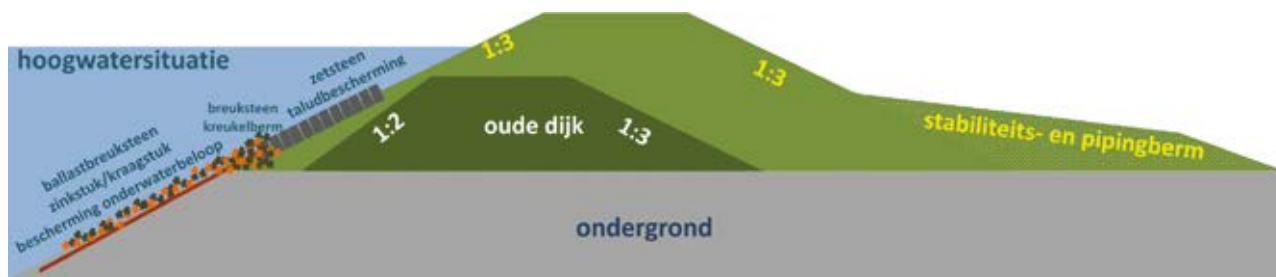
In deze moderne aanpak wordt duidelijk zichtbaar welke functie bepaalde dijkonderdelen vertegenwoordigen.

Tabel 2.1 Functies en materialen bij verschillende onderdelen van een zeedijk

Onderdeel	Functie	Materiaal
beschermd onderwatertalud	voorkoming erosie, zettingsvloeiing en daarmee voorkoming verlies zeewaartse stabiliteit van de dijk.	zinkstukken en breuksteen
kreukelberm	flexibele overgang tussen nat werk (zinkstuk met bestorting) en droog werk (steenzetting of asfalt), met ieder hun eigen maattoleranties en opsluiting van teenschot; tevens bescherming tegen erosie door dagelijkse inwerking van golven en stroom.	breuksteen
teenschot	opsluiting steenbekleding benedenbeloop'.	hout, beton
kleilaag benedenbeloop (onder de berm)	Waterdichtheid.	klei
geotextiel, vlijlaag/filterlaag en steenbekleding benedenbeloop	voorkoming uitspoeling dijkmetaal naar buiten, bescherming tegen golfkrachten onder hoogwateromstandigheden, regulering waterdrukken.	geotextiel, fijne sortering breuksteen en veelal gezette natuursteen of betonelementen
zand in kern	dijklichaam, waterkerende "body".	veelal zand
buitenberm, asfaltweg	remming golfwerking onder zeer extreme omstandigheden rondom de ontwerpwaterstand, onderhoudsweg, waterdichtheid.	veelal asfalt
kleilaag en grasbekleding bovenbeloop (boven de berm)	ruimte voor golfoploop doorzetting hoogte van de dijk ter beperking golfoverslag, waterdichtheid, tegengaan erosie door oplopende golven.	klei, leeflaag, gras
krui en binnenbeloop	uitloop overslaande golven, erosiebestendigheid.	klei, leeflaag, gras

2.4.2 Rivierdijken

In het kielzog van de verscherpte en meer wetenschappelijke aandacht voor de zeedijken, ontstonden ook voor de rivierdijken dijkvormen en materiaalgebruik die aansloten op de functies die herleidbaar zijn naar mogelijke faalmechanismen.



Figuur 2-19 Schaardijk aan de rivier (bron: Royal HaskoningDHV).



Figuur 2-20 Rivierdijk aan uiterwaard, geldt ook voor veel dijken in benedenrivierengebied (bron; Royal HaskoningDHV).

Van oudsher werden dijken bij voorkeur van klei opgebouwd. Zolang de klei erg goed is en piping geen faalmechanisme "blijven deze dijken uit gewoonte al staan" om een beheerder van Rijn en IJssel bij het hoogwater van 1995 te citeren. De relatief geringe golfaanval heeft gemiddeld geleid tot steil opgebouwde buitentaluds (1:1½ à 1:2) (Figuur 2-19) en het binnentalud werd flauwer opgezet om de stabiliteit te bevorderen. Veel rivierdijken liggen aan een uiterwaard en worden onder dagelijkse omstandigheden niet belast door rivierstroming en golven. Schaardijken (Figuur 2-19) kennen die belasting wel en hebben in de loop der tijd steeds betere bescherming gekregen op hun onderwatertaluds met kraagstukken, een kreukelberm en steenbekleding hoger op het talud. Deze steenbekleding is niet noodzakelijkerwijs doorgetrokken tot het ontwerphoogwater. De steenbekleding is vooral aangelegd ter beperking van schade en onderhoud: bij extreem hoogwater op de rivier is er niet noodzakelijkerwijs veel wind en wordt de scheepvaart vanwege dijkveiligheid stilgelegd.

Rationalisering van onderhoudseisen (vooral maaien) hebben geleid tot een ontwikkeling waarin ook het buitenbeloop naar 1:3 is gegaan. In nieuwere dijken is de functiescheiding zichtbaar (Figuur 2-19 en vooral Figuur 2-20). De kern van – goedkoper – zand, de waterdichtheid en erosiebestendigheid wordt gevonden in bedekking met klei. De wetenschappelijk onderbouwde verdere uitwerking van de veiligheidsnormen in geotechnische stabiliteitseisen (taludstabiliteit en piping) heeft geleid tot bermen met vooral een stabiliserende en/of kwelwegverlengende functie. De berm zelf hoeft niet per se van erosiebestendige klei te zijn, een enigszins drainerende werking is zelfs gunstig voor beheersing van waterspanningen. Erosiebestendigheid op de overgang van binnentalud naar flauwe berm is juist wel weer van belang ter beperking van schade door overslag.

2.4.3 Veiligheid, milieu en communicatie

De ontwikkelingen hebben ook na 1953 niet stil gestaan. Er is een sterke ontwikkeling richting een veilige, schone, duurzame en sociaal wenselijke maatschappij ontstaan. Voor de uitvoeringsfase heeft deze ontwikkeling sterke consequenties. Het is een ontwikkeling waar dijkbeheerders, opdrachtgevers en oprachtnemers nog midden in staan. De aanleg van een dijk of de uitvoering van een dijkverbetering is niet langer het volgen van een serie – standaard – besteksartikelen. Het is een veel meer geïntegreerde benadering, waarin de aannemer ook zelf invulling moet geven aan zaken die niet direct een bouwactiviteit zijn en hij dient ook de raakvlakken tussen verschillende activiteiten en de omgeving te zien en er vorm aan te geven.

In de uitvoering zien wij een ontwikkeling die naast een versterkte projectkosten- en risicobeheersing ook op het gebied van beheersing van veiligheid, milieu, sociale acceptatie en duurzaamheid steeds verder gaat. Opvallende aspecten hiervan zijn:

- Steeds verdergaande interpretatie veiligheidseisen voor bescherming tegen overstroming, die zich uit in:
 - aanpassing van de normen (Deltacommissie 1953-1960), Prov. Gelderland voor Rivierdijken (zestiger jaren), bijstellingen Commissies Becht en Boertien, normering regionale keringen IPO 2001, normwijziging Waterwet 2017);
 - normwijziging in 2017 (Waterwet) van overschrijdingskans naar overstromingskans die ook technisch-inhoudelijk geavanceerder en moeilijker is;
 - verdere probabilistische onderbouwing van belasting op de waterkering (vooral waterstanden en golven) en van de sterkte en kwaliteit van de gebruikte ondergrond en materialen;
 - strengere en uitgewerkte kwaliteitseisen voor realisatiewerkzaamheden.

- Veiligheid voor werknemers en omgeving tijdens de werkzaamheden, hetgeen zich vertaalt in eisen aan de manieren van werken.
- Gebruik van schone materialen, waarbij de aannemer moet aantonen dat zijn materialen aan allerlei keuringseisen voldoen.
- Duurzaamheid van materiaalgebruik; de nieuwe constructie moet het een zekere tijd volhouden en specifiek voor dijken zo mogelijk eeuwig; de meeste grond bezit die eigenschap.
- Strengere eisen aan inpassing in de omgeving en noodzaak voor beperking ruimtebeslag (sociaal aanvaardbare dijkversterking) veroorzaken ook een ontwikkeling richting gebruik van materialen met een eindige levensduur zoals beton en staal, waarvoor in het algemeen een minimale levensduur van 100 jaar wordt vereist bij ontwerp.
- Sociale aanvaardbaarheid: een algemene trend naar grotere openheid en grotere mondigheid van de burger vragen de dijkbeheerder en daarmee ook de aannemer om goede informatie te verschaffen, zodat belanghebbenden weten wat er te gebeuren staat, waarmee zij invloed kunnen hebben op de uitvoering.

Een zeer informatief boek over de relatie tussen omgeving en uitvoering is "Eén dijk, zoveel beelden" over de uitvoering van de dijkversterking van Hagestein tot Opheusden [Bos e.a., 2017].

2.5 Kennis van de dijk: beheerders, systemen en techniek

Er is een tendens dat het steeds moeilijker wordt om op basis van lokale kennis en overlevering alle geheimen van de dijk te kennen en over te dragen. Dijkbeheerdersorganisaties worden groter, ook de beheerders zelf komen als persoon verder van de dijk af te staan: zij zijn verantwoordelijk voor een groter gebied, moeten meer reizen en zij moeten meer administreren en vastleggen. Het dijkbeheer regelt meer centraal vanuit kantoor en vertrouwt steeds meer op systemen.

Tegelijk kan veel kennis over de geschiedenis van de dijk en overleveringskennis in dergelijke systemen worden vastgelegd. Als dat slim gebeurt, kan deze kennis ook weer gericht, digitaal worden ontsloten, eventueel op de dijklocatie zelf. Leggersystemen en daaraan gekoppelde geografische informatiesystemen, zijn een aanvulling op de kennis in de hoofden van de beheerder en zijn een uitbreiding op de overdrachtsmogelijkheden van deze kennis aan bijvoorbeeld vergunningverleners, toetsers, planvormers of aannemers. Investerings in dergelijke systemen leveren dus zeker meerwaarde op.

Gericht veldonderzoek naar eventuele – nog onbekende of vergeten – obstakels kan ook zijn nut bewijzen. We kunnen niet echt onder de grond kijken, maar met geofysische onderzoeksmethoden zoals die ook voor geotechnisch onderzoek worden ingezet (bijvoorbeeld infrarood, radar en elektromagnetische metingen), kunnen betrekkelijk snel grote strekkingen dijk op in elk geval de aanwezigheid van discontinuïteiten, lees verdachte plekken worden onderzocht. Daarna kan men gericht gaan zoeken naar wat die discontinuïteiten nu daadwerkelijk zijn. Hiermee is het mogelijk om risico's ten aanzien van de ondergrond en oude obstakels te reduceren: beter inzicht in de veiligheid van de kering, kleinere kans op onverwachte obstakels tijdens uitvoering en daarmee beheersing van kosten.

De link met de uitvoeringsperiode is dat al deze systeeminformatie ook aan de aannemer bekend moet zijn en hij deze informatie, geactualiseerd met kennis opgedaan tijdens de uitvoering weer overdraagt aan de dijkbeheerder. Met andere woorden, deze informatie maakt deel uit van het overdrachtdossier. Het format van deze informatie wordt, juist vanwege de toegankelijkheid, steeds belangrijker. Zie hiervoor ook de bijlage over BIM.

2.6 Niet-waterkerende objecten, obstakels en kunstwerken

In de planvormingsfase voorafgaand aan uitvoering en feitelijk ook gedurende de gewone beheerfase is het zaak om bekend te raken met zoveel mogelijk in of onder de dijk verscholen historische verrassingen.

In de voorgaande paragrafen is vooral aandacht besteed aan de elementen die in de dijken en de ondergrond aangetroffen kunnen worden die horen bij de techniek van het dijken bouwen zelf door de eeuwen heen.

Menselijke of dierlijke activiteiten hebben in de loop der eeuwen op allerlei manieren de gesteldheid van de dijk beïnvloed. Het is moeilijk om daar in al zijn vormen op bedacht te zijn. Toch kunnen we in grote lijnen wel voorbeelden categoriseren in aandachtsgebieden.

Deze sectie benoemt vanuit de geschiedenis van de dijk de verschillende elementen die van belang zijn voor de uitvoering. Dit vertoont enige overlap met hoofdstuk 6 Conditionering, waarin specifiek wordt ingegaan op de manier waarop deze zaken doeltreffend worden aangepakt tijdens of direct voorafgaand aan een uitvoeringsfase.

2.6.1 Niet-waterkerende objecten en obstakels

Bij werkzaamheden is het altijd zaak om rekening te houden met onverwachte obstakels in de ondergrond die het werk kunnen stilleggen. Zelfs al is er in de planfase uitgebreid een voorinventarisering gedaan, dan blijft er in de uitvoeringsfase nog altijd een kans op nog niet geïnventariseerde obstakels bestaan.

Bewoning

Van oudsher wonen mensen graag op en nabij de dijk. De dijk was immers de veiligste plek als het om overstromen gaat en het startpunt voor ontginning van het achterland. Tegelijk zijn er allerlei activiteiten aan en rondom bebouwing die het waterkerend vermogen van de dijk kunnen aantasten. Zelfs heden ten dage blijkt het moeilijk door handhaving ervoor te zorgen dat deze aan bewoning gerelateerde activiteiten niet het waterkerend vermogen van de dijk schaden. Oude muren, funderingen, trappen kunnen nog in de dijk verstopt zitten. Een deel van deze restanten heeft wellicht een archeologische betekenis.

Voorbeeld oude dijk bij Lutjeschardam dat aantoont wat men zoal kan tegenkomen in de ondergrond.

In 2014 zijn werkzaamheden voor de aanleg van een boezemgemaal in Schardam begonnen. Hierbij werd een middeleeuws deel van de West-Friese Omringdijk vergraven. De huidige Omringdijk bestaat voornamelijk uit 'ingelaagde' jongere dijken, maar verwacht wordt dat de kern van dit deel van de Omringdijk bestaat uit de oude oorspronkelijke dijk uit de 12^{de} of 13^{de} eeuw. Daarnaast heeft binnendijs in ieder geval tot in de 17^{de} eeuw het dorpje Lutjeschardam gelegen. Dit dorp is nog voor 1652 verlaten, het ontbreekt immers op de kaart van Johannes Dou uit dat jaar. Resten van zowel de dijk als het dorp zijn tijdens de werkzaamheden tevoorschijn gekomen. Het was een langdurig project dat met tussenpozen tot in 2016 archeologisch is begeleid.



Figuur 2-21 Archeologische opgraving van de West-Friese Omringdijk bij Schardam (bron: Archeologie West-Friesland, 2016).

In aanloop naar het grote grondverzet is tegen de teen van de dijk aan de Markermeerzijde (noordkant) een brede sleuf gegraven waarbij twee opeenvolgende teensloten van de dijk zijn gevonden. De oudste van de twee was gevuld met brokken veen en klei. Deze sloot bevatte geen vondsten. Waarschijnlijk is de sloot gedempt bij een verhoging en verbreding van de dijk waarbij de nieuwe teensloot verder naar buiten kwam te liggen. De jongere sloot ten noorden hiervan lijkt snel dichtgeraakt. Mogelijk gebeurde dit tijdens een overstroming van het voorland waarbij de sloot werd opgevuld en waarbij ook een grijze kleilaag over het terrein werd afgezet. Daarna dekte men het terrein af met graszoden, mogelijk als een soort werkvloer om de dijk te verbreden. Waarschijnlijk werd tijdens deze verbreding de huidige teensloot gegraven. In 2015 werd een groot deel van de dijk aangesneden waardoor een gedetailleerder beeld van de opbouw van de dijk is verkregen.

Tijdens de werkzaamheden kwam uit een van de zeventiende-eeuwse lagen aan de noordzijde van de dijk een complete pot tevoorschijn. Uit deze laag zijn veel schelpen en afval afkomstig. Mogelijk betreft het een afvalaag van de bewoners van Lutjeschardam die aan de andere zijde van de dijk woonden. Wellicht wierpen zij hun afval langs de dijk weg.

De in 2014 gestarte werkzaamheden voor de aanleg van een boezemgemaal in Schardam zijn verder gegaan in 2015. Richtte het onderzoek in 2014 zich vooral op de werkzaamheden rondom het geplande gemaal. In 2015 lag de nadruk op de noordelijke bouwkuip van het nieuwe gemaal. De verwachting was dat in dit stuk van de Westfriese Omringdijk een oude oorspronkelijke dijk uit de 12^{de} of 13^{de} eeuw in de kern aanwezig zou zijn. Tegen de verwachting in bleek een groot deel van de dijk te bestaan uit een dik pakket van brokken veen en humeuze klei.

De hoogte van de top van dit pakket komt overeen met 15^{de}-eeuwse dijkhoogtes waargenomen in de diverse dijkdoorsnedes langs de Zuiderdijk van Drechterland, tussen Hoorn en Enkhuizen. Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat het een reparatie van een vijftiende-eeuwse dijkdoorbraak betrof. Door de doorbraak was een groot deel van het natuurlijke veen, waar de dijk oorspronkelijk op was gebouwd, weggespoeld.

Uit historische bronnen is bekend dat in de 15^{de} eeuw meerdere dijkdoorbraken op dit stuk dijk hebben plaatsgevonden als gevolg van achterstallig onderhoud. Zowel de Beetskoog als Drechterland wilden niet voor dit onderhoud betalen. Het ruziën hierom, ook wel 'klammen' genoemd, heeft dit stuk dijk de naam Klamdijk bezorgd. Uiteindelijk moest Drechterland voor het onderhoud betalen.

In 2016 wordt de zuidelijke bouwkuip onderzocht waar de restanten van het gehucht Lutjeschardam in ieder geval in de 17^{de} eeuw moet hebben gelegen.

Watergebonden activiteiten

De nabijheid van het water betekent ook dat scheepvaart nooit ver weg is. Oude haventjes die allang niet meer bestaan kunnen resten hebben die nog in de dijk zitten. Op veel plekken zal een overzet voor boten zijn geweest, die onder een dijkophoging verscholen kunnen zijn geraakt.

Leidingen en kabels

Leidingen zijn een bekend fenomeen, en normaal gesproken zijn dijkbeheerders er wel alert op tijdens de voorbereiding op uitvoering. Er is een degelijk registratiesysteem om de locaties van de kabels en de leidingen te kennen (KLIC). Tegelijk is er een veelheid aan leidingen en kabelvoorzieningen met verschillende beheerders en alle belanghebbenden die van de voorzieningen gebruik maken. Het blijft een hardnekkige zorg voorafgaande aan uitvoering (zie Hoofdstuk 6 over conditioneren met betrekking tot kabels en leidingen).

Behalve verrassingen van niet geregistreerde en 'verlaten' kabels/leidingen zit de verrassing vooral in oude elementen die niet zijn weggehaald en allang vergeten zijn. Dat kunnen ook oude dijkdoorgangen voor afwatering of juist waterinlaat vanuit de rivier zijn uit lang vervlogen tijden.

Niet-gesprongen explosieven

Een wel heel bijzondere categorie, die standaard bij een uitvoering aan de orde komt is het resultaat van menselijk handelen in oorlogsvorm. Het risico van niet ontplofte bommen en andersoortig wapentuig is op zich goed bekend en goed gedocumenteerd. Er zijn speciale bureaus die volgens een standaardprotocol beginnen met archiefonderzoek en het onderzoek in stappen kunnen intensiveren, naarmate de waterkering meer in een risicogebied blijkt te liggen. De daadwerkelijke omgang met niet-gesprongen explosieven in de uitvoering staat beschreven in paragraaf 6.4.

Begroeiing en fauna

Op veel plaatsen hebben op dijken bomen gestaan of staan ze nog wel. Wortels en stronken die niet echt zijn weggehaald kunnen weggerot zijn, zelfs gangen achterlaten of voor verstoring tijdens uitvoering zorgen. Beesten kunnen in de dijk wonen. In Keent heeft zich ooit een dassenfamilie in de dijk gevestigd met een voor- en achteringang. Daar heeft de dijkbeheerder een scheidingswand in gemaakt, ook dergelijke constructies zorgen voor verrassingen indien niet goed bekend (zie Hoofdstuk 6 over conditioneren met betrekking tot natuur).

Geschat wordt dat in ons land weer 1900-2000 bevers aanwezig zijn (voorjaar 2017) nadat ze in 1826 waren uitgestorven en in 1988 zijn geïntroduceerd [Anoniem, Zoogdiervereniging, 2017]. Dit is een groeiend aantal vanwege de nog beschikbare hoeveelheid geschikte habitat in Nederland. Het komt steeds vaker voor dat bevers (graaf)schade aanrichten aan dijken. Momenteel wordt er onderzoek gedaan naar hoe deze schade kan worden voorkomen.

2.6.2 Constructies in de dijk

Een aandachtspunt in de gehele beheercyclus, en dus ook in de uitvoering, zijn constructies die op het aarden dijklichaam aansluiten. De belangrijkste constructies die van oudsher worden aangetroffen zijn in- en uitlaatwerken in allerlei vormen, sluisjes, duikers, pijpen.

Constructie of kunstwerk?

Onder een dijk verstaan we normaal gesproken een aarden lichaam. In dat aarden lichaam komen op veel plaatsen allerlei constructies voor: een steenbekleding, een damwand of diepwand, boorpalenwand of andere langsconstructies, maar ook allerlei doorlaatwerken in welke vorm dan ook. Het gebruik van het woord kunstwerk beperkt zich meestal tot een op zichzelf staande enkele constructie, bijvoorbeeld een sluis, een gemaal. Ook deze kunstwerken zijn constructies, maar een steenbekleding of damwand wordt wel als constructie gezien, maar niet als kunstwerk.

Constructies uit verschillende perioden en slechte bekendheid van vooral fundering

Oude constructies zijn een "kunst apart". Dit handboek richt zich vooral op de grondwerkzaamheden.

De diversiteit van oude constructies in waterkeringen is groot.

De meeste constructies zijn zichtbaar. Van belang is te allen tijde of er ook nog oude, onzichtbare constructies in de waterkering zitten verborgen, die vooral ook bij uitvoering tot verrassingen, ongelukken, tijdverlies en oplopende kosten kunnen leiden. Historisch, archeologisch onderzoek kan hierbij helpen. Daar waar bureau- en archiefonderzoek al goed kunnen helpen zal in voorkomende gevallen ook archeologisch terreinonderzoek nodig zijn. Boringen en proefsleuven kunnen verrassingen en vertragingen tijdens de uitvoering voorkomen.

De standaardaanpak in de toetsing van constructies aan de veiligheidsnorm raakt feitelijk direct de punten waar ook bij uitvoering op moet worden gelet:

- is de constructie hoog genoeg, letten op zakkingen die in het verleden zijn opgetreden;
- is de constructie sterk genoeg, dat vereist kennis van oude gebruikte materialen, betonsoorten, wapening, houtsoorten, beschikbaarheid van oude tekeningen;
- kan de constructie onderloopsheid of achterloopsheid vertonen: zitten er überhaupt kwelschermen, zijn er tekeningen beschikbaar of zijn er methoden om de aanwezigheid aan te tonen;
- kan de constructie tijdig worden gesloten: zijn de bewegende delen betrouwbaar, zijn er vanuit het verleden succesvolle en minder succesvolle bewegingssystemen bekend.

Overzicht typen dijkversterking

3.1 Inleiding

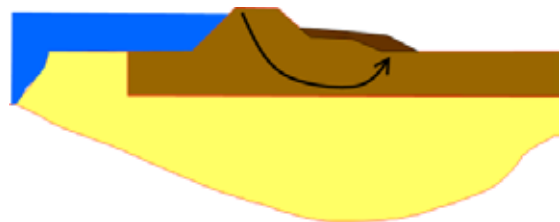
In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van typen dijkversterking en het materieel dat nodig is om verschillende typen werkzaamheden bij een dijkversterking uit te voeren. In de laatste paragraaf wordt ingegaan op verschillen tussen werken op primaire en regionale waterkeringen.

3.2 Overzicht typen dijkversterking

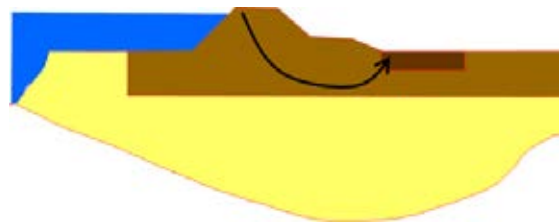
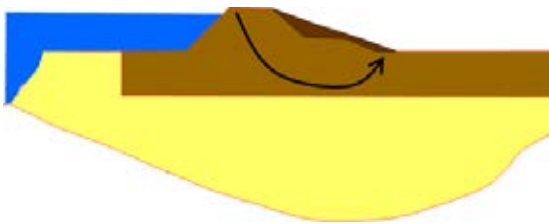
De uitvoering van dijkversterking in grond verloopt anders dan constructieve dijkversterkingen. Hieronder worden voorbeelden gegeven van dijkversterkingen. De illustraties in de figuren 3-1 en 3-2 zijn van toepassing bij een binnenwaartse dijkversterking. Voorbeelden van een dijkversterking in grond zijn:



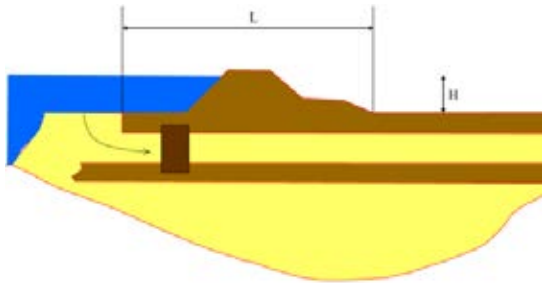
A - Slootverlegging



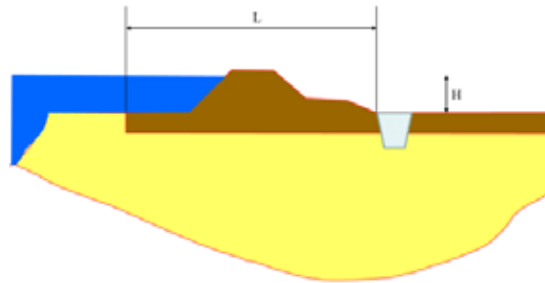
B - Binnenwaartse stabiliteits- of pipingberm



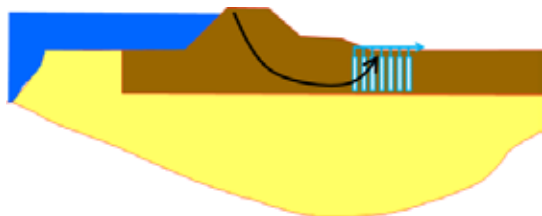
C - Taludverflauwing



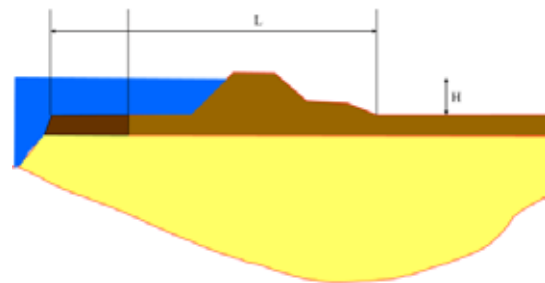
D - Grondverbetering (door grondvervanging)



E - Kleikist



F - Grindkoffer



G - Vacuümconsolidatie

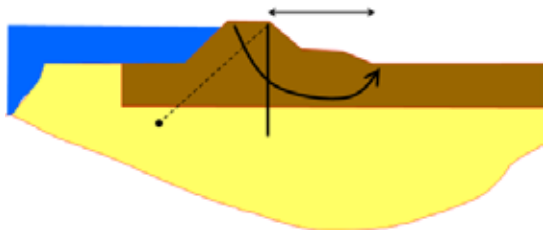
H - Voorlandverlenging

Figuur 3-1 Overzicht stabiliteitsmaatregelen in grond
(bron: Stefan van den Berg, Wateropleidingen 2016, Opleiding Dijktechniek).

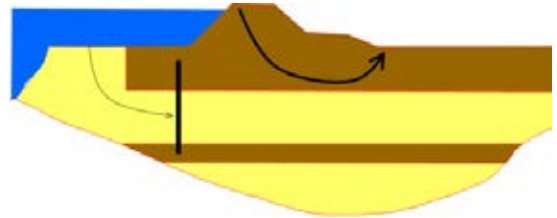
Overige (zonder illustratie):

- Volledige verhoging van de dijk.
- Gedeeltelijke verhoging van de dijk (tuimeldijk).
- Aanbrengen (harde) bekledingen (talud, kruin, teen).
- Vierkante versterking (ofwel zowel binnen- al buitenwaarts grond aanbrengen).
- Buitenwaartse asverschuiving met bredere binnenberm.
- Oeverdijk (ofwel buitenwaarts afslagprofiel).

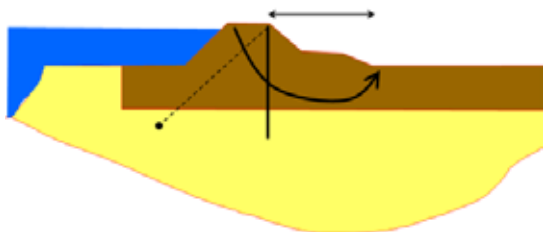
Voorbeelden van constructieve dijkversterking zijn:



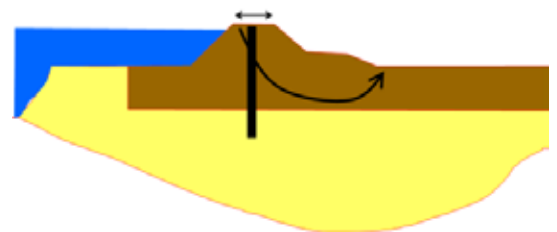
A - Damwand



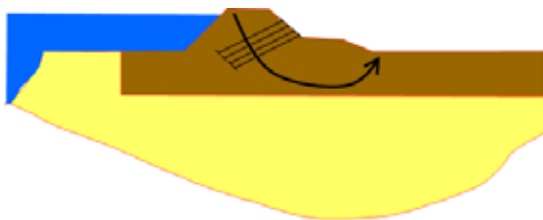
B - Kwelscherm



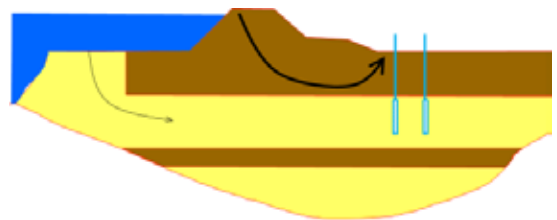
C - Palenwand



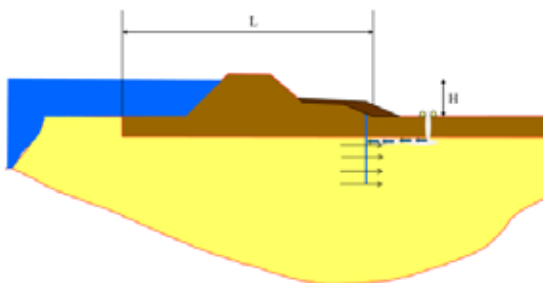
D - Diepwand



E - Vernageling



F - Ontlastbron



G - Verticaal zanddicht geotextiel.



H - Dijkdeuvels

Figuur 3-2 Overzicht constructieve maatregelen
(bron: Stefan van den Berg, Wateropleidingen 2016, Opleiding Dijktechniek).

Overige (zonder illustratie):

- Kistdam.
- Geokunststoffen.
- Soilmixwand.
- Grondstabilisatie.
- Zand- en grindkolommen.
- Borsteldijk (palenmatras).

3.3 Materieel

Materieel voor dijkversterkingsprojecten is grotendeels gelijk aan materieel dat elders wordt toegepast in de grond-, weg- en waterbouw. Speciale aandachtspunten bij werkzaamheden aan dijken zijn veelal: werken met klei; stabiliteit; aanwezigheid van water; en realiseren van een ondoorlatende constructie. In sommige gevallen is materieel hierop aangepast, zoals hieronder wordt beschreven. In Figuur 3-4 zijn enkele foto's van materieel opgenomen.

Aandachtspunten bij de keuze van materieel zijn:

- Geschiktheid van het materieel voor de dijk (slecht begaanbare terreinen, instabiele taluds).
- Capaciteit van het materieel (zwaarte, werksnelheid, beperking van filevorming, etc.).
- Compatibiliteit met ander materieel.
- Grootte van het materieel (beperkte werkruimte, smalle wegen, wendbaarheid, etc.).
- Geschiktheid om het grond- of constructietype te verwerken (klei of zand, damwanden, palen, etc.).
- Werken vanaf land of vanaf water.
- Duurzaamheid (CO₂-uitstoot, geluidshinder, etc.).
- Veiligheid.

In [Sharp et al, 2013] wordt materieel voor dijkversterking onderverdeeld in vijf functiecategorieën:

1. Opschonen en aanbrengen van vegetatie.
2. Verplaatsen en uitspreiden van grond.
3. Aan- en afvoer van grond.
4. Verdichting van grond.
5. Installatie van constructies en (harde) bekleding.

Ad 1. Materieel voor opschonen en aanbrengen van vegetatie

Opschonen is het verwijderen van alle aanwezige materialen die een goede aanhechting van de aan te brengen verbetering (met grond) in de weg staan. Opschonen van vegetatie vindt in het algemeen plaats met een hydraulische graafmachine. Gras of ruigte wordt gemaaid waarbij het de voorkeur heeft om het maaisel te verzamelen en af te voeren. Afrastering wordt opgenomen, beplanting wordt geroid en de stobben (boomstronken) verwijderd. Het materieel dat hierbij wordt ingezet is veelal een tractor met hulpwerktuig, een hydraulische graafmachine en handgereedschap zoals kettingzaag en bosmaaier. Aanbrengen van een grasmat op dijktaaluds gebeurt doorgaans met een tractor met zaaimachine. Hydroseeding-equipment wordt alleen ingezet bij steile taluds (zie paragraaf 8.2).

Ad 2. Materieel voor verplaatsen en uitspreiden van grond

Bulldozers worden ingezet om bij een ontgraving met geringe dikte grond naar de kraan toe te brengen. Verder worden ze ingezet voor het verwerken van grond en het verdichten. Het verplaatsen op korte afstand wordt gedaan door het omslaan van de grond met een of meerdere kranen. Grondtransport binnen het werkterrein wordt gedaan met verschillende transportmiddelen bijvoorbeeld vrachtwagens, dumpers, tractoren met een grondkar, enz. Om schade aan het terrein te voorkomen en om sneller door te kunnen werken wordt er een platenbaan aangelegd. Dit kan bovendien brandstofbesparing opleveren. Als er zwaardere klei moet worden geladen wordt de kraan uitgerust met een zo genaamde kettingbak. De klei blijft dan minder plakken aan de bak. Door speciale uitsteeksels op een kraanbak aan te brengen kan kleven van de klei aan de bak ook worden beperkt. De klei wordt dan namelijk opgekruld en komt daardoor niet op vervelende plekken achter in de bak terecht. Het uitspreiden van grond kan, als het project zich daarvoor leent, met een bulldozer of met een kraan met kettingbak die onder iedere gewenste hoek kan worden geplaatst (zie figuur 3-3).



Figuur 3-3 Aanvoer van klei met een vrachtwagen met kipper (rechts), verdichting en uitspreiding van klei met een bulldozer (midden) en uitspreiding van klei met een kraan met kettingbak (links) (bron: Pascal Ogink, Combinatie dijkverbetering HOP (GMB - Van Oord)).

Grondverzet onder water vindt veelal plaats met een kraan of dragline vanaf de kant of een ponton. Dit materieel kan op rupsbanden of luchtbanden rijden, afhankelijk van de begaanbaarheid van het terrein. De begaanbaarheid van een terrein is vooral afhankelijk van de grondgesteldheid, de grondwaterstand, het aantal passages en de aanwezige taluds. In tabel 3.1 is een globaal verband gelegd met de ongedraineerde schuifsterkte. Deze kan onder meer worden bepaald met een insitu vaneproef of met een triaxiaalproef. Verwekingsgevoelig materiaal (keileem, losgepakt zand) vormt een aandachtspunt. Dit kan aanvankelijk een hoge schuifsterkte hebben, maar toch een beperkte draagkracht (zie paragraaf 8.3.4).

Tabel 3.1 Globaal voor begaanbaarheid benodigde sterkte van klei [Halter en Van der Meer, 2005].

Materieel	Benodigde ongedraineerde schuifsterkte klei
rupsvoertuig	ca. 35 kPa
lichte bandvoertuigen	ca. 40 kPa
zware bandvoertuigen	ca. 50 kPa
overig zwaar materieel	ca. 80 kPa

Ad 3. Materieel voor aan- en afvoer van grond

Verreweg de meeste primaire keringen liggen aan het water. Het aanvoeren van klei over water met beunbakken of duwbakken is dan een logische keuze. Om de klei aan land te krijgen moet in de meeste gevallen een tijdelijke overslaglocatie worden ingericht. Deze bestaat in de meeste gevallen uit een ponton met hierop een overslagkraan. Wanneer men niet dicht genoeg bij de vaste wal kan komen, kan er gekozen worden voor een tijdelijke brug of een transportband. Vanaf de overslaglocatie wordt de klei met een passend transportmiddel naar de plaats van verwerking gebracht.

Bij ondiep water kan het nodig zijn om tijdelijke toegangseulen te baggeren waarlangs transport over water kan plaatsvinden. De benodigde breedte en diepte van de geul in binnenwateren is afhankelijk van de CEMT-bevaarbaarheidsklasse. De diepgang van geladen binnenvaartschepen varieert tussen 2,5 m en 4 m. Daarnaast is een kielspeling nodig van minimaal 0,5 m. Na afloop van een dijkversterking dienen de geulen in oorspronkelijke staat te worden hersteld, tenzij anders is overeengekomen.

Regionale keringen zijn soms gelegen op locaties die voor binnenvaartschepen moeilijk bereikbaar zijn. De benodigde klei wordt dan per as aangevoerd en vervolgens overgeslagen in dumpers of grondkarren. Dumpers zijn er op luchtbanden en op rupsen. Die op rupsen veroorzaken veel terreinschade als gevolg van draaien en hebben ook maar een heel beperkte capaciteit. Dumpers kunnen efficiënt veel grond vervoeren, maar zijn veelal te groot om over de openbare weg of over een dijk te mogen rijden.

Er is materieel met een grote diversiteit aan transportcapaciteiten beschikbaar, zie tabel 3.2.

De volumetransportcapaciteit is mede afhankelijk van het soortelijk gewicht van de grond: van een lichter materiaal kan een groter volume worden meegenomen.

Tabel 3.2 Globale transportcapaciteit van diverse typen materieel

Materieel	Transportcapaciteit
grondkar	5 - 15 m ³
vrachtwagen	5 - 23 m ³
dumper	5 - 25 m ³ (rijontheffing kan nodig zijn)
beunbak (over water)	40 - 1.000 m ³

Ad 4. Materieel voor verdichting van grond

In de Nederlandse praktijk van dijkenbouw wordt bij klei uitgegaan van de verdichtende werking van de rupsbanden van bulldozers. Kleigrond wordt in slagen van 0,2 à 0,4 m dikte verdicht met enige (twee tot drie keer minimaal) passages van een bulldozer met rupsbanden met een breedte van 0,6 - 0,8 m en een gewicht van meestal 20 - 25 ton. De dieptewerking van deze verdichting is beperkt tot ongeveer 0,2 m bij voldoende overgangen als de klei niet te droog of te nat is. Het watergehalte in de klei is goed als het hoger is dan 0,6x de consistentie-index en lager is dan 0,9x de uitrolgrens. De dikte van aangebrachte slagen moet in overeenstemming zijn met de beoogde verdichtingsgraad. Bij slagen met een dikte van 0,4 m, de bovengrens volgens de standaard RAW, betreft de effectieve verdichting iets minder dan de helft van de aangebrachte slag. De helft van de slag is daardoor gevoelig voor klink en heeft een relatief hoge doorlatendheid [Van Meurs en Kruse, 2017].

Een wals wordt ook gebruikt voor verdichting van grondlagen. Het type wals is onder meer afhankelijk van het type grond, de bereikbaarheid en de toegepaste laagdikte, zie Tabel 3.3. Walsen worden vooral toegepast bij verhardingsconstructies. Bij klei heeft een wals een beperkte meerwaarde. In sommige gevallen kan, als verdichting met een bulldozer onvoldoende is, een wals tot extra verdichting leiden. De richting van de wals is haaks op de as van de dijk, mits dit niet tot vervorming leidt door schranken. Schranken is de vervorming van een grondmassa van een rechthoekige naar een scheefhoekige vorm. Deze manier van walsen bevordert de afvoer van neerslag en voorkomt vorming van plassen. De inzet van een trilwals heeft bij klei geen toegevoegde waarde, omdat cohesie de herschikking van korrels verhindert. Een schapenpootwals is een wals met uitsteeksels. De inzet hiervan kan helpen om harde kluiten in klei te verdichten. Een belangrijk nadeel is echter dat hierdoor putten in het oppervlak ontstaan, die bij neerslag vol met water lopen en tot verweking leiden.

Tabel 3.3 Typen trilwalsen [Jonker et al, 2004].

Machine	Massa in t	Trilfrequentie in Hz	Rijsnelheid in km/h	Aantal overgangen	Max. dieptewerking in m	Opmerkingen
Statische wals	2 - 13	-	2 - 5	8 - 16	0,2 - 0,25	Voor oppervlakkige verdichting; ook op samenhangende grond.
Trilplaat	0,075 - 2	15 - 100	0,5 - 2,5	4 - 6	0,4 - 1,0	Op moeilijk bereikbare plaatsen en langs muren.
Trilwals	1,2 - 15	20 - 75	1 - 5	2 - 10	0,3 - 2,0	Voor zandig grind, zand (ook dikkere lagen); effectief voor diepere lagen.
Tandemtrilwals	1 - 6	30 - 50	1 - 10	2 - 8	0,3 - 0,5	Idem; oppervlakkige en diepere verdichting te combineren indien achterste rol statisch.
Getrokken trilwals	1,5 - 16	25 - 30	3 - 6	4 - 8	0,5 - 2,5	Levert mindere oppervlakkige verdichting door opstropen; eist meer trekkracht.
Zelfrijdende trilwals zonder aangedreven rol	6 - 25	30 - 50	3 - 12	2 - 8	0,5 - 2,0	Wendbaar, maar veroorzaakt opstropen van materiaal aan oppervlak.
Idem met aangedreven rol	6 - 25	25 - 30	3 - 12	2 - 8	0,2 - 1,0	Goede terreineigenschappen noodzakelijk.
Bandenwals	9 - 25	-	3 - 25	2 - 12	0,15 - 0,7	In alle soorten grond: relatief dunne lagen noodzakelijk.

Een compactor is bij de verdichting van klei alleen nuttig als er eerst een harde, droge korst is gevormd, omdat deze machine in staat is om harde kluiten te breken.



A - Grondkar op luchtbanden



B - Dumper op rupsbanden



C - Beunbak met grond



D - Bulldozer



E - Laadschop met schuif om baan mee te egaliseren



F - Hydraulische kraan



G - Verdichtingswiel aan kraan



H - Ponton bij loslocatie bij rivierdijk

Figuur 3-4 Diverse typen materieel bij versterking van regionale waterkeringen (bron A - F: GMB-Oldenkamp, PAO-cursus "Uitvoeringsaspecten van Dijkversterkingen" 2012, bron G-H: Pascal Ogink, Combinatie dijkverbetering HOP (GMB - Van Oord)).

Ad 5. Materieel voor installatie van constructies en (harde) bekledingen

Er is een breed scala van oplossingen beschikbaar voor constructieve dijkversterkingen en (harde) bekledingen. Bij elke oplossing hoort ander materieel. Dit wordt verder behandeld in de Hoofdstukken 8 en 9. In tabel 3.4 zijn kenmerkende gewichten van diverse typen materieel op een rij gezet.

Tabel 3.4 Globale gewichten van diverse typen materieel.

Materieel	Gewicht
Minikraan	1 ton
Midikraan	5 - 10 ton
Rupskraan	15 - 25 ton
Wals	5 - 25 ton
Bulldozer	20 - 25 ton
Vrachtwagen	max. 50 ton (maximum gewicht RDW)
Zware hydraulische graafmachine	max. 55 ton
Zelfrijdend werktuig	max. 60 ton (maximum gewicht RDW)
Dumper (met grond)	max. 80 ton (rijontheffing kan nodig zijn)
Heistelling	80 - 100 ton
Boorstelling	ca. 120 ton

3.4 Specifieke aandachtspunten regionale waterkeringen

Veel kennis uit dit boek is van toepassing voor elk type dijk. In het algemeen gaat de meeste aandacht uit naar primaire waterkeringen, al dan niet in getijdgebied, omdat deze het belangrijkste zijn voor de bescherming van Nederland tegen overstromingen. Regionale waterkeringen worden echter ook regelmatig versterkt. Sommige van deze keringen zijn sterk afwijkend van primaire waterkeringen. Hierbij moet vooral worden gedacht aan boezemkades in het noorden en westen van Nederland. Hiervoor gelden specifieke aandachtspunten.

Technische kenmerken van regionale waterkeringen zijn:

- *Hogere kwetsbaarheid.* De veiligheidsnorm is minder streng dan bij primaire waterkeringen. Bij boezemkades is permanent sprake van een hoog waterpeil. Er is dus minder overmaat aanwezig om kritieke uitvoeringssituaties te overleven. Daarnaast is er een grotere kans op een aanzienlijk veiligheidstekort, omdat de periodieke wettelijk beoordeling minder intensief is.
- *Meer slappe grond.* Veel regionale waterkeringen zijn net als primaire waterkeringen gefundeerd op slappe grond. Daar komt echter bij dat de regionale waterkeringen zelf veelal opgebouwd zijn uit veen of humeuze klei. Dit betekent dat ze gevoelig zijn voor zettingen en een beperkte draagkracht hebben.
- *Oude wegverhardingen.* De meeste wegen op veendijken zijn in het verleden meerdere malen opnieuw bestraat in verband met zakkingen. Daardoor kunnen er tot grote dieptes oude verhardingen van wegconstructies in de kern van de dijk voorkomen. Deze zijn opgesloten en kunnen erg poreus zijn. Het weghalen van de bekleding of het deels afgraven van zo'n dijk kan dan leiden tot lekkage. Een ander probleem is dat oude wegverhardingen asbest of teer kunnen bevatten, waardoor speciale maatregelen nodig zijn bij verwijdering en afvoer.
- *Slechtere bereikbaarheid.* Regionale waterkeringen zijn minder vaak voorzien van een weg dan primaire waterkeringen en liggen veelal op particuliere grond. De weg is veelal niet in eigen beheer van het waterschap of hoogheemraadschap. Op sommige wegen geldt een aslastbeperking. De dijken zijn daarnaast over het algemeen smaller. Ze worden minder vrijgehouden van niet-waterkerende objecten die de berijdbaarheid beperken of verhinderen.

- *Achterstallig beheer en onderhoud.* Bij regionale waterkeringen wordt minder intensief onderhoud gepleegd dan bij primaire waterkeringen en is er meer sprake van medegebruik. Gebreken zoals diergraverijen, uitgespoelde taluds en een slechte grasmat komen vaker voor. De waterkerende veiligheid wordt sterker beïnvloed door bomen, (slecht in kaart gebrachte) kabels en leidingen en andere niet-waterkerende objecten.
- *Slechtere taludbescherming.* Bescherming tegen erosie en golfafslag kan bestaan uit een houten beschoeiing, rietkragen of een plasberm. Als dit soort elementen tijdens een dijkversterking tijdelijk moeten worden verwijderd, dan moet rekening worden gehouden met een grotere kans op schade aan de taluds.
- *Kabels en leidingen.* In veel regionale keringen liggen ook kabels en leidingen. Vaak was de kering de enige geschikte locatie voor kabels en leidingen, omdat de naast de kering gelegen gebieden daarvoor vaak ongeschikt waren (veen, drassig). Kabels en leidingen zijn dan ook een belangrijk aandachtspunt bij het versterken van regionale keringen. Houd bij het versterken rekening met extra ruimte en extra kosten voor kabels en leidingen. Breng specifiek voor kabels en leidingen ook de tijdelijke situatie tijdens de uitvoering in beeld, vanwege mogelijk extra (grond)belastingen op kabels en leidingen. Hierdoor kunnen onveilige situaties ontstaan, waardoor kabels en leidingen alsnog verlegd moeten worden, met als gevolg extra kosten.

Voor de uitvoering van dijkversterkingen heeft dit de volgende consequenties:

- Er moet worden gewerkt met kleiner materieel. De transportroutes dienen door de slappe ondergrond en slechte bereikbaarheid zorgvuldig te worden gepland. Er zijn meer 'overslagmomenten'. In veel gevallen zijn rijplaten nodig.
- Er zijn minder mogelijkheden voor opstelplaatsen van zwaar materieel en opslag van grond en damwanden.
- Er moet vaak tussen objecten, bebouwing en tuinen worden gemanoeuvreed.
- Het toepassen van grote overhoogtes voor zettingscompensatie kan averechts werken. Dit betekent dat dijkversterkingsprojecten veelal kleinschaliger zijn met tussenpozen van 5 à 20 jaar.
- Aanvoer van grond en materieel vindt vaker vanaf het water plaats.
- Tijdens uitvoering moeten soms noodgedwongen grotere veiligheidsrisico's worden genomen. Intensieve monitoring is dan een vereiste. Daar staat tegenover dat men bij regionale keringen meer risico's kan nemen in verband met de kleinere gevolgen bij schade aan een dijk dan bij primaire waterkeringen.

4.1 Inleiding

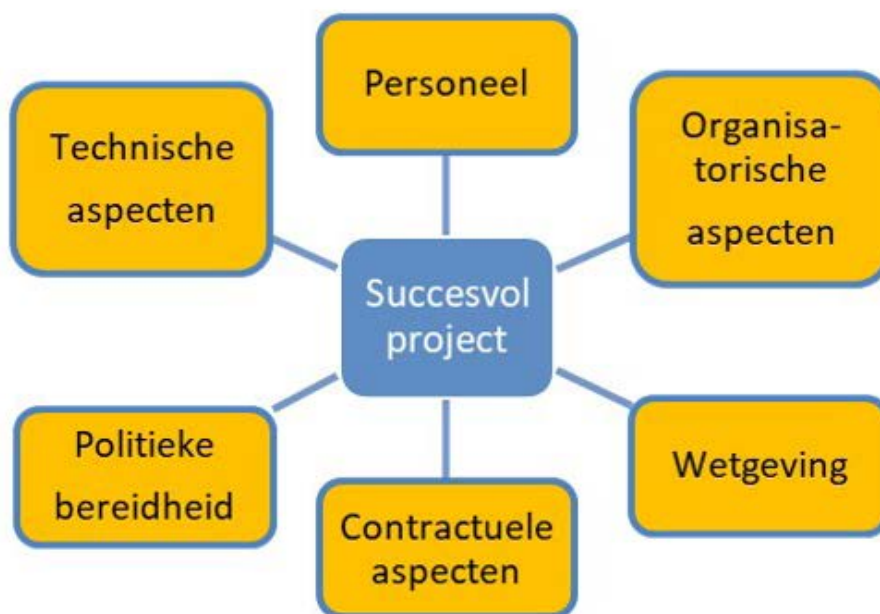
Bij de uitvoering van dijkversterkingen komen tal van aspecten kijken, die bovendien ook vaak onderling samenhangen. Voor succesvolle uitvoering van het project is risicobeheersing/-management daarom essentieel. Tijdens de uitvoering worden tal van keuzes gemaakt en besluiten genomen door risico's af te wegen, te accepteren of te reduceren met maatregelen. Het gaat daarbij over aspecten zoals de techniek in het ontwerp en het ontwerpproces, het moment van aanbesteden en de keuze van de contractvorm.

In complexe infrastructuurprojecten, zoals dijkversterkingen, is een belangrijke bron van risico's de gebrekkige communicatie en verlies van informatie bij de overdracht van verantwoordelijkheden tussen projectfasen. Dit wordt nader besproken in Hoofdstuk 5.

Dit hoofdstuk "Risicobeheersing" is als volgt opgebouwd. Eerst wordt gestart met een korte uitleg over risicomangement en de invalshoeken die daarbij van belang zijn. Vervolgens worden vanuit deze verschillende invalshoeken de risico's tijdens een dijkversterkingsproject besproken. Hierbij worden ook veel voorkomende lessen uit de praktijk benoemd.

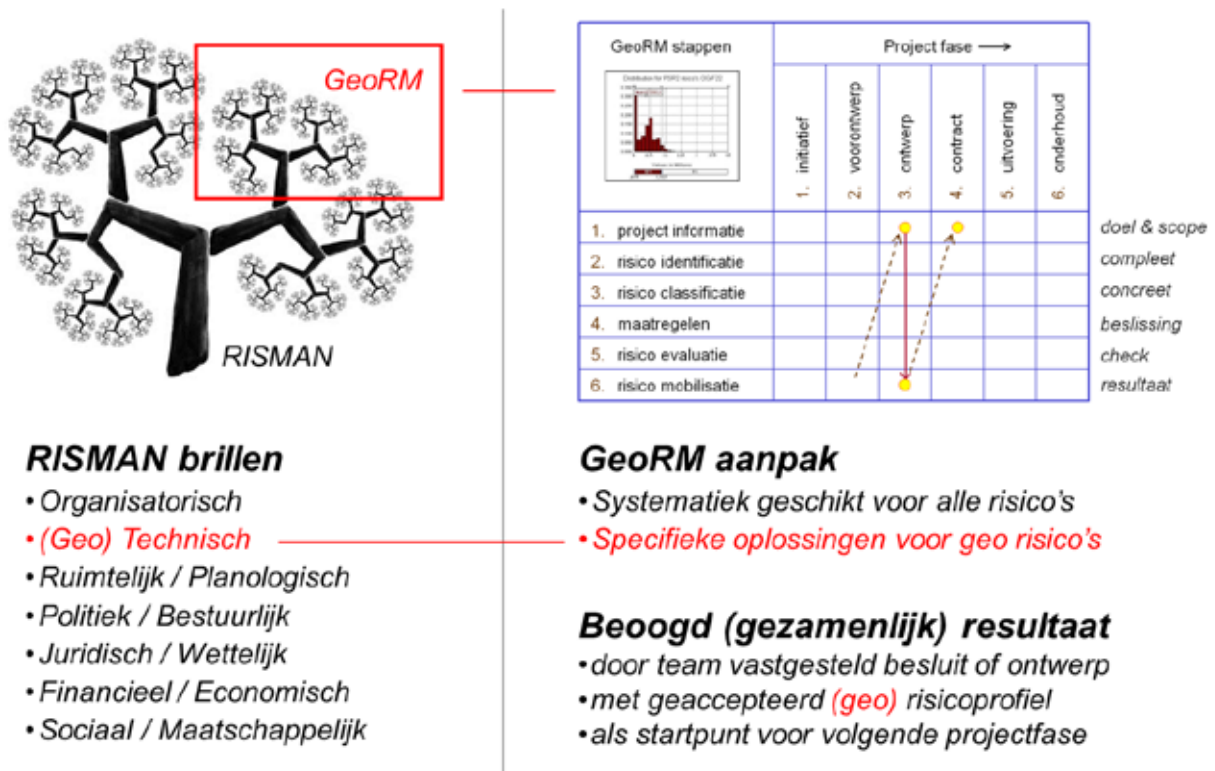
4.2 Invalshoeken op risicomangement

Voor het managen van risico's tijdens de uitvoering, verdient het aanbeveling om risico's te beschouwen vanuit verschillende invalshoeken. In Figuur 4-1 worden een aantal van deze invalshoeken gepresenteerd voor HWBP-projecten. Uit diverse evaluaties van HWBP projecten blijkt dat de winst, het slagen van het project, veelal niet zo zeer in de techniek en de bijbehorende risico's zit, maar juist in de "zachte" aspecten zoals personeel, organisatie en contractuele aspecten [Tromp et al, 2016].



Figuur 4-1 Factoren om succesvol een project te realiseren (bron: [Tromp et al, 2016]).

Een beproefde risicomanagement methode in de GWW-sector is RISMAN. Ook binnen de RISMAN methode wordt vanuit verschillende invalshoeken naar risico's gekeken. Deze zogeheten RISMAN-brillen staan afgebeeld in Figuur 4-2 en sluiten grotendeels aan bij Figuur 4-1. Zoals Figuur 4-2 laat zien vormen ook (geo-)techniek en ruimtelijke inrichting/planologie onderdelen van de RISMAN-bril. Geo RisicoManagement (GeoRM) kan zelfs gezien worden als een aparte tak van sport met een eigen aanpak (zie Figuur 4-2). Meer achtergrondinformatie over GeoRM kan worden gevonden in de vele publicaties van het Geo Impuls Programma (<http://www.geoimpuls.org>).



Figuur 4-2 Risico-perspectieven RISMAN en GeoRM (bron:TU Delft college CIE4390, 2016).

4.3 Risicomanagement

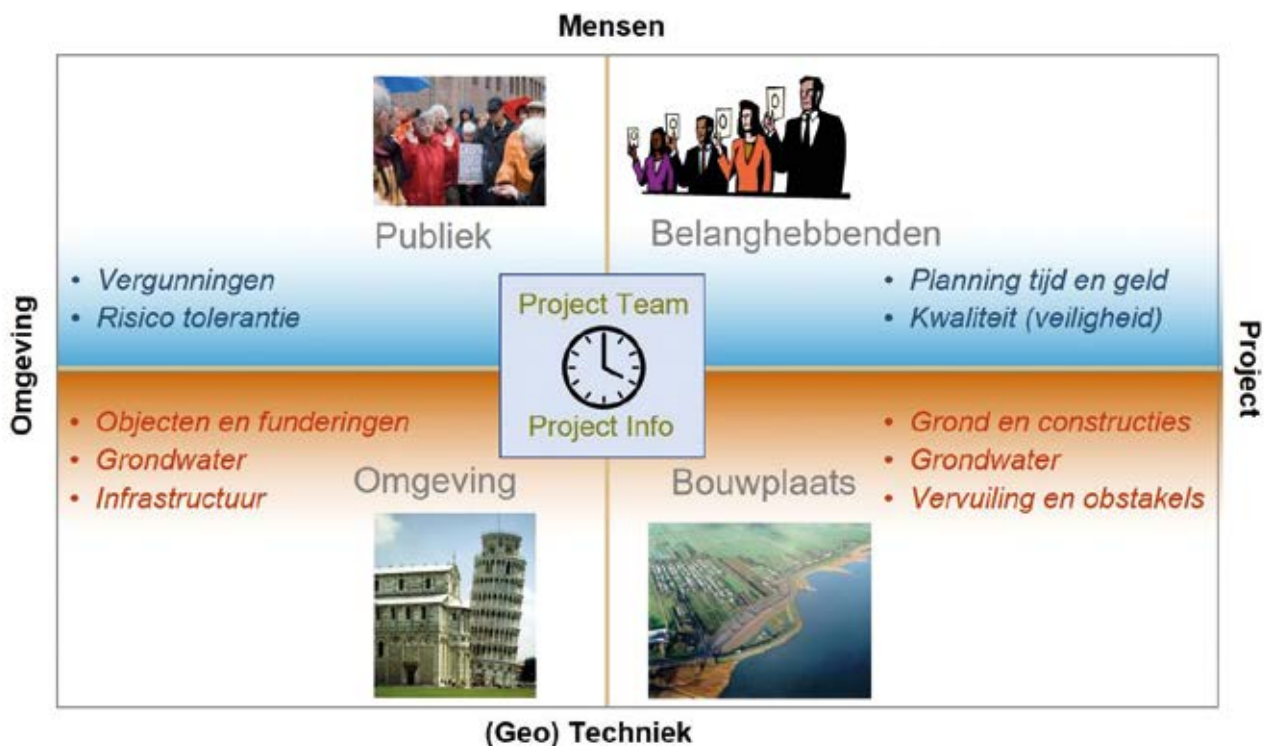
Risicomanagement is een vak apart, is vastgelegd in standaarden (bijv. ISO31000) en verdient alleen al voor dijkversterkingsprojecten eigenlijk een eigen handleiding. Risicomanagement is het geheel aan gecoördineerde activiteiten om een project te sturen en te controleren, met het doel om risico's continu, bewust en proactief te beheersen. Een risico kan daarbij worden gedefinieerd als een potentieel gevaar met een bepaalde kans van voorkomen en een ongewenst effect op de doelstellingen.

Risicomanagement bestaat uit het doorlopen van 4 stappen: (1) van een integrale risicoanalyse, (2) via het vastleggen van beheersmaatregelen en (3) het implementeren van maatregelen, (4) naar het evalueren van de beheersmaatregelen. Met de RISMAN-methode wordt de risicoanalyse zelf nog eens opgedeeld in 4 stappen: (1a) het vaststellen van het doel (inclusief de risicoacceptatie), (1b) het in kaart brengen van de risico's, (1c) het vaststellen van de belangrijkste risico's en tenslotte (1d) het in kaart brengen van de (beheers)maatregelen. Het gehele proces is cyclisch, dus na het evalueren van de beheersmaatregelen (stap 4) wordt opnieuw een risicoanalyse uitgevoerd (stap 1). Tijdens de cyclus wordt een risicodossier bijgehouden met daarin de geïnventariseerde risico's, kansen, effecten (bijv. op tijd en geld), taakverdeling.

Naarmate het werk vordert krijg je steeds meer inzicht in de werkelijk opgetreden mee- en tegenvallers en kunnen ON en OG het risicodossier gebruik om de vinger aan de pols te houden.

Binnen dijkversterkingsprojecten kan risicomanagement ook worden geschematiseerd met de risico-klok. Deze klok is afgebeeld in Figuur 4-3. Risicomanagement anticipeert hierbij actief op de interacties tussen vier 'risico-kwadranten'. Deze kwadranten houden rekening met alle technische en niet-technische interacties, en alle interacties tussen project en omgeving. Bij risicomanagement komen de kwadranten allen aan bod en deze beweging verloopt idealiter tegen de klok in. Hierbij kan gestart worden bij het onderdeel interne stakeholders: de interne stakeholders (direct belanghebbenden) dragen zorg voor een correcte en realistische risico-communicatie naar vergunningverleners en het publiek, stellen in overleg een monitoringsplan op voor de omgeving (bijv. bedreigde objecten) en gebruiken de monitoringinformatie vervolgens voor de risicobeheersing in het bouwproces.

Zonder actief risicomanagement is het verloop vaak met de klok mee: bouwwerkzaamheden veroorzaken schade aan objecten in de omgeving, het publiek en vergunningverleners worden onrustig, door aandacht in de media veroorzaakt dit stress bij belanghebbenden en beslissers, en uiteindelijk leidt dit tot beperkingen voor het bouwproces. Het tijdig betrekken en informeren van de omgeving is daarom een belangrijk instrument voor een succesvol bouwproject. Dit geldt zowel voor de voorbereidingsfase als voor de uitvoeringsfase, met als grootste verschil dat in de uitvoeringsfase er meer in korte tijd gebeurt, dus een grotere handelingsnelheid nodig is (de klok gaat sneller draaien).



Figuur 4-3 Risicomanagement aspecten bij een dijkversterkingsproject (bron: TU Delft college CIE4390, 2016).

Risicobudget

Het bijhouden van een risicobudget is een goed hulpmiddel om verrassingen tijdig te onderkennen. Het risicobudget wordt vooraf bepaald op basis van de kans op ongewenste gebeurtenissen en de gevolgen hiervan. Dat kan in tijd, in geld en in kwaliteit zijn. Naarmate de uitvoering vordert wordt het duidelijk in welke mate ongewenste gebeurtenissen (voorzien of onvoorzien) werkelijk optreden en welke gevolgen die hebben voor het tevoren geraamde risicobudget. Op basis hiervan kan het risicobudget worden bijgesteld en ontstaat naarmate het werk vordert een steeds beter beeld van het eindresultaat. Het wordt dan duidelijk of er een tekort of een overschot moet worden verwacht t.o.v. de eerste inschatting. Het is evident dat een dergelijk risicobudget zowel door ON als door OG kan worden bijgehouden op basis van de contractueel overeengekomen risicoverdeling. Iedere partij kan dan lopende de uitvoering de eventueel noodzakelijke maatregelen treffen.

4.4 Personeel

Bij dijkversterkingsprojecten ontstaan veel risico's uit het niet voorspelbaar en correct handelen van de bij de dijkversterking betrokken partijen en belanghebbenden. Om in controle te zijn en een succesvol dijkversterkingsproject te realiseren is daarom ervaren personeel met kennis en kunde nodig. De belangrijkste aandachtspunten hierbij zijn:

- Het personeel heeft specifieke kennis en ervaring nodig met dijkversterkingen, bij alle relevante onderdelen zoals opgenomen in Figuur 4-1. Dit houdt in dat het team de benodigde ervaring heeft met vergelijkbare projecten. Indien dit niet het geval is dient het team versterkt te worden en vindt op zijn minst systematisch kennisuitwisseling (bijv. met een onafhankelijke Construction Board) plaats.
- Het personeel heeft specifieke competenties nodig voor het samenwerken in (complexe) integrale infra-projecten. Er wordt te allen tijde gestuurd op een veilige werkomgeving.
- Voor samenwerking tussen verschillende partijen is het belangrijk om gezamenlijk een heldere rolverdeling vast te stellen tussen de rollen financier, opdrachtgever, initiatiefnemer, directie & toezicht, aannemer, beheerder en kwaliteitsborger (bijv. met Design Board c.q. Construction Board).
- De teams van opdrachtnemer en opdrachtgever dienen bij voorkeur elkaar te spiegelen in kennis en ervaring.
- Het personeel werkt met en is behendig in het gebruik van data- en informatiemanagement als ondersteuning in projecten.
- Er wordt bewust gestuurd op kennismanagement en het uitwisselen van kennis op interdisciplinair niveau. Maak gebruik van kennis bij bijvoorbeeld collega waterschappen voor bepaalde inhoudelijke uitdagingen.
- Er is effectieve communicatie nodig tussen alle teamleden en met alle relevante stakeholders (draagvlak en vertrouwen). Van meet af aan investeren in elkaar: openheid, meedenken, maar ook duidelijkheid verschaffen.
- Ondanks goede kwaliteitsregistratie door opdrachtnemer is het van belang dat opdrachtgever voldoende (product)controles uitvoert waarvoor voldoende tijd en capaciteit beschikbaar is. Het is zinvol om bij de aanvang van de werkzaamheden sluitende afspraken te maken over deze registratie zodat geen vertragingen ontstaan bij de oplevering en overdracht aan de beheerder aan het eind van het werk.

4.5 Organisatorische aspecten

Voor de organisatie van een dijkversterkingsproject is een goede fasering gekoppeld aan planning, budget en capaciteit van groot belang. Aandachtpunten zijn:

- Communiceer vroegtijdig naar iedereen wat de scope, doelstellingen, knelpunten en tijdpaden van het project zijn. Zo wordt iedereen aangehaakt, staan alle neuzen dezelfde kant op, weet iedereen zijn of haar positie in het geheel en kunnen zij hiervoor indien nodig voorbereidingen treffen (bijv. vroegtijdig inschakelen van deskundigen of adviseurs).
- Met name bij een samenwerking tussen meerdere partijen is het belangrijk om op alle niveaus het mandaat duidelijk te maken. Richt een (de)escalatiemodel in voor alle betrokken partijen (OG, ON, en mogelijk andere partijen). Spreek af dat op alle niveaus overleg met elkaar plaatsvindt. Verwezen wordt naar het DeEscalatie Model van Unie van Waterschappen en Pianoo.
- Zorg ervoor dat je in controle bent en zorg dat je niet achter de feiten aanloopt.
 - Herken risico's (bijv. potentiële vertragende factoren) vooraf. Risico's m.b.t. kabels & leidingen en grondverwerving zijn vaak top risico's. Leg duidelijk afspraken vast over de verantwoordelijkheden van OG en ON.
 - Perk vertragende factoren zo veel mogelijk in bij de voorbereiding en zorg voor voldoende ruimte voor deze factoren tijdens de uitvoering (zowel qua tijd, geld als kwaliteit).
- Benoem activiteiten op het kritieke pad en manage deze actief.
- Aanwezig, zichtbaar en aanspreekbaar omgevingsmanagement vanaf de start, doen wat je zegt, duidelijkheid over rollen en mogelijke combinaties van rollen (voorkomen dat er verkeerde beelden ontstaan doordat iemand twee petten heeft).
- Maak heldere afspraken over de omgang met afwijkingen ten opzichte van planning, kwaliteit, kosten en belangen.
- Heldere projectstructuur en verhoudingen tussen projectorganisaties en lijnorganisaties.

4.6 Wetgeving en politieke bereidheid

Vanuit wetgeving en politieke bereidheid zijn er enkele risico's die naar voren kunnen komen:

- Onzekerheden met betrekking tot (nieuwe) wetgeving en richtlijnen.
- Werken met grond is werken met onzekerheden. Ook al zijn er wetten en richtlijnen voor het toetsen, beoordelen en bouwen van dijken; doordat het werken met grond voor onzekerheden zorgt, is het onmogelijk om alles in wetten en regels te stoppen. Dit risico en de beheersing ervan (bijv. met grondonderzoek en bestekken) worden nader besproken in Hoofdstuk 8.
- Onduidelijkheden over de wijze van besluitvorming.
- Onzekerheden over de politieke besluitvorming (bijv. is er draagvlak en wat is de politieke agenda). Deze onzekerheden nemen af nadat de uitvoering is begonnen, maar ze blijven wel bestaan. Juist in de uitvoering kan blijken dat de werkelijkheid anders is dan de gewekte/ontstane verwachtingen.

4.7 Contractuele aspecten

Het contract regelt de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer en beschrijft hoe met risico's moet worden omgegaan. In Hoofdstuk 10 (Contracten) staat een nadere toelichting op contractvormen- en keuzes binnen dijkversterkingen. De belangrijkste aandachtspunten voor risicomangement hierbij zijn:

- Binnen contracten wordt onderscheid gemaakt tussen de door het project zelf beïnvloedbare (interne) risico's en de niet beïnvloedbare (externe) risico's door omstandigheden van buitenaf. Elk type risico vraagt z'n eigen maatregelen.
- Er bestaat vaak de neiging om veel risico's af te wentelen op de opdrachtnemer. Dat is alleen zinvol wanneer het gaat om risico's die deze zelf kan beïnvloeden. Het onderbrengen van externe risico's bij de opdrachtnemer leidt meestal tot hogere kosten en in extreme gevallen tot claims en faillissementen.
- Het is belangrijk om vroegtijdig helderheid en onderbouwing te geven omtrent de keuze over de contractvorm zodat hierop kan worden ingespeeld (gebruik maken van de sterke punten en managen van de zwakke punten van de contractvorm).
- De contractkeuze heeft een grote invloed op de wijze waarop uitvoeringsrisico's worden beheerst. Wanneer een project bijvoorbeeld in 2 contracten en fases wordt geknipt met elk een eigen opdrachtnemer, dan ontstaat er een extra oplevermoment. De opdrachtgever moet daarbij het werk van opdrachtnemer 1 uit de eerste fase accepteren en doorgeven aan opdrachtnemer 2. Bij de combinatie van beide fases in 1 contract voor 1 opdrachtnemer wordt dit tussentijdse oplever- en doorgeefmoment vermeden. Dit leidt tot andere kwaliteit- en opleverrisico's voor opdrachtgever en opdrachtnemer(s).
- Met betrekking tot risico's is het binnen een contract belangrijk om aandacht te schenken aan kwaliteitsborging (bijv. verantwoordelijkheden en objectiviteit), wijzigingenbeheer, raakvlakkenbeheer, afspraken met derden en het inschakelen van externen.

4.8 Technische aspecten

4.8.1 Inleiding

Projectrisico's zijn vaak technische en plaatsgebonden (object-)risico's voor de dijk en de objecten in, op of nabij de dijk. Deze technische risico's zullen vaak een technische oorzaak hebben. Echter, technische risico's kunnen ook een niet-technische oorzaak hebben zoals communicatie.

4.8.2 Ontwerp

Voor het uitvoeren van een dijkversterking is het uitgangspunt dat het bij de start bekend is wát er gebouwd gaat worden, ofwel het technisch ontwerp is gereed. Aan dit technisch ontwerp is al een risicomangement proces voorafgegaan. Tijdens de planvorming, het ontwerp en de contactvoorbereiding zijn al keuzes gemaakt welke risico's worden beheerst en niet beheerst, welke beheersmaatregelen worden ingezet en hoe dit wordt verdeeld over OG en ON. Belangrijke aspecten voor de technische risico's zijn:

- De kwaliteit van het technisch ontwerp (bijv. detailniveau, compleetheid en uitvoerbaarheid).
- De complexiteit van het ontwerp (recht-toe-recht-aan of complex, raakvlakken).
- De innovaties (en daarbij ook de onzekerheden) die zijn verwerkt in het ontwerp.
- De mate waarin in het ontwerp is rekening gehouden met onzekerheden en onvoorziene omstandigheden (solide ontwerp of zijn aanpassingen nodig).

4.8.3 Realisatie

Tijdens de realisatiefase wordt bepaald hoe het dijkontwerp daadwerkelijk wordt gebouwd. Hierbij moet allereerst rekening gehouden worden met normale bouwrisico's die een vlot en veilig bouwproces beïnvloeden. Tijdens deze realisatiefase komen daarnaast veel risico's voort uit onzekerheden en verrassingen in de bestaande dijk en de bodemopbouw en uit de omgeving. Vooral onzekerheden van de ondergrond zorgen voor hoge risico's tijdens de realisatie.

Tot slot moet bij de realisatie van de dijkversterking ook worden geanticipeerd op hoogwater risico's. Hoogwater kan in veel gevallen enige tijd vooruit worden voorspeld. Dit is met name het geval bij de bovenrivieren. Bij wateren met storm gedomineerd hoogwater zijn voorspellingen minder betrouwbaar. Echter, in alle gevallen kunnen er altijd plotseling onvoorziene omstandigheden optreden die afwijken van de voorspellingen. Immers, de dijksterkte kan tijdelijk meer zijn afgenomen dan verwacht en de natuur kan zich toch anders, gevaarlijker en/of sneller gedragen dan vooraf is voorzien. De afstemming van de uitvoering met dijkbeheer met betrekking tot hoogwater wordt geregeld in het hoogwateractieplan (Hoofdstuk 7).

4.8.4 Veel voorkomende uitvoeringsrisico's

De onderstaande tabel geeft een overzicht van een aantal veel voorkomende uitvoeringsrisico's.

Tabel 4-1 Veel voorkomende risico's bij de uitvoering van een dijkversterking. De tabel is opgesteld op basis van "The International Levee Handbook" [Sharp et al, 2013].

Risico voor de dijk	Beheersmaatregelen
Ongewone bodemeigenschappen	<ul style="list-style-type: none"> Betrek een diverse groep aan experts met relevante ervaring op het vlak van geotechniek. Met deze kennis in huis worden risico's eerder en beter ingeschat.
Niet voorziene bodemeigenschappen	<ul style="list-style-type: none"> Om de bodemopbouw goed in kaart te brengen moet in het voortraject voldoende geotechnisch grondonderzoek worden uitgevoerd. De uitvoerder moet, voordat de realisatie begint, het veld in om de situatie nogmaals te analyseren en afwijkingen t.o.v. het ontwerp te identificeren. De opdrachtgever, zijn specialisten en de uitvoerder moeten gezamenlijk en actief betrokken worden bij de graafwerkzaamheden en bevindingen die daar worden gedaan. Wanneer blijkt dat de bodem anders is opgebouwd dan verwacht, dan moet het ontwerpteam nagaan in hoeverre de ontwerputgangspunten worden beïnvloed. Om vertragingen te voorkomen moet, indien nodig, zo snel mogelijk tot actie worden overgegaan. Zorg voor een robuust en volledig risicomangement proces.
Significante zettingen en/of ruimtelijke variatie in de zettingen	<ul style="list-style-type: none"> Het uitvoeren van een goed geotechnisch grondonderzoek en bijbehorende proeven helpt om risico's in beeld te brengen m.b.t. zettingen. Om zettingen te versnellen is het mogelijk om tijdelijk drains, vacuümconsolidatie, voorbelastingen of een combinatie daarvan aan te brengen. Met maatregelen zoals paalfunderingen, versterkingen van het wegdek of voegovergangen kunnen de negatieve effecten van zettingen worden beperkt.
Falend dijkontwerp. Foute uitgangspunten, hydraulische randvoorwaarden en fouten in het ontwerpproces. Gevolgen liggen in de verschillende faalmechanismen van de kering, maar ook het achterland (bijv gemalen met niet toereikende capaciteit bij golfoverslag)	<ul style="list-style-type: none"> Verificatie van de uitgangspunten, hydraulische randvoorwaarden en het ontwerp bij experts (ook van derde partijen) en vergelijken met soortgelijke projecten. Modelering van het hydraulisch dijkontwerp en het uitvoeren van proeven in een modelomgeving helpt om vroegtijdig fouten op te sporen. Indien nodig kunnen fysieke proeven worden uitgevoerd. Het gebruik van tijdelijke golfbrekers en/of goed ontwerpen en aangebrachte (stenen) taludbekleding vermindert tijdens de realisatiefase de risico's met betrekking tot schade en erosie aan talud en overstroming en golfoverslag.
Kwel	<ul style="list-style-type: none"> Kweloverlast kan worden beheerst met goede drainage en in sommige gevallen door toepassing van een kwelscherm.

Omgevings- en politieke risico's	<ul style="list-style-type: none"> • Zorg ervoor dat de relevante personen en organisaties die het project kunnen beïnvloeden of zelf worden beïnvloed door het project, tijdig en goed op de hoogte zijn en inspraak kunnen leveren. • Een grondige voorbereiding (ontwerpproces) met adequaat omgevingsmanagement kan voorkomen dat tijdens de uitvoering dergelijke risico's nog of pas aan de orde komen.
Veranderende klanteisen (incl. veranderingen bij de opdrachtgever)	<ul style="list-style-type: none"> • Zorg voor een tijdige afstemming met OG en stakeholders en spreek duidelijke mijlpalen af. • Indien mogelijk, zorg voor een flexibel en/of robuust ontwerp.
Niet-gesprongen explosieven (NGE)	<ul style="list-style-type: none"> • Een gedetailleerd onderzoek op basis van historische gegevens. • Het toepassen van een grondradar of het inhuren van een NGE-specialist voor plekken met hoge risico's.
Kabels en leidingen (K&L)	<ul style="list-style-type: none"> • Voer vroegtijdig een KLIC-melding uit en ga ook vroeg in het project in gesprek met de betrokken partijen. Zorg ervoor dat er voor de realisatiefase een gedragen en uitvoerbare oplossing is vastgesteld. • Kijk naar de producten van de POV K&L, o.a. Stappenplan Samen Sterk Beginnen.
Grondverwerving	<ul style="list-style-type: none"> • Grondverwerving vormt een belangrijk risico en kostenpost binnen dijkversterkingsprojecten. Het inventariseren en beheersen van dit risico (opstellen van strategieën, grondaankoopplannen en het uitvoeren aankopen) gebeurt echter al voor de realisatiefase. Tijdens de realisatie ontdekken dat benodigde grondaankopen niet zijn gedaan levert zeer veel vertraging op. • Belangrijk is om rekening te houden met de gronden die tijdelijk nodig zijn voor het uitvoeren van de dijkversterking.
Onvoorziene milieu problemen/risico's	<ul style="list-style-type: none"> • Zorg ervoor dat aanpassingen in het ontwerp en de uitvoering op tijd worden afgestemd met relevante stakeholders.
Onverwachte negatieve resultaten bij testen en in gebruikname. Vooral een risico bij kunstwerken en installaties met mechanische en elektronische componenten.	<ul style="list-style-type: none"> • Stel vroegtijdig een plan op voor het testen en in gebruik nemen van de dijk en de bijbehorende kunstwerken en installaties. • Zorg ervoor dat iemand de rol krijgt toegewezen om dit alles te overzien. • Zorg ervoor dat testresultaten, correctieve maatregelen en de communicatie tussen OG en ON hierover goed wordt gedocumenteerd.
Wijzigingen van het ontwerp tijdens de uitvoering	<ul style="list-style-type: none"> • Benoem van te voren de nader uit te werken aspecten en de daarbij voorziene risico's. • Koppel wijzigingen terug met de ontwerper of het ontwerpteam, of vraag aan de ON een onderbouwing van het gewijzigde ontwerp.

4.8.5 Incident management

Incidentmanagement heeft als doel om na een incident (een risico dat daadwerkelijk plaats vindt) zo spoedig mogelijk de oorzaak van het incident op te sporen, de oorzaak op te lossen en/of de schade te beperken. Op de Dijkwerkersdag van 23 mei 2017 is een workshop incident management gehouden, met de titel 'Dijkafschuiving: incident of catastrofe'. In deze workshop zijn enkele voorbeelden van realistische incidenten in de bouwfase voorgelegd aan een groep dijkwerkers en andere betrokkenen. Deze voorbeelden staan afgebeeld in Figuur 4-4. Tijdens de Dijkwerkersdag zijn de voorbeelden besproken vanuit het perspectief van de dijkbouwer (de opdrachtnemer, vaak een uitvoerend consortium), de dijkbeheerder (vanuit de rol als opdrachtgever en vanuit de rol als beheerder) en de bewoners en/of de media.



A



B



C



D

Figuur 4-4 Voorbeelden van incidenten die kunnen optreden in de bouwfase. A, B, C: (bron: van der Meer, 2017); D: (bron: Noord-Holland Nieuws, 2017).

Afschuiving deklaag buitentalud (afbeelding A in Figuur 4-4)

Kort na de realisatie schuift een deel van het buitentalud van de dijk af (over bijna 100 m). De toplaag van de dijk en het voorland zijn recent aangebracht en zijn erg nat. De onderlaag van klei is goed verdicht. Eerder zijn langsscheuren in het buitentalud waargenomen. Gedacht werd daarbij aan droogtescheuren. De dijk beschermt een gebied met diverse woonkernen.

Grote afschuiving binnentalud (afbeelding B in Figuur 4-4)

Tijdens het verbreden van de Bergse Maasdijk ter plaatse van Well schuift plotseling over 100 m de binnenzijde van de kering af. De weg op de dijk raakt zwaar beschadigd. De resterende dijk is te krap om weerstand te bieden tegen relatief hoogwater. Onder de Bergse Maasdijk loopt de 150 m brede oude rivierbedding van de Maas uit 1906.

Omgevallen kraan (afbeelding C in Figuur 4-4)

Voor de dijkversterking moesten zware damwanden in de dijk aangebracht worden met behulp van een grote kraan. Tijdens het transport is de kraan van de dijk gevallen en rakelings langs een huis op de grond terecht gekomen. Ten tijde van het incident waren geen bewoners in het pand aanwezig en zijn er geen mensen gewond geraakt. Alleen de kraan is beschadigd.

Niet-gesprongen explosief (afbeelding D in Figuur 4-4)

Bij het ontgraven van het cunet van de voorlandverbetering bij een bestaande dijk is iets aangetroffen dat lijkt op een onontploffte bom uit WOII. In de directe nabijheid is geen bebouwing aanwezig. Wel komt de veiligheid van uitvoerend personeel en belangstellenden en de mogelijke standzekerheid van de waterkering in geding als de bom onverhoopt ontploft.

Tijdens de Dijkwerkersdag zijn op basis van bovenstaande casussen door de deelnemers de volgende adviezen opgesteld over hoe gehandeld moet worden met betrekking tot incident management:

- Neem incidentbeheersing mee in de contracteringsfase.
- Betrek de omgeving in een vroeg stadium en blijf deze actief betrekken tijdens de gehele bouwperiode.
- Maak onderscheid tussen incidenten die wel/geen effect hebben op de (water)veiligheid.
- Denk na over (het vermijden van) escalatie naar calamiteitenorganisaties binnen het waterschap of zelfs het moeten overdragen van de regie aan het bevoegd gezag (burgemeester c.q. CvdK).
- Communiceer open en feitelijk.
- Beheerder en bouwer (aannemer) 'spreken met één mond', dus niet afschuiven of zwartepieten.
- Schets de stappen die je gaat zetten.
- Geef aan wanneer er een update van de informatie komt.
- Besteed voldoende aandacht aan de zorgen die leven bij belanghebbenden.
- Probeer aan het incident ook een positieve boodschap te plakken, bijvoorbeeld dat verrassingen in de ondergrond ook bijdragen aan het historisch besef.
- Houd je aan je werkplan.
- Creëer een eigen communicatiekanaal, gebruik kanalen van derden alleen om door te verwijzen.
- Maak gebruik van de nieuwe media, zoals Twitter, YouTube e.d. in de communicatie naar de omgeving en de buitenwereld en realiseer je dat deze lijnen sneller werken dan de oude media.
- Rond het incident netjes af, inclusief vastlegging en benutten van het geleerde in het vervolg.

5.1 Inleiding

Een waterkeringbeheerder voert het operationeel beheer en (klein) onderhoud uit voor zijn dijkenarsenaal. Op gezette momenten komt daar een ander deel van zijn organisatie (vaak aangevuld met buitenstaanders) doorheen om groot onderhoud of dijkversterking uit te voeren.

In de aanloop daarnaartoe wordt de dijk beoordeeld en vindt een verkennings- en planuitwerkingsfase plaats. Zeker gedurende de realisatiefase is de waterkeringbeheerder de dijk als het ware even "kwijt". Beheer- en onderhoudswerkzaamheden worden opgeschort, zolang de aannemer de dijkversterking realiseert. Daarna komt de aangepaste dijk weer onder verantwoordelijkheid van de beheerorganisatie.

Bij iedere wijziging in de verantwoordelijkheden vindt veel informatieoverdracht plaats mede omdat er in de planvormingsfase en uitvoeringsfase veel nieuwe informatie wordt gegenereerd. De dijkbeheerder zal er vooraf op willen toezien dat zijn versterkte dijk weer goed te beheren en te onderhouden is. Daarnaast is het van belang dat de beheerder duidelijk krijgt wat gedurende de beheerfase moet worden gemonitord om het toekomstige beheer en de beoordeling goed te kunnen uitvoeren.

Er vindt gedurende de levenscyclus van een dijk en fasen van een project dus informatieoverdracht plaats tussen de beheerorganisatie en verschillende projectorganisaties en onderhoudspartijen. Het is belangrijk om je te realiseren dat het hier om overdracht gaat tussen mensen met verschillende rollen die in die fasen ook andere typen werkzaamheden uitvoeren. Het totaal aan informatie is vaak omvangrijk, in hoeveelheid, maar ook in diversiteit. Juist in deze faseovergang zitten risico's op verlies van informatie en op een fout begrip van de overgedragen informatie. Zie hiervoor ook het hoofdstuk over risico's. Voor juist gebruik van de informatie zijn belangrijke kenmerken van de overdrachtdossiers:

- overzichtelijke indeling en rubricering: transparantie en vindbaarheid van informatie;
- traceerbaarheid: waar komt de informatie vandaan en is zij betrouwbaar;
- verificatie van eisen aan het ontwerp, herleiding naar de "klanteisenspecificatie";
- toegankelijkheid, hardcopy's, softcopy's en leesbaarheid;
- kwaliteit van de geleverde informatie: volledigheid, accuratesse en actualiteit.

Kwaliteit van het werk en keuring

Vanaf het begin is het belangrijk om afspraken te maken over kwaliteit van het werk en hoe deze gekeurd en gemeten wordt. Dit vereist al aandacht in de planvormings- en ontwerpfase. Het dient daarnaast helder te worden aangegeven bij de selectie van de aannemer en voor de doorwerking en beheersing van het contract tijdens uitvoering en bij oplevering. Hoofdstuk 10 over contracten en keuringsplannen gaat hier uitgebreider op in.

Een belang is hier dat met het toenemen van informatie en kennis, de noodzaak tot meer samenhang toeneemt en daarmee de behoefte aan standaardisering. BIM (BouwwerkInformatieModellering) is een concept dat steeds meer wordt toegepast. Het heeft voordelen voor het overbrengen van informatie. Met BIM is het onder andere mogelijk een volledige database eenvoudig over te dragen. In bijlage 3 wordt het concept BIM nader toegelicht.

Uit het bovenstaande blijkt het grote belang van een goede overdracht van alle beschikbare informatie bij elke overgang van de ene naar de andere fase.

5.2 Van planvorming naar uitvoering

5.2.1 Einde van de planvormingsfase

Om te komen tot een besluit over de manier waarop een dijkversterking uiteindelijk wordt gerealiseerd, bestaan er verschillende procedures en werkwijzen. Voor dit handboek is het niet van belang om in te gaan op de nuances van de verschillende procedures en werkwijzmethoden. Het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP): een programma waarin Rijk en waterschappen intensief samenwerken om Nederland te beschermen tegen overstromingen, kent een werkwijze gebaseerd op het MIRT (Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport). In HWBP-projecten bestaat de planvorming uit twee fasen: de verkenningfase en de planuitwerkingsfase. Voordat in de realisatiefase de uitvoering start wordt het contract opgesteld en vindt de aanbesteding plaats (zie Figuur 5-1).



Figuur 5-1 Van planvorming tot uitvoering en de verschillende MIRT-fases en producten.

Op grond van artikel 5.4 lid 1 van de Waterwet geschiedt de aanleg of wijziging van een waterstaatswerk door of vanwege de beheerder overeenkomstig een door hem vast te stellen projectplan Waterwet. Op grond van het vierde lid van die bepaling wordt geen projectplan vastgesteld indien ten aanzien van de aanleg of wijziging van dat waterstaatswerk een Rijksinpassingsplan (RIP) of een Provinciaal Inpassingsplan (PIP) wordt vastgesteld. In een dergelijk RIP en/of PIP zijn de ruimtelijke relevante aspecten (ligging, vorm, afmetingen) van de aan te leggen waterstaatwerken vastgelegd.

Daar waar de dijkversterking wordt gecombineerd met ruimtelijke maatregelen worden de procedures van de Waterwet en de Wet ruimtelijke ordening (Wro) met elkaar vervlochten en kan worden besloten een Rijksinpassingsplan (RIP) of Provinciaal Inpassingsplan (PIP) met de functie van een projectplan Waterwet op te stellen. Het versterken van regionale keringen kan in specifieke situaties ook plaatsvinden op basis van de bestaande legger. Een projectplan Waterwet is dan niet nodig. Met de inwerkingtreding van de Omgevingswet worden de Waterwet en de Wro geïntegreerd en vervalt het Projectplan Waterwet, RIP en PIP en gaat het om een Projectbesluit. Voor dit handboek gaan we nog uit van een Projectplan Waterwet.

De planvormingsfase voor een dijkversterking wordt afgesloten met een vastgesteld Projectplan Waterwet. Geïnteresseerden moeten uit dit Projectplan kunnen afleiden:

- het doel van de voorgenomen versterking;
- effecten van de versterking op de omgeving;
- de maatregelen om het doel te bereiken inclusief de maatregelen om de effecten op de omgeving te mitigeren of eventueel te compenseren.

Nadat eerst een ontwerp Projectplan Waterwet ter inzage is gelegd, de daarop ingediende zienswijzen zijn beantwoord en eventueel aanpassingen zijn gedaan, stelt het betreffende Bevoegde Gezag (BG) formeel het Projectplan met bijbehorende vergunningen of vergunningsaanvragen vast. Dit vastgestelde Projectplan wordt wederom ter inzage gelegd, waarbij beroep mogelijk is. Vervolgens wordt het Projectplan, eventueel pas na een uitspraak van de Raad van State, onherroepelijk vastgesteld. Een vastgesteld Projectplan maakt dat althans bestuurlijk gezien de realisatie kan starten en "de schop in de grond" kan.

Het uitwerkingsniveau voor een Projectplan moet voldoende zijn om het Bevoegd Gezag (BG) een besluit te laten nemen, waarbij het zeker niet altijd nodig is om al een DO te hebben. Indien het ruimtebeslag, de inpassing in en de effecten op de omgeving, de kosten met voldoende zekerheid bekend zijn op voorontwerpniveau (VO) kan een besluit al worden genomen. In de praktijk is de mate van uitwerking voor het Projectplan van het dijkversterkingsontwerp niet altijd DO. Daardoor ontstaat een soort van tussenfase waarin het ontwerp nog verder moet worden uitgewerkt, voordat daadwerkelijk aan de uitvoering kan worden begonnen. Veelal wordt de bestuurlijke fase tot vaststelling van het besluit gebruikt om het ontwerp definitief te maken (DO) en een aannemer te selecteren.

DO definitief ontwerp of detailontwerp?

In dit document hanteren we het begrip 'definitief ontwerp' dat we afkorten met DO. Definitief ontwerp is niet helemaal hetzelfde als detailontwerp, hoewel het, enigszins verwarrend, ook vaak op dezelfde manier wordt afgekort. Met definitief ontwerp bedoelen we een ontwerp dat op de belangrijkste punten als ruimtebeslag, kosten en inpassing in zijn omgeving niet meer zal wijzigen. Er kunnen details overblijven die zich er goed voor lenen om in het uitvoeringsontwerp (UO) te worden uitgewerkt.

Een typisch andere mogelijkheid is dat in de planvormingsfase een referentieontwerp is gemaakt en de opdracht naar de aannemer wordt geherformuleerd naar functionele specificaties betreffende de centrale doelstelling van bescherming tegen overstroming, inpassing in de omgeving, kosten en een aantal andere neven- of subdoelstellingen. De aannemer doorloopt dan in de praktijk weer de trits van voorontwerp (VO), definitief ontwerp (DO) en uitvoeringsontwerp (UO). Dit handboek beperkt zich ook hier grotendeels tot de fase na het DO.

Rondom het einde van de planvormingsfase en het begin van de uitvoeringsfase is er dus veel dynamiek door:

1. vaststellingsprocedure Projectplan voor de dijkversterking;
2. overgang van voorontwerp (VO) naar definitief ontwerp (DO);
3. overdracht van "planvormers" naar "uitvoerders", vaak van de dijkbeherende organisatie naar een aannemer via een aanbestedingsprocedure of in meer design-en-constructachtige situaties via een intern overdrachtsproces.

5.2.2 Overdracht van planvormingsfase naar uitvoeringsfase

Inhoud van de over te dragen informatie van "planvormers" naar "uitvoerders"

In dit handboek geldt als uitgangspunt dat de uitvoeringsfase start met een bekend definitief ontwerp (DO). Bij overdracht vanuit planvorming naar de uitvoering is het van belang dat de aannemer zoveel mogelijk informatie verkrijgt die in het voortraject reeds is verworven om:

1. een uitvoeringsontwerp (UO) te kunnen maken dat kan realiseren wat met VO en DO is beoogd;
2. de impact op de omgeving te kunnen beheersen zoveel mogelijk in overeenstemming met de eisen die de OG (in afstemming met de omgeving) stelt;
3. te kunnen voldoen aan wettelijke verplichtingen en vergunningseisen;
4. de logistiek van werkzaamheden af te stemmen op andere activiteiten in de omgeving;
5. goed omgevingsmanagement te kunnen uitvoeren.

Zonder uitputtend te zijn, kunnen bij de overdracht naar uitvoering de volgende documenten horen (zie hiervoor ook Hoofdstuk 6 Conditionering):

1. Projectplan Waterwet (Provinciaal Inpassingsplan (PIP) of Rijksinpassingsplan (RIP) en na inwerking treden van de Omgevingswet Projectbesluit) en daaronder liggende informatie:
 - a. notitie randvoorwaarden en uitgangspunten;
 - b. technische ontwerpnota's (hydraulica, geotechniek en geohydrologie, bekledingen, constructies, overige);
 - c. ontwerptekeningen DO;
 - d. hydraulisch en geotechnisch onderzoek;
 - e. bodemkwaliteitsonderzoek;
 - f. bekledingsonderzoek;
 - g. andere onderzoeken, zoals (grond)waterkwaliteit, watersysteeminformatie, asfalt, grondstromenplan, bouwkundige staat van constructies in de invloedszone, bescherming onderwatertaluds, obstakels in dijklichaam en ondergrond, andere voor de locatie specifieke onderzoeken.
2. Milieueffectrapport en deelrapporten:
 - a. natuur/ecologie: o.a. benodigde maatregelen tijdens uitvoering voor vergunning Flora- en Faunawet, eventuele compensatieplannen;
 - b. ruimtelijke, landschappelijke kwaliteit, cultuurhistorie;
 - c. archeologie: met maatregelen tijdens uitvoering ter voorkoming aantasting archeologische waarden;
 - d. overige aspecten die van belang kunnen zijn: water- en bodemkwaliteit, lucht- en geluid.
3. Vergunningen en vergunningaanvragen:
 - a. overzicht vereiste vergunningen en daarbij benodigde informatie;
 - b. verslagen overleggen met vergunningverleners;
 - c. reeds verleende vergunningen;
 - d. reeds opgestelde vergunningaanvragen, deels ook afhankelijk van door aannemer te kiezen uitvoeringswijze.
4. Overige zaken:
 - a. eisen voor beheer en onderhoud;
 - b. dossier kabels en leidingen (o.a. KLIC);
 - c. overzicht eigendomssituatie en onteigeningen en stand van zaken grondverwerving;
 - d. onderzoek en eventuele maatregelen niet-gesprongen explosieven (NGE);
 - e. mogelijkheden voor aan- en afvoer over weg en water;
 - f. beschikbaar gestelde bouwmaterialen;
 - g. contactgegevens en overzichten van belanghebbenden, hun belangen en – zo mogelijk bindende – afspraken die zijn gemaakt over ontwerp, bouwfase, oplevering en mogelijk ook beheer. Dit zijn de zogenaamde klanteisen.

5.3 Van uitvoering naar operationele beheerfase

5.3.1 Oplevering als formele stap

De dijkbeheerder neemt de dijk weer over van de aannemer als het dijkversterkingswerk gereed is, eventueel na een overeengekomen beheer- en onderhoudsperiode door de aannemer.

De dijk moet dan worden opgeleverd. Dit is een formele handeling waarbij de dijk weer "van de dijkbeheerder wordt" en de beheerder moet het werk dan ook formeel beoordelen in een aanvaardingsproces dat voorafgaat aan de daadwerkelijke oplevering.

De aannemer zal dus allerlei bewijsstukken moeten aandragen op basis waarvan de beheerder het werk beoordeelt: het opleverdossier.

We benoemen de volgende stappen onder verwijzing naar de UAV-GC 2012:

1. Aannemer: voornemen tot oplevering en opleveringsdossier.
Wanneer de dijkversterking in de ogen van de aannemer gereed is, meldt de aannemer formeel aan zijn opdrachtgever dat hij de dijk wil opleveren. De aannemer zal alle informatie die nodig is om aan te tonen dat het werk conform de eisen wordt opgeleverd en de informatie die nodig is voor de beheer- en onderhoudsfase overdragen in het opleverdossier.
2. Opdrachtgever/dijkbeheerder: keuring en verzoek om eventuele herstelwerkzaamheden vóór oplevering, benoeming van mogelijke restpunten voor ná oplevering.
De aannemer dient geconstateerde tekortkomingen die de opdrachtgever essentieel acht voor aanvaarding van het werk (vaak gerelateerd aan de hoofdfuncties van de dijk, waterkeren, en bijvoorbeeld verbindings- of toegangsweg) te herstellen.
3. Aannemer: uitvoering herstelwerkzaamheden en actualisering opleverdossier.
4. Opdrachtgever/dijkbeheerder: herkeuring en aanvaarding/oplevering en overdracht.
5. Oplevering: ingebruikneming van het werk, begin garantie- en eventueel onderhoudstermijn.
De aannemer herstelt eventuele restpunten en wordt gehouden aan werkzaamheden die volgen uit later optredende of later zichtbare gebreken (garantie) en eventueel afgesproken onderhoudswerkzaamheden. Tijdens de oplevering is het bovendien belangrijk dat aannemer en opdrachtgever afspraken maken over de overdracht van nog af te wikkelen en toekomstige schades, zettingen.

In het navolgende wordt een globaal overzicht gepresenteerd van de gewenste informatie. In Bijlage 2 bevindt zich een overzicht waarin in meer detail is beschreven welke documenten gewenst zijn in overdrachtdossiers.

5.3.2 Opleverdossiers

Het opleverdossier is een verzameling documenten, bestanden waaruit blijkt dat het werk, de dijkversterking in overeenstemming met het contract en eventuele overeengekomen contractwijzigingen is uitgevoerd. Formeel wordt het opleverdossier overgedragen vlak voor oplevering. In de praktijk kunnen er deelopleveringen zijn geweest en kan de aannemer onderdelen van het dossier al (veel) eerder hebben overgedragen en laten beoordelen door de dijkbeheerder.

Het opleverdossier bevat algemene documentatie met een beschrijving van het project en de locatie. Verder worden hier vermeld: de namen en contactpersonen van de opdrachtgever, de hoofdaannemer en onderaannemers en adviesbureaus. Dit gedeelte zal ook een overzicht van de over te dragen informatie bevatten. Wees alert op het tijdig opleveren van de eindafrekeningen van de kabels en leidingen die verlegd zijn.

In veel gevallen zal de beheerder een deel van de geleverde documenten rechtstreeks willen opnemen in de legger. Het is daarom van belang om reeds bij aanvang van de werkzaamheden overeenstemming te bereiken over de vorm waarin het opleverdossier wordt aangeboden.

5.3.3 Technische informatie en ontwerpstukken

Voor de achtergrond en uiteindelijke traceerbaarheid voor de operationele fase vindt tevens overdracht plaats van alle informatie uit de ontwerpfase. Hiertoe behoren alle ontwerp rapportages, ontwerptekeningen (onder andere van het uitvoeringsontwerp), onderzoeksrapportages en berekeningen. Het is hierbij belangrijk goed op het bestandstype te letten, niet alleen vanwege bewerk- en leesbaarheid, maar ook omdat het bestandstype soms leidend is in de keuze voor het ontwerp- en tekenprogramma dat gebruikt wordt tijdens de uitvoeringsfase en realisatie. De beheerder zal normaal gesproken eisen dat deze bestandstypen aansluiten op het systeem dat de beheerder zelf gebruikt voor zijn leggers en andere informatievastlegging.

De beheerder wil precies op tekening hebben hoe zijn dijk er nu uitziet en waar welke materialen zitten. Daarom volstaan de documenten van het uitvoeringsontwerp niet en zijn revisie- en as-built gegevens nodig. In de

praktijk worden de termen revisietekeningen en as built tekeningen wel eens door elkaar gebruikt. Er is echter een nuance: revisietekeningen zijn tekeningen die laten zien welke wijzigingen aangebracht worden ten opzichte van het uitvoeringsontwerp. In de as-built tekeningen zijn alle gemaakte wijzigingen opgenomen en worden deze weergegeven zoals ze daadwerkelijk gerealiseerd zijn. Uiteindelijk zijn de as-built tekeningen het belangrijkste voor de beheerfase.

Belangrijke onderdelen van de revisiegegevens zijn het voorspelde en werkelijke gedrag van de ondergrond en de aangebrachte grond en wat er tijdens de onderhoudsperiode nog wordt verwacht. Hiertoe behoren alle geotechnische ondergrondgegevens (inclusief de nieuw verworven informatie tijdens de uitvoering), verdichtingswaarden, tussentijdse hoogtemetingen aangebrachte ophoogslagen en zakkingsgegevens. Tevens moeten vooraf afspraken worden gemaakt over al of niet te handhaven monitoringsinstrumenten, zakbaken, waterspanningsmeters, e.d. die moeten worden overgedragen voor een goed beheer en onderhoud.

Alle bovenstaande informatiestromen moeten zijn gericht om het toekomstige beheer en onderhoud en de latere beoordeling van de versterkte dijk te optimaliseren.

5.3.4 Kwaliteit van het opgeleverde werk

Voor de beheerder is het belangrijk te weten wat de kwaliteit is van de opgeleverde waterkering en wat de kwaliteit en herkomst is van de geleverde materialen. Zeker wanneer er problemen met bepaalde onderdelen van het werk ontstaan, moet de herkomst traceerbaar zijn. In het onderstaande overzicht, is een aantal voorbeelden gegeven van documenten die deel uitmaken van het overdrachtdossier:

- In een *verificatierapport* wordt door de aannemer aangetoond dat de opgeleverde producten aan de gestelde eisen voldoen.
- Met *keuringsrapporten en keuringsformulieren* toont de aannemer aan dat de opgeleverde producten en materialen aan gestelde normen en eisen voldoen.
- In een *afwijkingrapport* wordt benoemd welke afwijkingen ten opzichte van het oorspronkelijke ontwerp hebben plaatsgevonden of zullen plaatsvinden en worden oorzaken en mogelijke consequenties van deze afwijkingen benoemd.
- Een *productcertificaat* is een verklaring dat een product of materiaal voldoet aan bepaalde technische specificaties. Deze specificaties zijn vaak vastgesteld in een norm (bijvoorbeeld NEN).
- Aan de hand van een *grondstromenregistratie* kan de herkomst van de grond en een eventuele toekomstige bestemming van de grond worden bepaald. Grondstromen kunnen zijn: het ontgraven, bestemmen, opslaan, vervoeren en storten van grond.
- Ook *vergunningen* moeten worden toegevoegd aan het overdrachtdossier inclusief onderbouwingen waaruit blijkt dat is voldaan aan vergunningsvoorwaarden; denk aan een ontgrondingsvergunning, natuurbeschermingsvergunning en vergunning voor het aanpassen van de ligging van een dijk.

5.3.5 Advies voor beheer en onderhoud

De beheerder moet voldoende informatie en advies hebben over de dijk en eventuele constructies met bedieningsinstructies om zijn waterkering goed te kunnen *beheren en onderhouden*, zeg maar een gebruiksaanwijzing. De beheerder draagt hiervoor zelf al veel kennis, maar uit de uitvoering kunnen specifieke zaken voorkomen die – tijdelijk – apart aandacht vragen. Voor de dijk als grondlichaam betreft dit vooral de steenbekleding, de grasmat, (weg)verhardingen, sloten en drainage en eventuele damwanden of beschoeiingen. Voor constructies wordt dit per constructie nader gespecificeerd. Voor alle niet-waterkerende objecten (kabels en leidingen, bebording, meubilair, bomen, andere vreemde elementen) dient relevante informatie te worden geleverd: hoogte- en diepteliggingen, typering, materiaal en wanddiktes, kwel- en erosievoorzieningen, eigendomsinformatie en onderhoudsverplichtingen en –adviezen. Overige informatie die dient te worden gespecificeerd is de ontwerplevensduur en de *vervangingsperiode*.

Indien mogelijk dient ook een *legger* mee te worden geleverd of tenminste voldoende informatie voor de beheerder om de bestaande legger te kunnen wijzigen.

Naast bovenstaande aspecten kan ook een onderhoudsplan voor de verbeterde dijk tot de over te dragen zaken behoren.

5.3.6 Risicodossier en veiligheids- en gezondheidsdossier

Zowel tijdens de uitvoering als in de operationele fase zijn er veiligheidsissues die behoren door te werken in het handelen van aannemer en beheerder. Tot de overdracht behoort dus ook een dossier met risico's uit de ontwerp- en uitvoeringsfase, die kunnen doorwerken in de operationele beheerfase, zowel onder normale als extreme omstandigheden. Hiertoe behoren onder andere ook de bouwkundige voor- en eindopnames en zettingsboutgegevens voor afhandeling van eventuele schadegevallen, archeologische gegevens, water- en bodemkwaliteitsgegevens en meer werkspecifieke zaken.

De aannemer heeft deze (oplever)risico's bijgehouden tijdens uitvoering van het werk (het contract) en bij de oplevering controleert de dijkbeheerder/opdrachtgever de beheersing en restrisico's.

Het complete risicodossier dat uiteindelijk wordt gebruikt in de beheerfase beschrijft alle werkzaamheden met daarbij de risico's en de vereiste preventieve en correctieve beheersmaatregelen met een koppeling naar het hoogwateractieplan of draaiboek. Deze vertaling hoort niet noodzakelijkerwijs bij het op te leveren risicodossier, maar kan ook door de beheerder zelf worden gedaan.

Voorziene risico's zijn bijvoorbeeld:

- geaccepteerd bij aanvang (ontwerpuitgangspunten);
- geconstateerde afwijkingen bij oplevering.

Daartegenover staan onvoorziene risico's, zoals:

- verborgen gebreken bij oplevering zoals onopgemerkte uitvoeringsfouten;
- veranderende omstandigheden in de gebruiksfase;
- onvoorziene belastingen (verkeer, scheepvaart, ijs, etc.);
- onvoorziene veroudering door bijvoorbeeld klimaat- of gebruiksverandering;
- geaccepteerde restrisico's bij de implementatie van innovaties.

Bij risicobeheersingsmaatregelen behoort bijvoorbeeld de instandhouding van een monitoringsysteem of gedeelten daarvan, bijvoorbeeld om vereiste sterkteontwikkeling te volgen en te bewaken.

Verder is er een Veiligheids- en Gezondheidsdossier (V&G-dossier), waarin belangrijke zaken, aandachtspunten staan die te maken hebben met de veiligheid en dus ook de gezondheid van de mensen die op de dijk werken aan reparaties of onderhoud en in de omgeving van het werk (zie Hoofdstuk 7).

De beheerder zal de risico's moeten vertalen naar activiteiten en maatregelen, bijvoorbeeld in zijn Beheer en Onderhoud Plannen, de wettelijk verplichte periodieke veiligheidsbeoordeling, etc. en zal ook regelmatig moeten toetsen of deze werkwijze daadwerkelijk leidt tot afdoende risicoreductie. Daarnaast verdienen de moeilijk inspecteerbare en controleerbare onderdelen extra aandacht, omdat deze anders een risico voor de toekomst kunnen vormen. Hier wordt in het bijzonder gewezen op de contractuele vervaltermijnen voor het claimen van schade door verborgen gebreken.

5.3.7 Omgevingsregisters

De dijkbeheerder heeft weliswaar zeggenschap over het beheer van de dijk, maar op allerlei manieren zijn er andere belanghebbenden die gebruik maken van de waterkering. Bewoners, weggebruikers, agrariërs, recreanten maken voortdurend aanspraak op hun al dan niet vermeende gebruiksrechten, die vanuit waterkeringsoogpunt aan beperkingen onderhevig zijn. Vanuit communicatie-oogpunt is het belangrijk om deze belanghebbenden communicatief en inhoudelijk aan de dijkbeheerder te koppelen, ook al hebben zij tijdens de uitvoering contact gelegd met de aannemer. Het beheerregister bevat daarvoor de relevante zaken:

- Een aangepaste legger als juridische basis voor de dijkbeheerder om zijn waterkeringstaak uit te voeren. Door de dijkversterking verandert de situatie. De legger met dijkprofiel en beschermingszones verandert en moet weer opnieuw worden vastgelegd. Daartoe kan gelijktijdig met het Projectplan Waterwet ook een Leggerbesluit zijn vastgesteld. Via de keur moet het waterschap handhaven wat er in de legger als waterkering staat.
- Overzicht van stakeholders.
- Kabel- en leidingendossier inclusief informatie over de veiligheidsbeoordeling van de leiding of kabel en informatie over de conditie van de leiding of kabel (o.a. staat van onderhoud, in- en uitgebruikname, opgetreden drukken in de leiding of zettingen op de leiding). Veel leidingen en kabels zullen zijn verlegd, dit is dus essentiële informatie.
- Vergunningendossier: vergunningen (inclusief onderbouwingen, voorwaarden, verlichtingen etc.), vergunninghouders en vergunningverleners.
- Eigendomsverhoudingen: veranderde eigendomsgrenzen door de werkzaamheden.
- Klachten- en informatieregister.
Hieronder valt bijvoorbeeld resterende schadegevallen of claims van derden die door of tijdens de bouw zijn ontstaan en die al dan niet volledig door de aannemer zijn opgelost.
- Aansprakelijkheidsstellingen die na de oplevering naar voren komt (bijvoorbeeld bouwkundige schade en gewasschade).

6.1 Inleiding

Het begrip conditionering wordt op verschillende manieren gebruikt. Wij verstaan onder conditionering alle activiteiten die nodig zijn om een bouwlocatie technisch bouwrijp op te leveren voor de start van de uitvoeringsfase én het bouw bewust maken van de omgeving. In dit hoofdstuk is de juridische conditionering, gericht op o.a. het verkrijgen van de publieke en privaatrechtelijke toestemmingen niet opgenomen. Met bouwlocatie wordt de benodigde ruimte voor de te versterken dijk bedoeld, inclusief de benodigde werkruimte en werkstroken voor de dijk en voor te verleggen kabels en leidingen. Kabels en Leidingen vormen één van de toprisico's als het gaat om uitloop in tijd en overschrijding van het budget in dijkversterkingsprojecten. Besteed ook aandacht aan de conditionering van de voor het verleggen van Kabels en Leidingen benodigde gronden, de zogenoemde K&L-stroken. In Figuur 6-1 zijn afbeeldingen weergegeven van voorbeelden die onder conditionering vallen en die vaak doorlopen in de uitvoering van een dijkversterking. Het gaat om (A) niet-gesprongen explosieven (NGE), (B) beschermde diersoorten, (C) milieuverontreinigingen en (D) archeologische opgravingen en (E & F) kabels en leidingen.



Figuur 6-1 Voorbeelden van conditionering; A: Niet-gesprongen explosieven (bron Omroep West, 2014); B: Dassenburg in waterkering (bron: Trimming, 2016); C: Verontreinigde grond (bron: Struijk Bodemsanering, 2016); D: Archeologische opgraving (bron: Bregmans, 2017); E: Werkzaamheden bij kabels (WSRL, 2018); F: Kabels en leidingen (bron: Antegroep, 2018).

Veel conditioneringsactiviteiten, met uitzondering van kabels en leidingen, kunnen afgerond zijn vóór de start van de werkzaamheden voor de dijkversterking. In de praktijk is dat vaak niet het geval. Bij kabels en leidingen is dat vaak niet mogelijk, bijvoorbeeld omdat eerst een deel van de dijkversterking moet zijn uitgevoerd, voordat het nieuwe tracé voor kabels en leidingen gerealiseerd kan worden.

Een goede ingangscontrolle is cruciaal. Het is belangrijk dat alle afspraken met bewoners, bedrijven, belanghebbenden, eigenaren, beheerders en bevoegde gezagen worden overgedragen aan het uitvoerend consortium van de dijkversterking. Dit is eerder besproken in Hoofdstuk 5.

Bij 'in control' zijn hoort een goede overdracht. Voor de start van de uitvoering worden het ontwerp en de daarmee verweven ontwerputgangspunten, Klant Eisen Specificaties (KES), de Systeem Eisen Specificaties (SES), het risicodossier, de kostenraming en de planning plus alle zaken over conditionering overgedragen. In dit hoofdstuk wordt voor elk van de conditioneringsactiviteiten kort beschreven welke informatie nodig is voor de start van de uitvoering, ofwel de ingangscontrolle.

Overzicht van informatie

Voor de activiteiten van conditionering is in Tabel 6.1 een overzicht opgenomen van benodigde en op te leveren informatie. In principe dienen al deze conditioneringsactiviteiten afgerond te zijn vóór de start van de werkzaamheden voor de dijkversterking. In de praktijk is dat niet altijd het geval. Zo kan het zijn dat niet alle objecten voorafgaand aan de uitvoering zijn verwijderd. Voorbeelden hiervan zijn oude nutsleidingen, funderingsresten of bijvoorbeeld een kazemat in de kern van de dijk. Als dergelijke objecten aanwezig zijn, is informatie nodig over onder andere de exacte locatie en opbouw van de constructie.

Voordat de uitvoering start vindt een zogenoemde ingangscontrolle plaats om te toetsen of de conditioneringsactiviteiten zijn afgerond. Het gaat om de informatie in de tweede kolom van Tabel 6.1. In de derde kolom staan de zaken die in de uitvoering zelf gedaan worden. Tenslotte is in de vierde en laatste kolom aangegeven welke informatie na realisatie wordt overgedragen aan de beheerder(s) en bevoegde gezagen.

Tabel 6.1 Overzicht informatie hoofdaspecten conditionering.

Fasen → Activiteiten ↓	Aan te leveren informatie (ingangscntrole)	Uitvoering	Oplevering & overdracht
Grondverwerving	<ul style="list-style-type: none"> Dossier grondverwerving met o.a. overzicht locaties van te verwerven gronden en vastgoed voor dijkversterking en voor K&L-stroken voor verleggen K&L. Stand van zaken verwerving grond- en vastgoed inclusief onteigeningsprocedures. Grondstrategie waterkeringbeheerder. Afspraken met rechthebbenden van gronden over tijdelijk gebruik en wijze van terugleveren. Dossier vestiging zakelijk recht voor K&L en voor werkstroken. 	<ul style="list-style-type: none"> Grondaankopen. Sloopvergunningen. Sloopmelding. Herbouw. Grondaankopen van K&L stroken vanwege verleggen K&L. Overdracht informatie aan netbeheerders en aannemers van K&L verleggingen. 	<ul style="list-style-type: none"> Overzicht van af te stoten restgronden. Informatie over doorlopen onteigeningsprocedures. Kaart met overzicht eigenaren, pachters, beheerders, zakelijk gerechtigden en afgekochte schades. Aankopen in uitvoeringsfase met overeenkomsten. Afspraken met rechthebbenden van gronden over tijdelijk gebruik en wijze van terugleveren. Overzicht rechten van netbeheerders en revisie van verleggingen.
Niet-gesprongen explosieven	<ul style="list-style-type: none"> Bodembelastingkaart ook voor K&L stroken. Onderzoeksrapportages, ook voor K&L stroken. Afspraken met Bevoegde Gezagen. Eventueel procesverbaal gebied vrijgemaakt. 	<ul style="list-style-type: none"> Toevalsvondsten. Overdracht informatie aan netbeheerders en aannemers van K&L verleggingen. 	<ul style="list-style-type: none"> Afspraken met Bevoegde Gezagen. Eventueel procesverbaal gebied vrijgemaakt. Toevalsvondsten uitvoering en genomen maatregelen.
Archeologie, Erfgoed, Cultuurhistorie	<ul style="list-style-type: none"> Rapportages vooronderzoek, inclusief locaties van archeologische en cultuurhistorische waarden, ook van K&L stroken. Bevindingen eventueel opgraving voorafgaand aan uitvoering. Besluiten (waaronder) vergunningen voor het omgaan met archeologische en cultuurhistorische waarden, waaronder de eventuele vrijgave door het bevoegd gezag. Indien van toepassing: Programma van Eisen opgraving, begeleiding. Afspraken over passende maatregelen en uitvoeringsprotocol omgaan met waarden en monumenten tijdens uitvoering (waaronder toevalsvondsten). 	<ul style="list-style-type: none"> Indien van toepassing: uitvoering archeologisch onderzoek (opgraving, begeleiding). Melding Bevoegde Gezagen. Melding toevalsvondsten. Overdracht van informatie aan netbeheerders en aannemers van K&L verleggingen. 	<ul style="list-style-type: none"> Indien van toepassing: rapportage en documentatie van opgraving en/of begeleiding. Plan van Aanpak passende maatregelen en uitvoeringsprotocol (toevalsvondsten) besluiten bevoegde gezagen. Documentatie toevalsvondsten en genomen maatregelen.

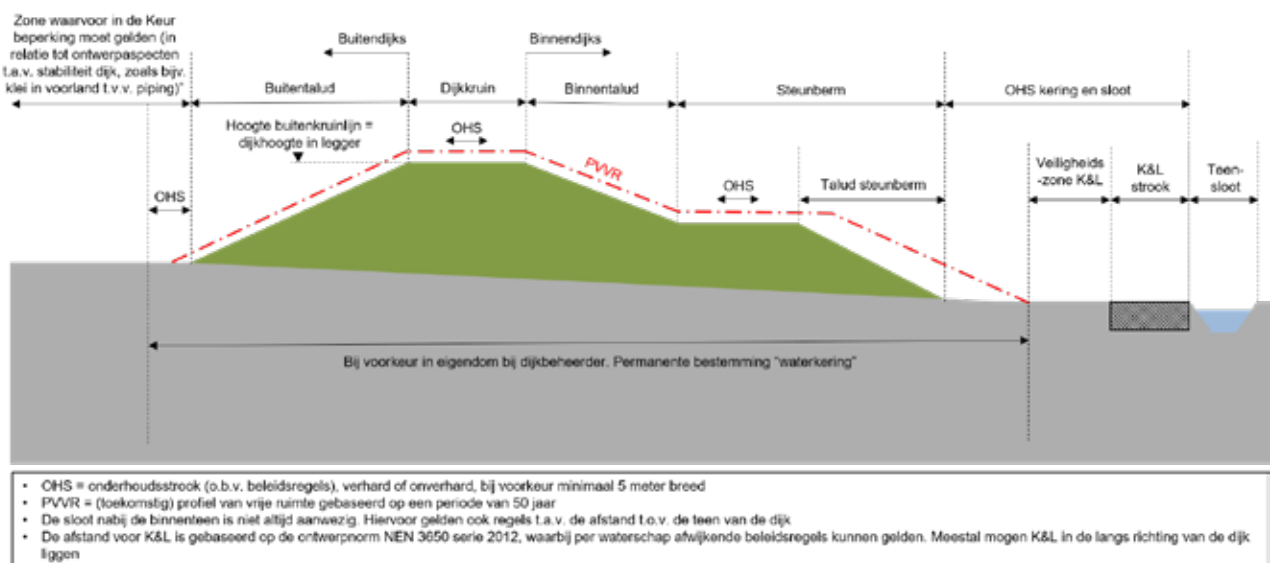
Verontreiniging bodem en grondwater	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoeksrapportages, ook van K&L stroken. • Locaties bodemverontreiniging, ook van K&L stroken. • Grondstromenplan met Saneringsplan. • Afspraken met Bevoegde Gezagen, in situ of sanering. • Besluiten van Bevoegde Gezagen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Startmelding bodemsanering. • Certificatie grondstromen en partijkeuringen. • Meldingen besluit bodem-kwaliteit. • Overdracht van informatie aan netbeheerders en aannemers van K&L verleggingen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Saneringsverslag met eventueel Nazorgmaatregelen.
Kabels en Leidingen	<ul style="list-style-type: none"> • Kaart met ligging kabels en leidingen. • Afspraken over (nadeel-compensatie) regelingen, o.a. NKL 1999. • Dossier K&L met inzicht in verleende vergunningen, uitgevoerde veiligheid-beoordelingen, conditie van de leiding /kabel en uitgevoerde onderzoeken (NGE), archeologie, bodemverontreiniging, (natuur) in K&L stroken. • Informatie over de rechtspositie van K&L. • Planning K&L. • Verleggingsplannen K&L categorie 1, 2 en 3. • Projectovereenstemming (POS) categorie 1, 2 en 3 kabels en leidingen. • Afspraken met netbeheerders, o.a. planning en coördinatie werkzaamheden dijk en K&L. • Afspraken met Bevoegd Gezag. • Beschikbaarheid benodigde gronden K&L. • Realisatie verlegging categorie 1 kabels en leidingen met revisietekening. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actuele KLIC-melding. • Verlegging categorie 2 en 3 K&L met bijbehorende Verleggingsplannen en POS categorie 2 en 3. • Toevalsvondsten K&L. • Eventuele impact UO. • op veiligheidsrisico K&L en beheermaatregelen. • Revisies van verleggingen van K&L bijhouden (nog niet verwerkt in KLIC). • Coördinatie (afspraken en planning). 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisietekeningen kabels en leidingen. (ligging, details over type, materiaal, druk en diameter). Documentatie toevalsvondsten en genomen maatregelen. • Beheermaatregelen veiligheidsrisico K&L. • Eindafrekeningen POS 1, 2 en 3.
Natuur	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoeksrapportages, quickscans, Natuurtoets, Passende Beoordeling, ook van K&L stroken. • Afspraken met Bevoegde Gezagen. • Mitigatie- en compensatieplan met te nemen mitigerende en compenserende maatregelen, ook voor K&L stroken indien noodzakelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realisatie mitigerende en compenserende maatregelen volgens ecologische werk-protocol inclusief monitoring en begeleiding door ecologische toezichthouder. • Meld- en herplantplicht houtopstanden. • Overdracht van informatie aan netbeheerders en aannemers K&L verleggingen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Logboek met koppeling naar protocollen, monitoring en risicodossier.

6.2 Ruimtebeslag

6.2.1 Permanent ruimtebeslag: toekomstige dijk

Het ruimtebeslag van de dijkversterking is zeer belangrijk voor de uitvoeringsfase. Er is vaak permanent extra ruimte nodig voor een veilige toekomstbestendige dijk met de daarin aanwezige kabels en leidingen. In veel gevallen moeten kabels en leidingen vanwege een dijkversterking verlegd worden, bijvoorbeeld naar een aparte K&L-strook. Deze K&L-strook maakt deel uit van het definitieve ruimtebeslag van de dijk. Neem de (nieuwe) tracés van K&L ook in het Projectplan Waterwet op.

Het voor de dijkversterking benodigde ruimtebeslag wordt vastgelegd in het Projectplan Waterwet. Het ruimtebeslag dat in het Projectplan Waterwet is vastgelegd, mag bij de uitwerking van het ontwerp naar een definitief en uitvoeringsontwerp niet toenemen, wel afnemen. Het ruimtebeslag wordt bepaald door het ontwerp van de dijk op basis van de ontwerprichtlijnen en de ontwerplevensduur met daarbij opgeteld marges voor hoogte, zettingen, zakkingen, klink en ontwerponzekerheden en de ruimte nodig voor kabels en leidingen. Het ruimtebeslag dat in het Projectplan Waterwet wordt vastgelegd omvat daarom ontwerp margins. Figuur 6-2 laat een dwarsdoorsnede zien van een dijk met daarbij een aantal belangrijke onderdelen. Één van de onderdelen is een K&L-strook met een bijbehorende veiligheidszone. Ook is een teensloot met een onderhoudsstrook voor kering en sloot ingetekend. In deze onderhoudsstrook kan ook de aanleg van K&L plaatsvinden. Deze dwarsdoorsnede laat zien dat in de toekomst ook aanleg van nieuwe K&L buiten de waterkering te realiseren zijn en de dijk daarmee vrij blijft van deze NWO's (Niet-Waterkerende Objecten).



Figuur 6-2 Schematische weergave dwarsaanzicht dijk.

6.2.2 Tijdelijk ruimtebeslag: werkstroken en transportroutes

Naast het ruimtebeslag van het ontwerp is er in de uitvoeringsfase ook ruimte nodig om de dijk te kunnen (ver)bouwen. Alle ruimte nodig voor het bouwen van de dijk, uitgezonderd de dijk zelf en aanwezige kabels en leidingen, is het tijdelijke ruimtebeslag. Het tijdelijke ruimtebeslag is in de planvormingsfase in beeld gebracht en planologisch-juridisch geborgd.

Het tijdelijk ruimtebeslag is nodig voor onder andere:

- Materieel.
- Gronddepots.
- Aan- en afvoer van materiaal.
- Voor het bouwen en manoeuvreren tijdens het bouwen.
- De keet van de aannemer.
- Transportroutes.
- Werkzaamheden die via het (buiten)water plaatsvinden.
- Eventueel nog uit te voeren conditionerende werkzaamheden.
- Eventueel te verleggen kabels en leidingen.

De werkstroken moeten ruim genoeg zijn om de werkzaamheden te kunnen verrichten. Voor de werkruimte voor het versterken van de dijk wordt een ruimte van 5 tot 15 m aan één zijde van de dijk aangehouden als minimum. Deze breedte moet wel afgestemd worden met de waarden die langs het gebied aanwezig zijn. Wanneer de te versterken dijk veel tuinen en natuurwaarden raakt moet goed worden geprioriteerd welke ruimte daadwerkelijk minimaal nodig is. De werkstrook mag niet breder zijn dan strikt noodzakelijk voor het uit te voeren werk. Voor het verleggen van kabels en leidingen zijn ook werkstroken nodig. Hanteer voor werkstroken K&L een ruimte van 4 meter aan weerszijden van de te verleggen kabel of leiding voor opslag van grond enerzijds en rijstroken voor materieel anderzijds.

Een zogenoemde KLIC-melding moet altijd worden gedaan, als er in de grond gegraven wordt, ook als er geen kabels en leidingen aanwezig (lijken te) zijn.

Naast de uitvoeringsbesluiten die nodig zijn om het Projectplan Waterwet uit te voeren, zijn er voor de uitvoering vaak ook vergunningen nodig voor activiteiten die de uitvoering ondersteunen:

- Tijdelijke opslag van grond en/of bouwmaterialen.
- Melding activiteitenbesluit voor tijdelijke werkterreinen.
- Ontheffing van de Scheepvaartwet.
- Besluit lozen buiten inrichtingen.
- Verkeersbesluit voor tijdelijke verkeersmaatregelen en/of een melding.
- Besluit bodemkwaliteit (Bbk).

Deze uitvoeringsvergunningen vallen niet binnen de coördinatie door de provincie op grond van de projectprocedure van paragraaf 5.2 Waterwet. Het gaat hierbij om andere besluiten dan ter uitvoering van het Projectplan Waterwet (zie artikel 5.11 lid 2 Waterwet). Wanneer de uiteindelijke uitvoering afwijkt van het Projectplan Waterwet, kan het zijn dat vergunningen herzien moeten worden ofwel opnieuw moeten worden aangevraagd.

6.2.3 Betreden van gronden

Voordat het Projectplan Waterwet is vastgesteld is het noodzakelijk om aan de grondeigenaren vooraf toestemming te vragen de grond te betreden en onderzoeken te verrichten en dit vast te leggen in een overeenkomst. Wees er alert op dat ook de tracés van de te verleggen kabels en leidingen in particuliere gronden kunnen liggen. Ook dan is toestemming/overeenstemming met de grondeigenaren noodzakelijk.

Met het vaststellen van het Projectplan Waterwet is in principe het gebruik en het betreden van de gronden voor de werkzaamheden formeel geregeld. Ook na het vaststellen van het Projectplan Waterwet is het noodzakelijk te blijven communiceren met grondeigenaren over het betreden van gronden, onder andere vanwege mogelijke schades en van kracht zijnde schaderegelingen.

6.3 Grondverwerving

Bij een dijkversterking moet gekeken worden naar (de uitbreiding van) het permanente ruimtebeslag en het tijdelijke ruimtebeslag. Vaak zijn de hiervoor benodigde gronden niet in eigendom van de waterkeringbeheerder en moeten er dus regelingen worden getroffen met de rechthebbenden (eigenaren, pachters en gebruikers).

Tijdens de planvormingsfase is daarom al vroeg bepaald of en waar grondverwerving nodig is. De verwerving van gronden en vastgoed is gericht op het tijdig beschikbaar maken van deze gronden. Belangrijke informatie vanuit de planvorming bestaat uit de inventarisatie van eigenaren, pachters en beheerders van gronden en de zakelijk gerechtigden in het plangebied. Om de tijdelijke voorzieningen die noodzakelijk zijn voor de realisatie van de dijkversterking te kunnen realiseren wordt een omgevingsvergunning aangevraagd. Om deze voorzieningen ook tijdig beschikbaar te hebben wordt de omgevingsvergunning voor de tijdelijke voorzieningen samen met het Projectplan Waterwet ter inzage gelegd.

Uitgangspunt voor het verwerven van gronden en vastgoed is *minnelijke verwerving*. Hetzelfde geldt voor het verkrijgen van een tijdelijke gebruiksovereenkomst voor het tijdelijke ruimtebeslag. De mogelijkheid bestaat dat de minnelijke weg niet overal tot het gewenste resultaat leidt. In dat geval wordt een dwangprocedure gevolgd en wordt er of een *gedoogplicht* opgelegd (voor de tijdelijke voorzieningen) of vindt *onteigening* plaats. Onteigening kan op basis van een Projectplan Waterwet, Rijksinpassingsplan of Provinciaal inpassingsplan plaatsvinden.

Combineer de grondverwerving voor de dijk met de grondverwerving voor de K&L-strook voor de te verleggen kabels en leidingen. Neem de verschillende grondeigenaren gelijktijdig mee. Het beschikbaar kunnen stellen van een K&L-strook maakt de samenwerking met netbeheerders makkelijker, versnelt het proces en kan kosten besparen. Bovendien is er meer ruimte beschikbaar voor het gecombineerd uitvoeren van de dijkversterking en de verlegging van kabels en leidingen. Het verleggen van kabels en leidingen vanuit de dijk naar een aparte K&L strook maakt dat de waterveiligheid wordt verhoogd. Immers de waterkering wordt vrijgemaakt van Niet-Waterkerende Objecten (NWO's).

Minnelijke grondverwerving is vrijwillige verwerving. De kernzone van de waterkering wordt veelal in eigendom verworven (zie figuur 6-2). Voor de tijdelijk benodigde gronden wordt een gebruiksovereenkomst afgesloten. Hiervoor wordt met de verschillende zakelijk gerechtigden (o.a. eigenaren en/of gebruikers) getracht via de minnelijke weg overeenstemming te bereiken. De grondverwerving start met verkennende gesprekken over het beschikbaar stellen en eventuele aankoop. Er wordt daarbij rekening gehouden met de mogelijke risico's, kosten en ook de planning voor het tijdig beschikbaar krijgen van de gronden. Waar zich kansen voordoen, worden anticiperende en noodzakelijke aankopen gedaan inclusief taxaties, koopovereenkomsten en worden notariële akten of tijdelijke gebruiksovereenkomsten afgesloten.

Gedoogprocedure Waterwet, de Waterwet kent een gedoogprocedure waarbij het bevoegd gezag (d.w.z. het waterschap) bij beschikking een gedoogplicht kan opleggen. Deze gedoogplicht heeft betrekking op activiteiten die geen onteigening rechtvaardigen en waarbij de belangen van de rechthebbende, in verhouding tot het doel dat het waterschap dient, nauwelijks worden geschaad. Bij toepassing van de gedoogplicht behoudt de eigenaar het eigendom. De eigenaar wordt echter verplicht toe te staan dat op of in zijn eigendom een werk wordt aangelegd en in stand wordt gehouden. Hetzelfde geldt voor tijdelijk gebruik (bijv. werkstroken). De gedoogplichten worden ingeschreven in de openbare registers van het Kadaster en vallen onder de Wet kenbaarheid publiekrechtelijke beperkingen onroerende zaken (Wkpb).

Onteigening, ofwel de onteigeningsprocedure conform de Onteigeningswet, kan uitgevoerd worden op basis van het Projectplan Waterwet, mits de wettelijke projectprocedure van toepassing is. Deze projectprocedure is verplicht voor alle Projectplannen tot aanleg, verlegging of versterking van primaire waterkeringen. Voor regionale keringen geldt dat de provincie deze projectprocedure middels een verordening of krachtens een besluit van Gedeputeerde Staten van toepassing kan verklaren. De onteigeningsprocedure omvat een administratieve en gerechtelijke onteigeningsprocedure. De doorlooptijd van de administratieve procedure kan oplopen tot een jaar. De opvolgende gerechtelijke procedure neemt 6 tot 12 maanden in beslag. Onteigening brengt dan ook een risico op vertraging met zich mee.

Voor de start van de uitvoering is het relevant inzicht te hebben in:

- Grondstrategie van het betreffende waterschap over het wel/niet in eigendom zijn van delen van de dijk bij het waterschap zelf en de reden daarvan.
- Stand van zaken m.b.t. het verwerven van gronden en vastgoed met daarin opgenomen:
 - o Een overzicht van de eigenaren, pachters en zakelijk gerechtigden en de communicatie met deze mensen, o.a. de aankondigingsbrief aan zakelijk gerechtigden over de voorgenomen dijkversterking.
 - o Kaart met locaties van te verwerven gronden en vastgoed, ook voor kabels en leidingen.
 - o Kaart met reeds verworven gronden en vastgoed inclusief een planning van het beschikbaar komen van eventueel nog niet aangekochte gronden.
 - o Eventueel: overzicht van nog te verwerven gronden met stand van zaken in de onteigeningsprocedure en/of de gedoogprocedure Waterwet.
 - o Gemaakte afspraken met eigenaren/gebruikers van gronden over eventueel aankoop van gronden en vastgoed en tijdelijk gebruik en wijze van teruglevering van de gronden na afronding van de werkzaamheden.
 - o Overeenkomsten met beheerders en eigenaren over het eigendom en beheer tijdens de uitvoeringsfase en na realisatie van de toekomstige dijk, bij de oplevering.

6.4 Niet-gesprongen explosieven

In de planvormingsfase is geïnteriseerd hoe groot het risico is op de aanwezigheid van niet-gesprongen explosieven (NGE). Dit gebeurt met een historisch vooronderzoek volgens het Werkveldspecifiek Certificatieschema voor het Systeemcertificaat Opsporen Conventionele Explosieven (WSCS-OCE). In het onderzoek wordt beoordeeld of er indicaties zijn voor de aanwezigheid van conventionele explosieven. Hieruit volgt welke gebieden verdacht dan wel onverdacht zijn. Voor de gebieden die onverdacht zijn hoeven geen aanvullende maatregelen te worden genomen.

Doe het onderzoek naar NGE ook voor de K&L stroken en voor eventueel te ruimen trace's van kabels en leidingen. Dat maakt dat deze risico's ook voor de werkzaamheden voor kabels en leidingen bekend zijn. De ruimingswerkzaamheden en de verleggingen kunnen dan aansluitend worden uitgevoerd.

Voor de gebieden die wel verdacht zijn, moeten vervolgstappen worden gezet. Vervolgstappen zijn nader historisch onderzoek, planaanpassing, detectieonderzoek en eventueel het verwijderen van explosieven. De verdachte gebieden, waar bodemingrepen zullen plaatsvinden, moeten vrijgemaakt worden. Deze worden door detectie nader onderzocht op de aanwezigheid van munitieverdachte objecten. Figuur 6-3 laat een voorbeeld zien van een veldonderzoek waarbij met een grondradar explosieven worden opgespoord. Het opsporen van conventionele explosieven dient door een gecertificeerd bedrijf te worden uitgevoerd. Door het opsporingsbedrijf wordt een proces-verbaal opgesteld, waarin staat dat het gebied vrij(gemaakt) is van explosieven.



Figuur 6-3 Opsporingswerkzaamheden (veldonderzoek) (bron: Arcadis Nederland).

De ingangscntrole voor de uitvoering bevat informatie over:

- Alle uitgevoerde onderzoeken naar de aanwezigheid van niet-gesprongen conventionele explosieven (CE) in het plangebied, inclusief de K&L-stroken en tracés van te ruimen kabels en leidingen.
- CE-bodembelastingkaart met de eventueel voorkomende verdachte gebieden.
- De gemaakte afspraken over deze verdachte locaties voor de uitvoeringsfase, zoals nader onderzoek en de voor deze verdachte locaties te treffen passende maatregelen, b.v. detectie op de te ontgraven locaties en zo nodig opsporing en ruiming.
- Indien van toepassing: proces-verbaal dat gebied is vrijgemaakt van explosieven.

6.5 Archeologie, Erfgoed en Cultuurhistorie

Tijdens het ontwerpen van de dijkversterking is al rekening gehouden met mogelijk aanwezige archeologische en cultuurhistorische waarden en monumenten. Voor het aspect archeologie zijn dergelijke onderzoeken uitgevoerd door een volgens de BRL SIKB 4000 gecertificeerd bedrijf. Voor de start van de uitvoering worden de onderzoeksresultaten overgedragen met daarbij de risico's die relevant zijn tijdens de uitvoering.

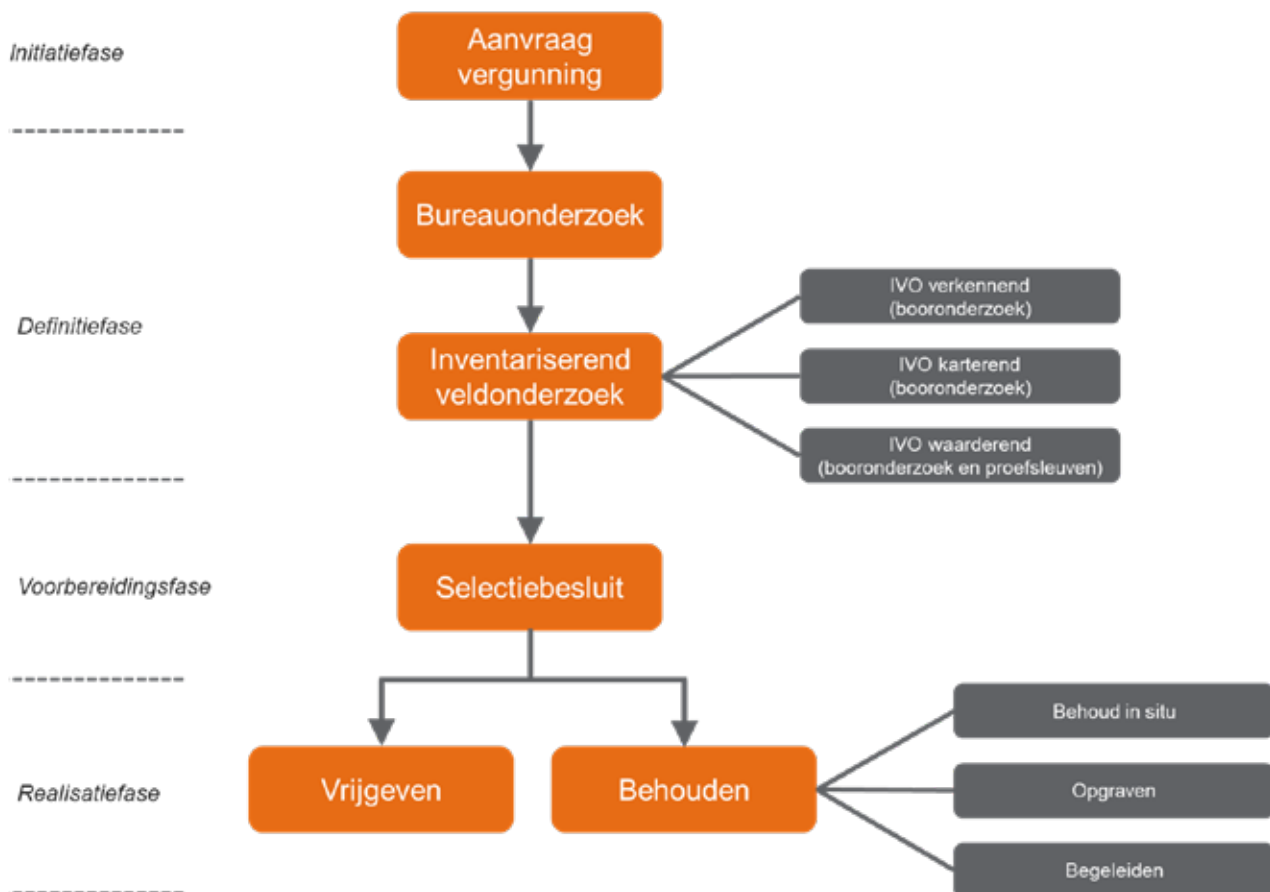
Het proces achter het archeologisch onderzoek, de AMZ-cyclus (cyclus op basis van archeologische monumentenzorg), staat schematisch weergegeven in Figuur 6-4. Dit proces is gebaseerd op de stappen uit de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie. Aan het begin van het proces wordt de informatie van het bureauonderzoek en eventueel aanvullend veldonderzoek tegen het ontwerp aangehouden. Vervolgens wordt in overleg met het bevoegd gezag vastgesteld of gebieden vrijgegeven kunnen worden voor ontwikkeling, of er archeologische en cultuurhistorische waarden aanwezig zijn en of deze waarden door de dijkversterking onberoerd worden gelaten en welke passende maatregelen en/of aanvullende onderzoeken nodig zijn. In veel gevallen is de gemeente het bevoegd gezag. Als het gaat om rijksbeschermd (archeologische) monumenten, dan treedt de Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed op als het bevoegd gezag.

Het archeologiebeleid en de archeologische monumentenzorg zijn erop gericht om waardevol archeologisch erfgoed te behouden, waarbij behoud in de bodem (in situ) de voorkeur heeft boven opgraven (ex situ). Voorwaarde voor behoud in de bodem is dat de kwaliteit van de vindplaats niet achteruitgaat. In het geval dat het selectiebesluit opgraven is, dient vervolgens het meest geschikte moment voor deze opgraving te worden vastgesteld:

- voorafgaand aan de start van de werkzaamheden voor de dijkversterking in de uitvoeringsfase;
- of als onderdeel van het werk voor de dijkversterking, 'in het werk', met archeologische begeleiding.

De verschillende risico's (aantasting, vertraging, risico op 'stilleleggen van het werk') dienen tegen elkaar afgewogen te worden. Voor de opgraving zelf wordt een Programma van Eisen opgesteld, dat wordt goedgekeurd door het bevoegd gezag.

Als tijdens de uitvoering op basis van het onderzoek maatregelen nodig zijn, dan worden deze in de werkplannen van het dijk ontwerp opgenomen in een archeologisch *uitvoeringsprotocol*. In dit protocol worden ook de te volgen procedures omschreven met toevalsvondsten. De term toevalsvondsten slaat op vondsten die worden gedaan in vrijgegeven gebieden. Oftewel, het zijn vondsten die op basis van het vooronderzoek niet voorspeld zijn. Hoewel een gebied vrijgegeven kan zijn (en er dus geen archeologisch vervolgonderzoek meer plaatsvindt), moet de uitvoerder wel rekening houden met de mogelijke aanwezigheid van archeologische resten. Dit gebeurt bijvoorbeeld door het instrueren van de graafmachinisten en het houden van een toolbox-meeting, waarin wordt uitgelegd waar men tijdens uitvoering op moeten letten.



Figuur 6-4 Schematische weergave van de stappen in het archeologisch onderzoek (bron: Arcadis Nederland).

Het *archeologisch* onderzoek start met een bureauonderzoek (zie figuur 6-4). Het doel van dit bureauonderzoek is het opstellen van een archeologische verwachting op basis van bestaande bronnen (bijv. verwachtingskaarten) over bekende of verwachte archeologische waarden binnen het plangebied. Het bureauonderzoek dient te voldoen aan de eisen die worden gesteld aan een bureauonderzoek in de Kwaliteitsnorm Nederlandse Archeologie (vigerende versie KNA 4.0). De omgang met monumenten en archeologisch erfgoed is geregeld in de Erfgoedwet 2016 (en tot de inwerkingtreding van de Omgevingswet ook de Monumentenwet 1988). Op grond van de Monumentenwet en op grond van de Wet Ruimtelijke Ordening zijn gemeenten verplicht de belangen van de archeologische monumentenzorg in hun bestemmingsplannen te verankeren. Gemeenten moeten bij het vaststellen van bestemmingsplannen rekening houden met in de grond aanwezige dan wel te verwachten monumenten. Op een archeologische verwachtingskaart zijn zones van bekende bodem- en vindplaatsgegevens met archeologische verwachtingswaarden aangegeven. Ook zijn op deze kaart archeologische monumenten, bekende archeologische vindplaatsen en eventueel andere (bovengrondse) cultuurhistorische relictten aangegeven. Het archeologiebeleid van gemeenten is vaak gebaseerd op de archeologische verwachtingskaart.

Als op basis van het bureauonderzoek verwacht wordt dat er archeologische waarden in het plangebied aanwezig zijn, die kunnen worden verstoord door de ingrepen, dan wordt een inventariserend veldonderzoek uitgevoerd conform de eisen in de KNA (vigerende versie KNA 4.0). De onderzoeken kunnen bestaan uit boor- en/of uit proefsleuvenonderzoek. Voor de onderzoeken worden vooraf en achteraf afspraken met het bevoegd gezag gemaakt. Voor het proefsleuvenonderzoek is altijd een door het bevoegd gezag goedgekeurd Programma van Eisen (PvE) nodig.

Doe het archeologisch onderzoek ook voor K&L-stroken en eventueel te ruimen tracés van kabels en leidingen. Daarmee zijn ook de werkzaamheden voor kabels en leidingen bekend met de aanwezige gevolgen.

De ingangscntrole voor de uitvoering bevat informatie over:

- Alle uitgevoerde onderzoeken naar de aanwezigheid van archeologische en cultuurhistorische waarden en monumenten in het plangebied en projectgebied, inclusief de K&L-stroken en te ruimen tracés.
- De locaties van in het plangebied en projectgebied eventueel aanwezige archeologische en cultuurhistorische waarden en monumenten.
- De besluiten over archeologische en cultuurhistorische waarden in het plangebied en projectgebied, zoals de bij het Projectplan Waterwet gevoegde vergunningen met bijbehorende eisen (bijvoorbeeld PvE's) en uitvoeringsprotocollen en ook de eventuele vrijgave door het bevoegd gezag ten aanzien van archeologische en cultuurhistorische waarden.
- De gemaakte afspraken over deze locaties voor de uitvoeringsfase, zoals te treffen passende maatregelen en eventueel ook een specifiek uitvoeringsprotocol (inclusief protocol voor toevalsvondsten) voor het omgaan met archeologische en cultuurhistorische waarden en monumenten bij de realisatie van de dijkversterking.
- De bevindingen van een eventuele opgraving en de wijze waarop deze opgraving heeft plaatsgevonden in het geval deze plaatsvindt voor start van de uitvoering.

6.6 Verontreiniging van bodem en grondwater

Voor de uitvoering is het relevant om te weten of er een risico is op verontreiniging van bodem- en/of grondwater. Bij werkzaamheden zoals een dijkversterking moet volgens vigerende wet- en regelgeving op het gebied van vrijkomende en te leveren grond, baggerspecie en bouwstoffen gehandeld worden. Milieukundige kwaliteit van landbodem valt onder het regime van de Wet Bodembescherming (Wbb) en milieukundige kwaliteit van waterbodem onder het regime van de Waterwet. Naast milieukundige kwaliteit van de bodem is ook de civieltechnische kwaliteit van belang. Er dient onderzoek gedaan te worden naar de milieu hygiënische

en civieltechnische kwaliteit van de bodem en vrijkomende materialen, zoals grond, asfalt, funderingsmateriaal en baggerspecie. Deze onderzoeken moeten zijn afgestemd met het bevoegd gezag. Deze paragraaf gaat alleen over de milieukundige kwaliteit van de bodem. De civieltechnische specificaties voor het ontgraven en werken met grond bij dijken komt aan de orde in hoofdstukken 8 en 9.

Het doel van de *Wet Bodembescherming* is verontreinigingen in de bodem, die een vermindering of bedreiging betekenen van de functionele eigenschappen van de bodem voor mens, plant of dier te voorkomen, te beperken of ongedaan te maken. De *Waterwet* is gericht op het voorkomen en waar nodig beperken van overstromingen, wateroverlast en waterschaarste, in samenhang met de bescherming en verbetering van chemische en ecologische kwaliteit van watersystemen en de invulling van maatschappelijke functies door watersystemen.

Het is van belang om te weten in hoeverre er bodemverontreiniging in het plangebied aanwezig is en of dat leidt tot vermindering van de gebruiksmogelijkheden in het plangebied en/of tot gezondheidsrisico's of ecologische risico's. Hiervoor wordt in de ontwerpfase een *vooronderzoek* (bureau-/archief onderzoek ook wel historisch bodemonderzoek genoemd) uitgevoerd naar de grond in het gebied. De milieukundige kwaliteit van de grond is bepalend voor de mogelijkheden tot hergebruik van grond in het werk dan wel in de omgeving en speelt daarmee een grote rol in de grondbalans, de kosten en het uitvoeringsontwerp. Daarom wordt er veelal ook veldonderzoek uitgevoerd dat o.a. gericht is op de mogelijkheden voor hergebruik van gebiedseigen grond binnen het werk. Daar waar de bodemkwaliteit al voldoende in zicht is op basis van een bodemkwaliteitskaart is veldonderzoek in de voorbereiding van het werk niet nodig.

Doe het onderzoek naar verontreiniging van bodem en grondwater ook voor K&L-stroken en eventueel te ruimen tracés van kabels en leidingen. Daarmee zijn ook de werkzaamheden voor kabels en leidingen bekend met de aanwezige gevolgen.

Integraal bodemonderzoek

Het is vanuit efficiëntie overwegingen aan te bevelen de opzet van milieukundig veldonderzoek te integreren met onderzoekswensen vanuit geohydrologie en geotechniek en voorkeuren vanuit het technisch ontwerp.

Als er sprake blijkt te zijn van een geval van ernstige bodemverontreiniging, moet worden bepaald hoe hiermee moet worden omgegaan in het kader van het voorgenomen werk c.q. het op te stellen *grondstromenplan*. Bodemsanering vindt over het algemeen plaats in de uitvoeringsfase. Hiervoor dient tijdens de uitvoeringsfase het meest geschikte moment voor deze sanering te worden vastgesteld. Naast de verschillende risico's is daarbij een goede afstemming met de overige aspecten uit de conditionering een aandachtspunt. En ook voor de beheerders van kabels en leidingen is informatie over de bodemkwaliteit van belang. Stel de onderzoeksresultaten ook ter beschikking aan de netbeheerders.

Op binnendijkse locaties waar een ernstig geval van bodemverontreiniging is vastgesteld, is de *saneringsregeling* uit de *Wet Bodembescherming* van toepassing. Als door het uitvoeren van werkzaamheden de verontreiniging van de bodem wordt vermindert of wordt verplaatst, is men verplicht dit te melden bij het bevoegd gezag middels een *saneringsplan* of een *BUS-melding*. Deze meldingen worden voor de aanvang van de werkzaamheden aan het bevoegd gezag voorgelegd in het kader van de *Wet Bodembescherming*. Deze kunnen eventueel worden geïntegreerd in een *grondstromenplan*. Voorafgaand aan de werkzaamheden moet tijdig een startmelding gedaan worden.

Het *Besluit Bodemkwaliteit* (onderdeel van de *Wet Bodembescherming*) geeft algemene regels voor het nuttig toepassen van grond en baggerspecie in of op de bodem of oever van oppervlaktelichamen of landbodems. Het *Besluit Bodemkwaliteit* geeft het bevoegd gezag de mogelijkheid om gebiedsspecifiek beleid over het bodemhergebruik vast te stellen, in de vorm van gebiedsspecifieke maximale waarden. Veel gemeenten stellen daarvoor een bodembeheerplan op, met een bodemkwaliteitskaart en een bodemfunctiekaart en daarnaast vaak ook specifieke regels.

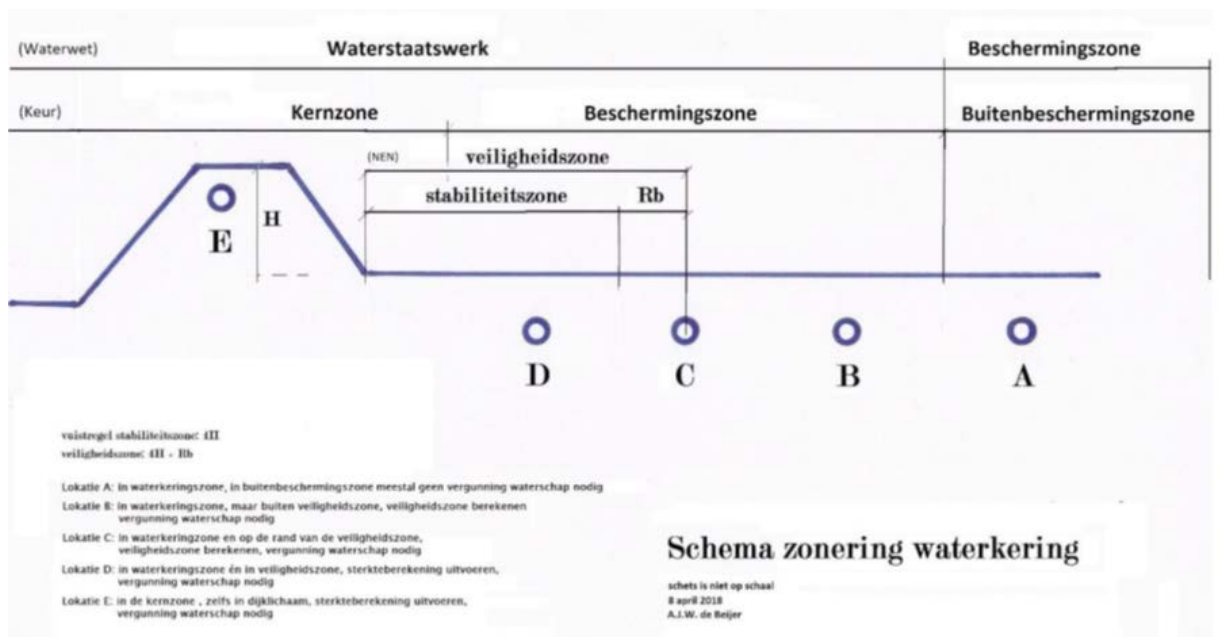
Het saneringsplan of de BUS-melding beschrijft de te treffen maatregelen in het kader van de sanering voor zowel grond als grondwater. De bodemsanering dient zodanig te worden uitgevoerd dat de bodem tenminste geschikt wordt gemaakt voor de functie die de bodem na de sanering krijgt, waarbij het risico voor mens, plant of dier als gevolg van de blootstelling aan de verontreiniging zoveel mogelijk wordt beperkt. Daarbij dient de sanering zodanig te worden uitgevoerd dat de noodzaak tot het nemen van nazorgmaatregelen zoveel mogelijk wordt beperkt. Vijf werkdagen voor de voorgenomen toepassing van de grond moet het hergebruik worden gemeld bij het Landelijke Meldpunt Bodemkwaliteit.

De ingangscontrolle voor de uitvoering bevat informatie over:

- De reeds uitgevoerde onderzoeken over de milieu hygiënische kwaliteit van de bodem, veelal een historisch onderzoek en waar nodig een nader onderzoek, inclusief de K&L-stroken en te ruimen tracés.
- De locaties van (eventuele) bodemverontreinigingen in het plangebied en projectgebied.
- De gemaakte afspraken met bevoegd gezag over deze locaties, zoals sanering of in situ laten, te treffen passende maatregelen en eventuele meldingen.
- De besluiten van bevoegde gezagen over de kwaliteit van bodem en grondwater in het plangebied en projectgebied, zoals de bij het Projectplan Waterwet gevoegde vergunningen met bijbehorende eisen en uitvoeringsprotocollen.

6.7 Kabels en Leidingen

Kabels en leidingen (K&L) zijn niet-waterkerende objecten (NWO's) die vaak aandacht vragen bij een dijkversterking. Allereerst is dit vanwege conflicten in de ruimte. Kabels en leidingen liggen vaak in of naast de dijk, op plaatsen waar maatregelen genomen moeten worden voor de dijkversterking. Dit vraagt om aanpassingen in het technisch dijkontwerp en/of aanpassingen aan de kabels en leidingen. Daarnaast zijn kabels en leidingen relevant vanwege hun invloed op de veiligheid van de dijk. De ligging, het type kabels en leidingen en de te transporteren (vloeistoffen) in de leidingen kunnen effect hebben op de stabiliteit van de dijk en daarmee ook op het dijkontwerp. De relatie werkt ook de andere kant op. De dijk of de dijkversterking kan ook de veiligheid van de leidingen (afhankelijk van de te transporteren stoffen en de eigenschappen van de leiding) in gevaar brengen (zie ook figuur 6-5). Een ander relevant punt daarbij is dat kabels en leidingen worden beheerd door derde partijen. Voor deze partijen, de netbeheerders, is de leveringszekerheid van groot belang.



Figuur 6-5 Overzicht zoneringen en invloed leiding op veiligheidsrisico dijk.

In het HWBP is in 2017 een Project Overstijgende Verkenning Kabels & Leidingen (POV K&L) gestart. De POV K&L heeft als doel om vanuit het 'verbinden van de werelden' van waterkeringbeheerders en netbeheerders samen kabels en leidingen zorgvuldig, toekomstbestendig en veilig in te passen in waterkeringen en bij dijkversterkingen tegen de laagst maatschappelijke kosten. Hoofddoelen van de POV K&L zijn het verbinden van de werelden van dijkbeheerders, netbeheerders en andere betrokken partijen en het optimaliseren en beter beheersen van de veiligheidsrisico's (voor de dijk en kabels & leidingen) en van de uitvoeringsrisico's (tijd, geld, inhoud en proces). Meer informatie is op te vragen via povkenl@hhdelfland.nl.

Met betrekking tot het conditioneren van kabels en leidingen heeft de POV K&L een Stappenplan Samen Sterk Beginnen opgeleverd. Het stappenplan biedt concrete handvatten en een checklist om vroegtijdig bij een dijkversterking aan tafel te gaan, zodat waterkeringbeheerders en netbeheerders samen kunnen werken aan een soepele inpassing van kabels en leidingen. Het Stappenplan is beschikbaar via Dijkwerkers.com.

In het ontwerpproces is een inventarisatie gedaan van de aanwezige kabels en leidingen door middel van een zogenoemde oriëntatiemelding bij het Kadaster (formeel een oriëntatiemelding, in de praktijk vaak ook KLIC-melding genoemd). De aannemer dient voor de start van de uitvoering en daarna herhaaldelijk een KLIC-melding te doen.

In een vroege fase van het ontwerpproces dienen de beheerders van kabels en leidingen bij de dijkversterking te zijn betrokken. Het dijkontwerp met de daarin aanwezige kabels en leidingen is een iteratief proces van keringbeheerders en netbeheerders samen. Het is een iteratief proces, gericht op het zorgvuldig, toekomstbestendig en veilig inpassen van kabels en leidingen in de te versterken waterkering tegen de laagste maatschappelijke kosten. In dit proces wordt vastgesteld of kabels en leidingen kunnen blijven liggen, of dat deze verlegd moeten worden. Het heeft de voorkeur om de (nieuwe) tracés van K&L ook in het Projectplan Waterwet op te nemen.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in categorie 1, 2 en 3 kabels en leidingen. Categorie 1 kabels en leidingen zijn kabels en leidingen die kunnen blijven liggen of waarvan de verleggingswerkzaamheden gereed moeten zijn, voordat de werkzaamheden aan de te versterken waterkering plaatsvinden. Essentie van categorie 1 kabels en leidingen is dat dit voor de aannemer van de dijkversterking de kabels en leidingen zijn die onaangetaast blijven. Categorie 2 en 3 kabels en leidingen worden meegenomen in de uitvoering van de versterking. De verleggingswerkzaamheden vinden plaats na gunning van het contract, gelijktijdig en gecoördineerd met de werkzaamheden voor de dijk. Het verleggen van categorie 2 kabels en leidingen is afhankelijk van de voortgang van de werkzaamheden voor de dijkversterking. De waterkeringbeheerder maakt afspraken over categorie 2

kabels en leidingen. Categorie 3 kabels en leidingen worden 'in het werk voor de dijkversterking' verlegd. De aannemer maakt de afspraken over categorie 3 kabels en leidingen.

Voor die kabels en leidingen die verlegd moeten worden, zijn *verleggingsplannen* opgesteld door de beheerders van kabels en leidingen. Deze verleggingsplannen passen bij het ontwerp van de dijk. Ook zijn eventueel benodigde werkstroken in deze verleggingsplannen opgenomen. Afspraken over de uitvoering van de verlegging tussen waterkeringbeheerder en netbeheerder worden in een project overeenstemming (POS) vastgelegd. Alle afspraken over kabels en leidingen dienen goed in het contract voor de uitvoering te zijn opgenomen.

Een belangrijk aandachtspunt in de afspraken met beheerders is wat de partijen doen met niet in gebruik zijnde leidingen. In principe moeten verlaten kabels en leidingen verwijderd worden. Uitzonderingen kunnen overwogen worden, indien verwijderen meer schade aan de waterkering toebrengt dan het laten liggen van deze kabels en leidingen. Buisleidingen die buiten dienst blijven liggen in de dijk dienen volledig afgedicht en gevuld te worden (bijvoorbeeld door ze te dämmeren). Kabels en leidingen die blijven liggen, blijven altijd in beheer bij de netbeheerder. De netbeheerder is verantwoordelijk voor o.a. registratie in de KLIC. Belangrijk is dat in de dijk aanwezige kabels en leidingen de veiligheid van de dijk niet negatief mogen beïnvloeden.

Het is van cruciaal belang dat alle afspraken met K&L-beheerders goed naar het gekozen contract voor de uitvoering zijn vertaald. Men moet zich realiseren dat een optimalisatie van het dijkontwerp door de aannemer (bijvoorbeeld door een bonus in de EMVI-criteria) kan leiden tot extra kosten voor kabels en leidingen en wijzigingen in afspraken met netbeheerders, b.v. door wijzigingen in de verlegging en/of de planning. Neem mogelijke consequenties voor kabels en leidingen mee in de eisen aan de uitvoerder van de dijkversterking.

Voor het verleggen (tijdelijk of permanent) van de kabels en leidingen is grond nodig van eigenaren waarvan vaak ook grond nodig is voor de dijkversterking zelf. Aanbevolen wordt deze verwervingsopgaven op elkaar af te stemmen en bij voorkeur samen op te pakken. Dat versoepelt het proces en is het meest duidelijk naar de eigenaren/gebruikers van de betreffende grond.

De ingangscntrole voor de uitvoering van de dijkversterking bevat informatie over:

- Kaart met ligging kabels en leidingen, inclusief de indeling in categorieën.
- Afspraken over de van toepassing zijnde (nadeelcompensatie)regelingen. Veel waterschappen hebben in de eigen reglementen een clausule opgenomen over schadevergoeding en nadeelcompensatie. De regels van het waterschap kunnen afwijken van de NKL 1999 en het bijbehorende Uitvoeringsprotocol Schadevergoeding Kabels en Leidingen.
- Dossier K&L met inzicht in verleende vergunningen, uitgevoerde veiligheidsbeoordelingen, conditie van de leiding / kabel en uitgevoerde onderzoeken (NGE, archeologie, bodemverontreiniging, natuur) in K&L stroken en eventueel te ruimen tracés.
- Informatie over de rechtspositie van K&L.
- Planning K&L.
- Verleggingsplannen K&L categorie 1, 2 en 3.
- Projectovereenstemming (POS) categorie 1, 2 en 3 kabels en leidingen.
- Afspraken met netbeheerders, o.a. planning en coördinatie werkzaamheden dijk en K&L.
- Afspraken met Bevoegd Gezag over K&L en te doorlopen procedures.
- Beschikbaarheid van benodigde gronden voor K&L.
- Realisatie van de verlegging van categorie 1 Kabels en Leidingen met bijbehorende revisietekening.

6.8 Natuur

Tijdens de uitvoeringsfase van dijkversterkingen moeten vaak werkzaamheden in of langs Natura2000 gebied worden uitgevoerd. Dit kan beperkingen opleveren vanuit de vergunningverlening. Het kan een risico zijn voor de uitvoering en/of een grote mate van creativiteit vragen van de aannemer. Ook voor het zoeken naar verleggingstracés voor kabels en leidingen is het belangrijk dat de beschermde natuurgebieden bekend zijn. Controleer of de mogelijke tracés voor het verleggen en/of ruimen van K&L in de onderzoeksresultaten van natuur zijn meegenomen.

In de planvormingsfase is een inventarisatie gemaakt van de in het plangebied voorkomende beschermde natuurgebieden en soorten, conform de Wet Natuurbescherming en het Natuurnetwerk Nederland. Vaak is dit een bureauonderzoek. Deze informatie wordt gebruikt in het ontwerpproces. Gaandeweg het ontwerpproces worden meer gedetailleerde gegevens verzameld door veldonderzoeken en het vergroten van gebiedskennis, zodat de natuurwaarden zo goed mogelijk worden ingepast in het ontwerp van de dijk. De informatie over in het gebied voorkomende soorten kan ook bepalend zijn voor de fasering en periode van uitvoering van de dijkversterking. Naast het gebruik van informatie over natuurwaarden in het ontwerpproces wordt ook beoordeeld of de voorgenomen dijkversterking leidt tot negatieve effecten voor beschermde natuurgebieden en soorten. De resultaten van deze beoordeling worden vastgelegd in een Natuurtoets en eventueel ook een *Voortoets* of zelfs een *Passende Beoordeling*. Eventuele negatieve effecten van een voorgenomen dijkversterking dienen met voorzorgsmaatregelen of met mitigerende maatregelen te worden voorkomen of te worden geminimaliseerd. Deze maatregelen worden door het bevoegd gezag voorgeschreven in een ontheffing (soortbescherming) of vergunning (gebiedsbescherming).

Eventuele mitigerende of compenserende maatregelen ten aanzien van soortenbescherming en Natura2000-gebieden dienen voorafgaand aan de realisatie van het project gereed te zijn.

De Wet Natuurbescherming (Wnb) beschermt Nederlandse natuurgebieden en planten- en diersoorten. De wet geldt sinds 1 januari 2017 en vervangt 3 wetten: de Natuurbeschermingswet 1998, de Flora- en faunawet en de Boswet. In de nieuwe wet zijn zowel de gebiedsbeschermingsbepalingen als de soortbeschermingsbepalingen uit de Europese Vogel- en Habitatrichtlijn geïmplementeerd. De Vogel- resp. Habitatrichtlijnen richten zich op het behouden van de Europese biodiversiteit. Dit doel wordt enerzijds nagestreefd door het beschermen van soorten en anderzijds door de bescherming van gebieden die een samenhangend netwerk (Natura2000) vormen. De in het kader van de Europese regelgeving beschermde gebieden zijn de Natura2000-gebieden.

Soortbescherming

Ten aanzien van soorten is onder meer bepaald dat beschermde dieren niet gedood, gevangen of verontrust mogen worden en beschermde planten niet geplukt, uitgestoken of verzameld. Het is niet toegestaan om de vaste rust- of verblijfplaats van soorten, waaronder nesten en holen, te beschadigen, te vernielen of te verstoren. Iedereen moet voldoende zorg in acht nemen voor alle in het wild levende planten en dieren. Eventuele negatieve effecten van een dijkversterking dienen met voorzorgsmaatregelen of met mitigerende maatregelen te worden voorkomen of te worden geminimaliseerd. Wanneer negatieve effecten op flora en fauna niet uitgesloten kunnen worden, is een ontheffing van de soortenbeschermings-bepaling vereist. Daartoe dient een Natuurtoets te zijn opgesteld.

Gebiedenbescherming

Als negatieve effecten op Natura2000-gebieden niet uit te sluiten zijn moet een Passende Beoordeling worden opgesteld. In deze Passende Beoordeling worden de effecten beoordeeld, dit zijn zowel permanente als tijdelijke effecten. Bij negatieve effecten moeten mitigerende maatregelen worden genomen voor de instandhoudingsdoelen van soorten en/of gebieden.

Natuurnetwerk-Nederland

Het Natuurnetwerk Nederland is het Nederlands netwerk van bestaande en nieuw aan te leggen natuurgebieden. Het netwerk moet natuurgebieden beter verbinden met elkaar en met het omringende agrarisch gebied. Provincies zijn verantwoordelijk voor het Natuurnetwerk Nederland. Naast bestaande natuurgebieden maken ook Natura2000-gebieden, landbouwgebieden, beheerd volgens agrarisch natuurbeheer, de grote wateren en gebieden waar nieuwe natuur wordt aangelegd deel uit van het Natuurnetwerk Nederland (voorheen EHS). De bescherming van het Natuur Netwerk Nederland (NNN) verloopt via het planologische spoor. Ten aanzien van de bescherming van bijzondere nationale en provinciale natuurgebieden en bijzondere provinciale landschappen is in de Wnb geen regeling opgenomen. Provincies kunnen, wanneer zij een dergelijk gebied aanwijzen, daarvoor zelf een regeling opstellen.

Het komt voor dat mogelijke effecten worden gemonitord vanuit de Wet Natuurbescherming en/of vanuit het Natuurnetwerk Nederland. Wanneer uit monitoring blijkt dat aanvullende mitigerende maatregelen nodig zijn, moeten deze genomen worden zodat geen effecten optreden. Mitigerende maatregelen worden dan als aanvulling op de monitoring beschreven in een Mitigatie- en Monitoringsplan. Het bevoegd gezag kan deze monitoring opnemen in haar vergunning c.q. ontheffing.

De ingangscntrole voor de uitvoering omvat voor Natuur:

- De reeds uitgevoerde onderzoeken naar in het plangebied en projectgebied aanwezige natuurwaarden, veelal een bureauonderzoek en aanvullende veldonderzoeken. Specifiek aandacht voor de aanwezigheid van beschermde soorten in te slopen opstellen. Controleer of ook de benodigde K&L-stroken en te ruimen tracés zijn meegenomen in deze onderzoeken.
- De beoordeling van effecten op de natuur, vastgelegd in een Natuurtoets, Voortoets of Passende Beoordeling.
- De gemaakte afspraken met bevoegd gezag over eventuele voorzorgsmaatregelen en beschermende maatregelen en mogelijke meld- en herplantplicht voor het vellen van houtopstanden. In het geval van monitoring ook het Monitoringsplan met mogelijke aanvullende mitigerende maatregelen.
- De besluiten van bevoegd gezag over de Natuur in het plangebied en projectgebied, zoals de bij het Projectplan Waterwet gevoegde vergunningen met bijbehorende eisen en uitvoeringsprotocollen.
- De eventuele mitigerende of compenserende maatregelen ten aanzien van soortenbescherming en Natura 2000-gebieden en een bevestiging dat ze reeds gerealiseerd zijn.

6.9 Aandachtspunten voor de uitvoeringsfase

Voor de start van de uitvoering is er in de overdracht een overzicht aangeleverd van toestemmingen/ ontheffingen en meldingen, die relevant zijn of van toepassing zijn op de uitvoeringsfase. Bij de uitwerking naar een uitvoeringsontwerp voor de te versterken dijk, wordt de relevantie van de onderwerpen in dit overzicht (zie Tabel 6.1) meermalen getoetst en aangescherpt, voordat de werkzaamheden starten. Alle zaken over conditionering die, voor zover ze nog niet zijn afgerond, een risico vormen tijdens de uitvoering moeten worden meegenomen. Incidenten die betrekking hebben op conditionering en zich voordoen tijdens de uitvoering zorgen voor gevolgen op kwaliteit, planning en kosten. Voor de eerder benoemde onderwerpen zijn daarom een aantal aandachtspunten extra belicht:

- *Ruimtebeslag*: het uitvoeringsontwerp moet passen binnen het ruimtebeslag:
 - o Na het opstellen van het uitvoeringsontwerp en het bepalen van de transportroutes en de locaties van de gronddepots is het belangrijk te toetsen of dit past binnen het ruimtebeslag. Controleer ook of de benodigde werkruimte voor het verleggen of ruimen van kabels en leidingen is meegenomen.
 - o De rij- en werkstroken mogen buiten het vastgestelde ruimtebeslag voor de toekomstige dijk liggen, maar dienen wel te vallen binnen de zone die middels vergunningen voor tijdelijke werkstroken is geregeld.

Controleer op de inrichting van tijdelijke laad-en losplekken. Controleer dit ook voor de benodigde werkruimte voor het verleggen en/of ruimen van kabels en leidingen.

- o Vaststellen van verkeersmaatregelen. Deze omgevingsvergunning doorloopt een reguliere procedure van 8 weken met 6 weken ter inzagelegging.
- o Het essentieel om in goed overleg met de omgeving tot afspraken te komen, mede om tijdrovende bezwaarprocedures te voorkomen.
- *Tijdelijke situaties* en functies: kavels van agrariërs kunnen bij aanleg of verlegging van een dijk doorsneden worden of een andere begrenzing krijgen. Vaak hebben kavels zogenoemde kopakkers aan weerszijden van de akkers, vaak voorzien van drainage vanuit de kavelgreppels, waarover de agrariër van het ene deel van zijn perceel draait en naar het volgende deel rijdt. Deze kopakkers liggen in de bestaande situatie mogelijk op een andere plaats dan in de eindsituatie. In de tijdelijke situatie kan de kopakker op nog een andere plaats liggen. Het kan voorkomen dat de kopakker in hetzelfde werk 2x aangepast moet worden. Controleer ook of de tijdelijke situaties niet tot onveilige situaties leiden, b.v. voor kabels en leidingen als gevolg van b.v. een tijdelijke extra (grond)belasting.
- Regelen van *bereikbaarheid*: werkzaamheden voor de dijkversterking kunnen zorgen voor tijdelijke onbereikbaarheid van percelen, woningen en bedrijven. Tijdens de uitvoering moeten daar maatregelen voor getroffen worden en moeten de betreffende eigenaren/gebruikers daarover tijdig geïnformeerd worden.
- *Schade*: tijdens de uitvoering kan sprake zijn van niet voorziene situaties, waarbij als gevolg van werkzaamheden fysieke schade wordt toegebracht aan de eigendommen van derden (doorgaans gebouwen, grondstructuur, gewassen e.d.). Voorafgaand aan de daadwerkelijke uitvoering is vastgelegd hoe de klachten en schade afhandeling plaats vinden. De praktijk is dat alle schades, klachten en meldingen die tijdens de uitvoering worden doorgegeven, binnenkomen bij één loket, meestal te organiseren door het uitvoerend consortium.
- Sloopwerkzaamheden: Hiervoor is een *slooptmelding* verplicht. Deze dient 4 weken voor de start van de uitvoering gedaan te zijn, met in veel gevallen de plicht om asbestinventarisatie/onderzoek toe te voegen. Een sloopvergunning is alleen aan de orde als dit in het betreffende bestemmingsplan zo is geregeld. Belangrijk aandachtspunt bij slopen is de aanwezigheid van beschermde soorten in en om deze opstellen. Voorafgaand aan de uitvoering dient al onderzocht te zijn of deze beschermde soorten aanwezig zijn.
- Aanwezigheid protocol *toevalsvondsten voor niet-gesprongen explosieven*.
- Controle uitvoering *startmelding* bij verdachte locaties met betrekking tot bodem- en grondwaterverontreiniging. Voor het hergebruik van grond kan volstaan worden met een Melding Besluit Bodemkwaliteit. Vijf werkdagen voor de voorgenomen toepassing van de grond moet het hergebruik worden gemeld bij het landelijke meldpunt bodemkwaliteit.
- In de uitvoeringsfase moet een *actuele KLIC-melding* gedaan worden. Een KLIC-melding heeft een beperkte houdbaarheid. Er is een risico dat er onverwacht toch kabels en leidingen worden aangetroffen die vooraf niet zijn geïdentificeerd. In dat geval zal er op dat moment snel geschakeld moeten worden en zal door alle betrokken partijen gekeken moeten worden wat er mogelijk is. Dit kan van grote invloed zijn op de voortgang en risico's m.b.t. de veiligheid van de waterkering, de leveringszekerheid en financiën. Daarom dient de voorbereiding erop gericht te zijn om dit te voorkomen.
- Controle aanwezigheid en geldigheid *ecologisch werkprotocol* en ontheffing en/of vergunning en de invloed hiervan op de uitvoeringsfasering en de planning. Broedseizoenen zorgen vaak voor beperkende voorwaarden voor het uitvoeren van werkzaamheden in bepaalde jaargetijden. In de vergunning of ontheffing is verwoord onder welke voorwaarden de uitvoering kan plaatsvinden. De geldende voorwaarden worden voor de aannemer uitgewerkt in werkprotocollen. De aannemer kan in zijn werkplannen verwijzen naar deze protocollen. De ecologische toezichthouder begeleidt het werk en controleert of de voorwaarden in de uitvoering worden gehandhaafd. Het gaat om eventuele voorzorgsmaatregelen, beschermende maatregelen, een eventuele meld- en herplantplicht voor het vellen van houtopstanden, mitigerende en/of compenserende maatregelen. De concrete invulling van te nemen maatregelen is in werkplannen en ecologische protocollen vastgelegd, die, blijkens de beschikking, goedgekeurd zijn door het bevoegd gezag. Wijzigingen in planning, fasering, uitvoeringsmethode of geheel nieuwe activiteiten in afwijking van dit protocol, dienen vooraf getoetst te worden door de ecoloog. Ecologische onderzoeken en te treffen maatregelen zijn gebonden aan specifieke perioden voor uitvoering. Om ongewenste uitloop te voorkomen is het daarom noodzakelijk om wijzigingen zo vroeg mogelijk in beeld te brengen en te communiceren met de ecoloog.

Flora en fauna protocol / ecologisch werkprotocol

Voorbeelden van beschermende maatregelen die in een flora- en faunaprotocol worden opgenomen zijn:

- Het ontzien van locaties (leefgebieden van beschermde soorten) waar geen werkzaamheden plaatsvinden om zo betreding (aantasting van leefgebieden en dus een overtreding) te voorkomen.
- Werkzaamheden zo veel mogelijk uitvoeren buiten de kwetsbare periodes van soorten. Wanneer dit niet mogelijk is, worden beschermde soorten weggevangen, naar elders verplaatst en voorzieningen (bijv. amfibieënscherm) getroffen om terugkeer van deze soorten te bemoeilijken.
- Verwijderen van beplanting en vegetaties gefaseerd uitvoeren en werken in één richting, zodat dieren de tijd en de mogelijkheid hebben om zich te kunnen verplaatsen naar andere leefgebieden. Dit geldt ook voor het dempen, vergraven of opschonen van bestaande sloten en watergangen.
- Creëren van verblijfplaatsen voor bijvoorbeeld uilen, de huismus en vleermuizen in en nabij het plangebied om de functionaliteit van het leefgebied voor deze soorten te garanderen.
- Het aanleggen van een landschapszone als vervangend leefgebied voor een groot aantal beschermde soorten, zoals amfibieën, reptielen, vogels en vleermuizen.

Alle beschermende maatregelen dienen voorafgaand aan het verwijderen of vernietigen van bestaand leefgebied gerealiseerd te worden.

- *Coördinatie werkzaamheden* uitvoering: Afspraken over uitvoering en planning van werkzaamheden voor het verleggen van kabels en leidingen met netbeheerders dienen door de aannemer van de dijkversterking gecoördineerd te worden. De afstemming dient zodanig te zijn dat de verschillende werkzaamheden zoveel mogelijk onafhankelijk van elkaar uitgevoerd kunnen worden, zonder dat dit niet-ingecalculeerde kosten met zich meebrengt voor elkaars uitvoering. Daar waar nodig dienen werkzaamheden op elkaar afgestemd te worden. Leg de coördinatieverplichting bij de aannemer voor de dijkversterking. Het waterschap blijft dan als waterkeringbeheerder de regie houden. Het waterschap bewaakt dat het ontwerp binnen de verschillende (vergunningen)kaders blijft en voldoet aan de gestelde eisen. Ook ziet het waterschap toe dat gemaakte afspraken worden nageleefd, stuurt zonodig bij op tijd, geld en kwaliteit. Wees alert op eventuele wijzigingen in afspraken en mogelijke gevolgen voor de nadeelcompensatie aan de netbeheerders.

6.10 Overdracht conditionering naar beheer

Zodra de uitvoering gereed is, wordt het werk overgedragen aan de beheerder(s). Het is belangrijk dat de beheerder altijd kan herleiden wat er tijdens de uitvoering gebeurd is, en wat de achterliggende reden is voor bepaalde keuzes (bijv. ontwerpuitgangspunten). Voor de beheerder(s) is het daarom van belang om alle relevante informatie m.b.t. de conditionering te ontvangen. Wees alert op de eindafrekeningen van de kabels en leidingen die verlegd zijn. De overdracht tussen verschillende projectfasen wordt verder besproken in hoofdstuk 5.

Veiligheid

7.1 Inleiding

Veiligheid is een integraal onderdeel van een dijkversterkingsopgave. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op zowel het borgen van de veiligheid van de waterkering tijdens de uitvoeringsfase, alsmede de veiligheid van het bouwproces zelf.

7.2 Borgen waterveiligheid tijdens de bouw

De veiligheid van een waterkering wordt periodiek beoordeeld. Het is de bedoeling dat een besluit tot versterking wordt genomen op een zo vroeg mogelijk tijdstip. Op die manier is de dijkversterking gereed voordat de waterkering niet meer voldoet aan de gestelde norm. Voor het ontwerpen en beoordelen van dijken ten aanzien van waterveiligheid zijn verschillende handboeken, leidraden en technische rapporten beschikbaar. Dit valt buiten de scope van dit boek.

Dit hoofdstuk gaat wel verder in op de waterveiligheid tijdens de uitvoeringsfase. Deze fase behoeft bijzondere aandacht. Na een dijkversterking kan het enige tijd duren voordat een kering 'op sterkte' is. Het is vaak niet te voorkomen dat het waterkerend vermogen van de waterkering tijdens en/of na de realisatie tijdelijk achteruitgaat. Door gevolgen van werkzaamheden (ontgravingen, tijdelijke wateroverspanningen, opnieuw inzaaien van gras) kunnen onder andere de hoogte, de stabiliteit en de erosiebestendigheid van de waterkering tijdelijk afnemen. Kortom, het is veelal niet mogelijk om te eisen dat de te versterken waterkering tijdens of direct na versterking aan de (nieuwe) veiligheidsnormen voldoet. Bovendien kunnen tijdens de uitvoeringsfase waterveiligheid en kosten van de uitvoering (waaronder ook efficiënt werken) op gespannen voet komen te staan. Daarom acht het Expertise Netwerk Waterveiligheid een grotere overstromingskans gedurende een periode van maximaal 4 jaar acceptabel als hiermee hoge kosten te voorkomen zijn. De overstromingskans mag in deze periode echter in geen enkel jaar groter zijn dan de overstromingskans direct voorafgaand aan de versterking [Kok et al, 2016].

Tijdens de uitvoering geldt als basis het uitgangspunt dat er moet worden voldaan aan de eisen voor Waterveiligheid uit de Waterwet (vanaf 2018 onderdeel van de Omgevingswet) en aan de Leidraad Grondslagen. Deze eisen zijn echter niet concreet gemaakt voor de uitvoering. In de Waterwet staan bijvoorbeeld geen specifieke betrouwbaarheidseisen voor de uitvoering. Wel is aangegeven aan welke eis een traject ten minste moet voldoen, en elk traject moet periodiek beoordeeld worden op grond van deze eis. Totdat er een officiële aanpak is uitgewerkt op het vlak van waterveiligheid tijdens de realisatiefase, is het aan te raden een praktische aanpak te volgen in overleg met het waterschap. Verschillende waterschappen verplichten de aannemer bijvoorbeeld een *hoogwateractieplan* aan te leveren (paragraaf 7.2.2).

Grondslagen voor hoogwaterbescherming, [Kok et al 2017]:

"Van belang zijn vooral de Waterwet, de provinciale verordeningen en de waterschapskeuren. Daarnaast spelen ook de Beleidslijn Grote Rivieren, als het gaat om de rivier zelf, en de Europese Richtlijn Overstromingsrisico (ROR) een rol. De Waterwet regelt het beheer van het watersysteem, dat wil zeggen de waterkeringen, het oppervlaktewater en het grondwater, en richt zich ook op het verbeteren van de samenhang tussen waterbeleid en ruimtelijke ordening. De Waterwet vormt de basis voor normen en eisen die aan watersystemen kunnen worden gesteld. Voor primaire waterkeringen staan de normen in de wet zelf. Voor regionale waterkeringen in beheer bij het Rijk worden de normen vastgesteld bij algemene maatregel van bestuur en voor regionale waterkeringen in beheer bij de waterschappen bij provinciale verordening."

“Bij de aanleg of versterking van een kering spelen de volgende wetten een rol: Waterwet (2017), de Wet Ruimtelijke Ordening (2006), de Ontheffingswet (1851), de Woningwet (1991), de Wet Milieubeheer (1993), de Wet Natuurbescherming (2017), welke de Natuurbeschermingswet 1998, de Flora- en faunawet en de Boswet vervangt en de Wet Algemene Bepalingen Omgevingsrecht (2010).”

7.2.1 Calamiteitenplan

Om goed voorbereid te zijn op calamiteiten (bijv. hoog water), werken waterschappen met calamiteitenplannen en calamiteitenorganisaties. Op die manier kunnen zij dreigende calamiteiten bij dijken tijdig constateren, communiceren en beheersmaatregelen treffen. Om adequaat te kunnen reageren op een calamiteit, zijn er onderlinge afspraken over wie welke verantwoordelijkheden heeft en wie welke acties uitvoert. Hieronder valt ook het maken van afspraken over wie welke monitoring regelt, hoe de communicatielijnen lopen en welke maatregelen er getroffen moeten worden bij welk dreigingsniveau.

De calamiteitenorganisatie van een waterschap, veelal de dijkbeheerder, is gebaseerd op een eigen stroomschema met daarin de escalatielijnen, opschalingsniveau's en mogelijke maatregelen bij een incident of calamiteit inclusief alle contactgegevens. Deze opschaling kan afwijken van de landelijk opschaling. De waterschappen maken bij het voorspellen van calamiteiten wel gebruik van de hoogwatervoorspellingen van het Watermanagementcentrum Nederland (WMCN) in Lelystad.

Bij een dijkversterking is het stroomschema gekoppeld aan de uitvoeringsfasering en de werkplannen. Alle meldingen van incidenten, calamiteiten en inspecties worden vastgelegd in het risicodossier. Dit wordt uiteindelijk vrijgegeven door het waterschap. Verschillende waterschappen verplichten de aannemer tegenwoordig naast een projectspecifiek calamiteitenplan ook een onderliggend hoogwateractieplan aan te leveren. Dit laatste plan focust specifiek op risico's tijdens hoogwater. Het hoogwateractieplan wordt besproken in paragraaf 7.2.2. Ook voor de uitvoering van het verleggen van kabels en leidingen dient er een dergelijk calamiteitenplan gemaakt te worden, zodat ook die uitvoering indien nodig in het gesloten seizoen kan plaatsvinden.

Tijdens een (dreigende) crisis neemt de waterkeringbeheerder de leiding in lijn met zijn eigen crisisbeheersingsplan en onderliggende bestrijdingsplannen. Om de taken van de aannemer tijdens een crisis te stroomlijnen, moet de aannemer zijn calamiteitenactieplan, calamiteitenorganisatie en hoogwateractieplan afstemmen met de organisatie van het waterschap, voordat kan worden gestart met de uitvoering. De basis hiervoor wordt door het waterschap gelegd.

Voordat een contractpartner gekozen wordt of een aanbesteding plaatsvindt wordt er door het projectteam van het waterschap, in afstemming met de interne calamiteitenorganisatie, gedefinieerd wat een incident is en wat een calamiteit. Dit onderscheid en de afspraken hierover zijn heel belangrijk en moeten goed gecommuniceerd worden met de contractpartner om onduidelijkheden/risico's later in het proces te vermijden.

Beheersmaatregelen: materiaal en materieel

Bij de beheers- of noodmaatregelen tijdens de dijkversterking kunnen verschillende materialen worden toegepast. Bij beheersmaatregelen kan ervoor worden gekozen om de tijdelijke verhoging van de waterveiligheid te realiseren met materialen zoals klei, zandzakken of bigbags met zand of een constructieve oplossing (wand). Daarnaast zijn er ook andere mogelijkheden, zoals het toepassen van een geotextiel in combinatie met grond. Dit zijn dan veelal materialen die of als beheersmaatregelen of als noodmaatregelen worden ingezet. Een overzicht kan worden gevonden op de door Rijkswaterstaat en STOWA geïnitieerde site www.wiki-noodmaatregelen.nl. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen belasting beperkende maatregelen, erosie-remmende maatregelen, stabiliteit-verhogende maatregelen, verhoging van de kering en het realiseren van een extra kering. Relevant

bij het adequaat toepassen van nood- of beheersmaatregelen is kennis over de faalmechanismen, de verwachte dominante faalmechanisme(n), de kans van voorkomen en het risico. Dit vormt onderdeel van het risico-“huishoudbboekje” en dus van het risicodossier. Van belang is dat mogelijk herstelwerkzaamheden nodig zijn na het uitvoeren van de maatregelen. Hierbij kan gedacht worden aan grondwerk en herstel van de grasmat.

Oefenen en evalueren

Het is natuurlijk van groot belang dat de inzet van beheers- en noodmaatregelen efficiënt en effectief verloopt en iedereen op het werk ervan op de hoogte is. Dit houdt in dat er bij elk project geoefend moet worden. Hierdoor kan getest worden of het projectspecifieke calamiteitenplan en de inzet en rol van de aannemer goed aansluiten bij de calamiteitenorganisatie van het betreffende waterschap. Dit geeft ook inzicht in de vraag of de aannemer de inzet van maatregelen en mensen tijdig en deugdelijk kan realiseren. Bij dit laatste speelt ook bijvoorbeeld de bereikbaarheid, de mobilisatie en de beschikbaarheid van materialen, materieel en personeel een rol. Daarnaast kan het zijn dat het betreffende waterschap van de aannemer verlangt dat deze mee oefent in een jaarlijkse oefening van het waterschap.

Uit de praktijk blijkt dat de kwaliteit van de calamiteitenorganisatie toeneemt als er zo spoedig mogelijk na een calamiteit of oefening, een evaluatie plaatsvindt. Hierbij worden niet alleen de beheerder en de uitvoerende aannemer betrokken, maar ook stakeholders, zoals de veiligheidsregio of zelfs bewoners.

7.2.2 Hoogwateractieplan

Zoals gezegd, verschillende waterschappen verplichten de opdrachtnemer een hoogwateractieplan aan te leveren. Een hoogwateractieplan of draaiboek hoogwater beschrijft de verbanden tussen het project en de eisen in de vraagspecificatie en/of vergunningen voor het werken tijdens hoogwater of zware stormcondities (gesloten seizoen) of naderend (extreem) laagwater dan wel extreme neerslag. Het plan komt tot stand in nauw overleg met de opdrachtgever en wordt uiteindelijk door de opdrachtgever goedgekeurd. Net zoals bij het calamiteitenplan dient het hoogwateractieplan duidelijk te maken hoe het aansluit op de calamiteitenorganisatie en bijbehorende coördinatiefasen (fasen van een crisis) van de opdrachtgever. Wanneer aan de orde wordt het jaarlijks geactualiseerd en telkens opnieuw geaccordeerd.

Zorg dat er ook voor de uitvoering van het verleggen van kabels en leidingen een hoogwateractieplan is, zodat ook die uitvoering in het gesloten seizoen kan plaatsvinden.

Onder werken in de waterkering wordt verstaan alle werkzaamheden die plaats vinden in de kern- of beschermingszone (zie figuur 6-5). Tevens gaat het om alle werkzaamheden die een zettingsvloeiing kunnen veroorzaken die plaats vinden in de buitenbeschermingszone (Bron: [Kwakman, 2016]).

Het hoogwateractieplan beschrijft preventieve beheersmaatregelen en noodmaatregelen die gekoppeld zijn aan de verschillende extreme situaties die van invloed zijn op de waterveiligheid. Beheersmaatregelen zijn vooraf gepland en helpen om de minimale veiligheid tijdens de uitvoering te borgen. Noodmaatregelen zijn niet vooraf gepland en worden ingezet in onvoorziene omstandigheden, bijvoorbeeld naar aanleiding van een verwacht hoogwater.

Bij het definiëren van de maatregelen wordt duidelijk gemaakt welke risico's er zijn, hoe ze worden beheerst (incl. specificaties en werkinstructies), wie wat doet en hoe dit past binnen de beschikbare reactietijd. Het bespreekt ook vooral wat de rollen zijn van de verschillende betrokkenen, met daarbij de onderdelen van de aannemer en opdrachtgever en betrokken leveranciers van (nood)materialen. Voor beheersmaatregelen dient middels stabiliteitsberekeningen onderbouwd te worden dat de voorziene maatregelen de vereiste veiligheid garanderen. Voor zowel beheers- als noodmaatregelen dient zowel technisch, logistiek als organisatorisch te worden onderbouwd hoe maatregelen tijdig en deugdelijk uitgevoerd kunnen worden.

De waterkeringbeheerder is verantwoordelijk voor de waterkerende functie van de waterkering. Deze verantwoordelijkheid kan hij niet overdragen naar anderen, ook niet naar een aannemer tijdens de uitvoering van een dijkversterkingsproject. Om kaders mee te geven aan de opdrachtnemer zal de beheerder daarom vroegtijdig moeten specificeren aan welke (gereduceerde) waterveiligheidseisen de dijk tijdens de uitvoering moet voldoen. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om te keren waterstanden en minimale (tijdelijke) waarden van stabiliteitsfactoren. Hierbij heeft de beheerder de mogelijkheid om onderscheid te kunnen maken tussen veiligheidseisen tijdens het open seizoen en het gesloten seizoen. Statistisch komen in het gesloten seizoen de meeste hoogwaters voor, wat niet wegneemt dat incidenteel in het open seizoen ook (nog) hoogwater voorkomt.

7.2.3 Werken in het gesloten seizoen

Het gesloten seizoen beslaat de periode van 15 oktober tot 15 maart voor rivierdijken, of van 15 oktober tot 15 april voor zee- en meerdijken. Tijdens het gesloten seizoen is de kans op hoogwater het grootst. Juist in die periode moet de veiligheid van dijken dus optimaal gewaarborgd zijn. In de basis mogen daarom vanuit de Keur van de waterschappen geen werkzaamheden aan de dijk worden uitgevoerd tijdens het gesloten seizoen. Deze beperking heeft een grote impact op de planning van dijkversterkingen, zeker wanneer er ook beperkingen spelen vanuit natuurbeheer. Een waterschap kan daarom uitzonderingen toestaan om tijdens het gesloten seizoen door te werken. Deze keuze is een afweging tussen een praktische werkwijze enerzijds en borging van risicobeheersing anderzijds.

Bij de Projectoverstijgende Verkenning Macrostabieliteit, Cluster Procesverbetering, is geconcludeerd dat er geen duidelijke uniforme richtlijnen en kaders bestaan die beschrijven welke werkzaamheden wel en niet mogen plaatsvinden tijdens het gesloten seizoen. De Projectoverstijgende Verkenning (POV) Macrostabieliteit werkt daarom aan de handreiking "Werken in het gesloten seizoen aan primaire Waterkeringen". De definitieve aanbevelingen zijn bij het verschijnen van dit handboek nog niet gepubliceerd. De handreiking beschrijft hoe je binnen een project de risico's van werken in het gesloten seizoen kan bepalen en beheersen. Dit proces start grofweg met het beoordelen van de kering en inventariseren van maatregelen. Als dit in grove lijnen afgerond is, kan vervolgens een eerste afweging worden gemaakt van de te verwachten uitvoeringstermijn. Dit is tegelijkertijd het moment om vast te stellen of werken in het gesloten seizoen nodig of wenselijk is. Het laatste deel van het proces volgt een risico gestuurde aanpak. Hierbij worden de kansen en risico's van werken in het gesloten seizoen bepaald en worden beheersmaatregelen opgezet.

Doorwerken in het gesloten seizoen draagt logischerwijs bij aan de planning. Door werkzaamheden ook in de winter te laten plaatsvinden, hoeven werkzaamheden niet te wachten en kunnen ze door de aannemer sneller afgerond worden. In tabel 7.1 zijn een aantal argumenten te vinden voor het wel of niet doorwerken in het gesloten seizoen. De daadwerkelijke argumenten en de weging zijn afhankelijk van de locatie (hoogwater vanuit zee en/of via de Maas en/of Rijn), het waterschap, de dijkversterkingsopgave en de noodzaak voor het werken in het gesloten seizoen.

Tabel 7.1 Wel of niet doorwerken in het gesloten seizoen?

Argumenten voor	Argumenten tegen
Het voorkomen van extra demobilisatie en mobilisatie doordat doorgewerkt kan worden met daardoor ook lagere kosten.	Grotere kans op hoogwater en daardoor grotere kans op in werking treden van het calamiteitenplan.
Het beoogde definitieve waterveiligheidsniveau wordt eerder behaald en de hinder voor de omgeving is van kortere duur.	Extra inspanningen en capaciteit: meer capaciteit voor de calamiteitenorganisatie afstemmen van verantwoordelijkheden rondom calamiteiten, het beheersen van afwijkingen en het toetsen van de aannemer.
Snelle afronding is extra gewenst als er ook andere beperkingen in de uitvoeringsperiode spelen, zoals broedseizoen, vestigen van beschermde flora en fauna in het werkgebied en het recreatieseizoen.	Minder werkbare dagen door nadelige (weers)omstandigheden (bijv. vorst, vernatting, mist en golven).
Aannemer is continu aanwezig en kan continu risico's monitoren en beheersen.	Extra inspanningen omtrent communicatie en omgevingsmanagement.
Wateroverspanningen en restzettingen kunnen worden geminimaliseerd door verspreiding van activiteiten over de uitvoeringsduur.	Kosten verhogen door duurdere technische, constructieve oplossingen en uitvoeringsmethoden.
Aannemer krijgt heeft meer ruimte voor creativiteit en innovatie.	Potentieel hogere kosten in verband met stilleggen werk, noodmaatregelen en/of herstelwerkzaamheden door hoogwater.

Eisen aan de waterkering bij uitvoering in het gesloten seizoen

Bij het uitvoeren van werkzaamheden in het gesloten seizoen is de kans op een hoogwater groter. Daarom worden er zwaardere eisen gesteld aan het werk. Dit gebeurt door het opstellen van inhoudelijke eisen en proceseisen. Wees er alert op dat deze ook in de te sluiten Projectovereenstemmingen (POS) voor te verleggen kabels en leidingen zijn opgenomen. De invulling van de beheersmaatregelen is afhankelijk van de specifieke uitvoeringswijze van de opdrachtnemer.

In het volgende kader een voorbeeld van uitgewerkte eisen van Waterschap Rivierenland.

Uit de beleidsvisie "Veiligheid tijdens de uitvoering" enkele voorbeelden van eisen:

- Bij ontgravingswerkzaamheden ter plaatse van de kruin in het open seizoen dient de waterkerende hoogte bij aanvang van het gesloten seizoen tenminste gelijk te zijn aan de oorspronkelijke waterkerende hoogte.
- Het uitvoeren van werkzaamheden aan het buitentalud en ontgravingen ter plaatse van het binnendijkse maaiveld (binnen de stabiliteitszone), de binnenberm en het binnentalud zijn niet toegestaan.
- De omvang van het werk tijdens het gesloten seizoen dient zodanig te zijn, dat binnen 12 uur na een aanzegging door het waterschap de verzwakkingen kunnen worden opgeheven en de dijk winterklaar is.
- De aannemer stelt tijdens het gesloten seizoen wekelijks een rapportage op, waarin wordt aangegeven welke werkzaamheden worden uitgevoerd en welke veiligheidsmaatregelen worden getroffen. Hierbij wordt ook de voorspelling van buitenwaterstanden en weersverwachtingen betrokken.
- De aannemer geeft tijdens het gesloten seizoen maandelijks een overzicht door van aandachtspunten (waarop in het bijzonder bij hoogwater moet worden gelet) en reeds getroffen beheersmaatregelen.
- Ieder onverwacht gedrag van de waterkering (vervorming, scheurvorming, wateroverspanning, etc.) en dreigende overschrijding van verwacht gedrag wordt onmiddellijk aan de opdrachtgever gemeld.
- De waterkering moet tijdens het gesloten seizoen continu toegankelijk zijn voor de calamiteitenorganisatie van het waterschap, andere overheden en hulpdiensten.

In beleidsvisies van de waterschappen Rivierenland, Hollandse Delta en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier zijn speciale eisen gesteld aan de staat van de waterkering vlak voor het gesloten seizoen ('winterklaar'). Daarin zijn bepalingen gesteld ten aanzien van hoogte, buitentalud, kruin, binnentaluds, stabiliteit, bekleding, kunstwerken en algemene bepalingen. De te nemen maatregelen in het kader van het 'winterklaar' maken van de dijk worden daarbij door de aannemer opgenomen in het hoogwateractieplan.

7.2.4 Monitoring

Het waterschap is beheerder van de waterkering en is verantwoordelijk voor de waterveiligheid. In deze rol zal het waterschap dan ook tijdens de uitvoering inspecties uitvoeren. Hierbij speelt ook databeheer een rol. Het is van belang dat actuele informatie goed wordt opgeslagen en ontsloten zodat die terug te vinden is. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om geotechnische informatie, werktekeningen met actuele hoogtes en de monitoringsgegevens zelf. Aan de hand van monitoring kan telkens bijvoorbeeld middels stabiliteitsberekeningen worden getoetst of de veiligheid in lijn is met gemaakt afspraken.

7.3 Veilig werken

7.3.1 Inleiding

Een dijkversterkingsproject heeft tot doel om de dijk veiliger te maken. Om dit mogelijk te maken wordt buiten gewerkt met grote machines en veel materiaal. Daardoor ontstaan veel transportactiviteiten, zijn meerdere specialisten nodig, wordt vaak gewerkt in beperkte ruimte, waarbij de toegankelijkheid eigendommen van derden gegarandeerd moet blijven. Al met al een complexe opgave met veel mogelijke risico's. Deze paragraaf gaat hier verder op in. Het bespreekt de veiligheid van de uitvoeringsfase zelf.

Tijdens de uitvoeringsfase is het van belang om gevaarlijke situaties te voorkomen. Het uitgangspunt hierbij moet zijn: tijdens het project mogen geen onveilige situaties voorkomen voor bouwplaatsmedewerkers, beheerders, opdrachtgevers, weggebruikers en omwonenden die zich op het werkterrein en in de omgeving van het werk bevinden. Daarnaast moet tijdens het project ook (materiële) schade aan de omgeving of schade aan het milieu voorkomen worden. Kortom: er moet veilig gebouwd worden!

De dijkversterking op Texel wordt uitgevoerd door de aannemer Combinatie Tessel (Boskalis en KWS) in opdracht van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Vanwege ruimtegebrek door bebouwing wordt de versterking in het dorp Oudeschild uitgevoerd met 17 meter lange damwandplanken en is voor drukken in plaats van trillen gekozen. Dit vraagt om een grote Quattropiler die op de kruin staat. Daarom is extra aandacht voor veiligheid van groot belang. Vandaar dat er meerdere veiligheidschecks zijn uitgevoerd voorafgaand aan het werk en tijdens het gebruik van de Quattropiler. Hierbij is gebruik gemaakt van evaluaties van ongevallen en bijna ongevallen in het verleden. De veiligheidschecks in Oudeschild hebben er toe geleid dat er extra maatregelen zijn genomen om de stabiliteit van de Quattropiler te vergroten.

Deze werkwijze komt voort uit het veiligheidsprogramma NINA van Boskalis. De kern van dit programma is het veiligheidsbesef bij alle betrokkenen op en rond de bouwplaats. Medewerkers van opdrachtgever en opdrachtnemer worden bewust gemaakt van de eigen rol bij veilig werken en iedereen wordt aangemoedigd elkaar aan te spreken op veilig werkgedrag. Naast trainingen, posters in de werkruimtes en safety walks is veiligheid een vast onderwerp op de agenda van de projectteams. Hierdoor ontstaat een omgeving waar snel geleerd wordt van bijna ongelukken en mensen zich echt vrij voelen om elkaar aan te spreken op onveilig gedrag ongeacht functie of bedrijf.



Figuur 7-1 Quattropiler op de kruin van de dijk naast bebouwing in Oudeschild, Texel (bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).



VEILIGHEIDSVERKLARING

De veiligheid van onze medewerkers is voor ons een kernwaarde. Zij zijn immers ons belangrijkste werkkapitaal. Ons doel: No Injuries No Accidents. NINA ligt verweven in onze bedrijfscultuur en wordt ondersteund door 'Values & Rules'. Alle werknemers, inclusief onze onderaannemers, worden verwacht deze 'Values & Rules' in acht te nemen.

VALUES	RULES
<p>IK BEN VERANTWOORDELIJK VOOR MIJN EIGEN VEILIGHEID</p> <p>IK ATTENDEER ANDEREN OP VEILIG WERKEN</p> <p>IK NEEM MAATREGELEN BIJ ONVEILIGE ACTIVITEITEN. ZO NODIG ONDERBREEK IK DE WERKZAAMHEDEN</p> <p>IK ACCEPTEER FEEDBACK OVER MIJN VEILIGHEIDSGEDRAG, ONGEACHT RANG EN FUNCTIE</p> <p>IK MELD ALLE ONGEVALLLEN, INCLUSIEF BIJNA-ONGEVALLLEN, OM ANDEREN TE INFORMEREN EN HIERVAN TE LEREN</p>	<p>MAAK EEN RISICOANALYSE VOOR ALLE PROJECTEN, DRIJVEND MATERIEEL EN WERKLOCATIES</p> <p>VRAAG EEN WERKVERGUNNING AAN VOOR WERKZAAMHEDEN MET EEN BIJZONDER GEVAAR</p> <p>MAAK EEN TAAKRISICOANALYSE (TRA) VOOR GEVAARLIJKE NIET-ROUTINEMATIGE WERKZAAMHEDEN</p> <p>WEES OP DE HOOGTE VAN RISICO'S EN BEHEERSMAATREGELEN</p> <p>ZORG DAT U FIT BENT OM TE WERKEN EN DRAAG DE VEREISTE PERSOONLIJKE BESCHERMINGSMIDDELEN</p>

Figuur 7-2 Poster met waarden en regels van veiligheidsprogramma NINA (bron: Boskalis Nederland).

Actor voor veiligheid

Tijdens uitvoering heeft niet alleen de aannemer, maar ook de opdrachtgever een rol. Vanuit het Arbobesluit is de opdrachtgever verantwoordelijk tijdens de ontwerpfase en opdrachtnemer tijdens de realisatiefase. Er is grote druk vanuit de maatschappij om de veiligheid in de bouw te verbeteren. Op dit moment proberen waterschappen en marktpartijen in nauw overleg de veiligheid op de bouwplaats te vergroten. Hiertoe is al een overleg geweest en een vervolgoverleg wordt gepland. De uitkomsten van die acties zijn op dit moment nog niet volledig beschikbaar. Op korte termijn gaat het om het vergroten van het veiligheidsbewustzijn bij zowel de opdrachtgever als de opdrachtnemer en het zich houden aan de verplichtingen vanuit de VCA en VCO. Op langere termijn zijn verdergaande maatregelen nodig.

In de volgende paragrafen wordt besproken op welke vlakken in de ontwerpfase en uitvoeringsfase aandacht dient te worden besteed aan het onderwerp veilig bouwen.

7.3.2 Ontwerpfase

Een dijkversterkingsproject is omvangrijk. Op basis van het Arbeidsomstandighedenbesluit, artikel 2.29 en 2.30 moet de opdrachtnemer daarom in de ontwerpfase een V&G-coördinator (Veiligheids- & Gezondheidscoördinator) aanstellen. Deze coördinator is verantwoordelijk voor:

- Opstellen V&G-plan Ontwerpfase.
- Opstellen Risicodossier, inclusief risicoregister V&G-plan uitvoeringsfase.

Veiligheid is echter niet alleen een taak van de opdrachtnemer. Zoals verwoord in het Arbeidsomstandighedenbesluit ligt er ook een belangrijke rol en verantwoordelijkheid bij de opdrachtgever. Die kan immers via het bestek eisen stellen aan de veiligheidsmaatregelen die de aannemer op het werk treft.

In de volgende sub-paragrafen wordt de rol van veiligheid in het voorontwerp (VO), definitief ontwerp (DO) en uitvoeringsontwerp (UO) besproken.

Voorontwerp

Met het voorontwerp, ook wel schetsontwerp, zijn de grove dimensies verkregen en is een eerste grove inschatting van materieel en ruimtegebruik gemaakt. De uitvoeringsveiligheid speelt hier nog geen rol.

Definitief ontwerp

Bij het definitief ontwerp ligt de focus veelal op de techniek en de functionaliteit van het ontwerpobject. Voor een veiligere uitvoeringsfase is het belangrijk om bij het definitief ontwerp ook rekening te houden met een veilige uitvoerbaarheid. Dit kan worden gedaan met het uitvoeren van een maakbaarheidstoets. Hierbij wordt gekeken of het beoogde ontwerp ook daadwerkelijk uitgevoerd kan worden. Door de uitvoerbaarheid te toetsen kan het ontwerp geoptimaliseerd en realistischer worden en kunnen onveilige situaties voorkomen worden. In zogenaamde Veiligheid & Gezondheidsrisicosessies (V&G-risicosessies) worden in de ontwerpfase al uitvoeringsrisico's geïdentificeerd en kunnen ook beheersmaatregelen bepaald worden. Deze maatregelen leiden vaak tot het aanpassen van het ontwerp, het beheersen van raakvlakken (bijv. monitoren van aanliggende gebouwen, bomen en kabels en leidingen) of voorschriften over werkvolgorde, veilige transportroutes en inkoopspecificaties waarmee ondeugdelijke materialen kunnen worden vermeden.

Uitvoeringsontwerp

Bij het uitvoeringsontwerp is het van belang om na te gaan hoe het definitief ontwerp veilig kan worden gerealiseerd. Net zoals bij eerdere fases kan dit gedaan worden met behulp van V&G-risicosessies. Hierbij dient aandacht te worden besteed aan de verschillende invalshoeken van veiligheid, bijvoorbeeld arbeidsveiligheid,

verkeersveiligheid, nautische veiligheid, mechanische veiligheid, elektrische veiligheid, constructieve veiligheid, sociale veiligheid, brandveiligheid en integrale beveiliging.

Met het uitvoeringsontwerp moet goed worden gekeken welke maatregelen en hulpconstructies nodig zijn om tijdens de uitvoeringsfase onveilige situaties of ongewenste gebeurtenissen te voorkomen. Hierbij kan bijvoorbeeld worden gekeken naar tijdelijke verkeerslichten, verkeersregelaars, hulpconstructies voor veilige kraanposities en zettingen en stabiliteit van de waterkering ten gevolge van tijdelijke wateroverspanningen. Daarnaast kan het nodig zijn om wijzigingen aan te brengen in de fasering van projectactiviteiten t.b.v. de veiligheid van de mensen op de bouwplaats alsook met de omgeving. Concreet betekent dit bijvoorbeeld het reduceren van de transportbewegingen in bepaalde perioden alsmede het voorschrijven van specifieke routes (zwaar transport, wegverkeer door woonwijken, omwonenden etc.).

7.3.3 Uitvoeringsfase

De uitvoeringsfase start met de overdracht van het V&G-dossier van V&G-coördinator Ontwerpfase naar V&G-coördinator Uitvoeringsfase. Dit V&G-dossier dient tijdens de uitvoeringsfase uitgebreid en up-to-date gehouden te worden.

In de volgende sub-paragrafen wordt de rol van veiligheid in de werkvoorbereiding en uitvoering besproken.

Werkvoorbereiding

Tijdens de werkvoorbereiding wordt gewerkt aan een werkplan waarin wordt aangegeven op welke wijze de uitvoering plaatsvindt. Hierbij wordt o.a. een analyse uitgevoerd van het bestaande risicoregister afkomstig uit de ontwerpfase en worden eventuele restrisico's of onvolkomenheden/uitvoeringsrisico's in deze fase van het project nader gespecificeerd.

Uitvoering

Vóór en tijdens de uitvoering van een dijkversterking wordt gewerkt volgens het V&G-plan. Het plan beschrijft de risico's van de werkzaamheden en de afspraken over de te treffen maatregelen en de te volgen procedures. Ook dient het V&G-plan de organisatiestructuur met betrekking tot veiligheid en gezondheid te beschrijven. Het is raadzaam om hierbij de verantwoordelijkheid voor de veiligheid op het werk, aan de kant van de aannemer, te leggen bij de Project Manager van het project. Dit is omdat deze persoon, ook juridische gezien, geheel verantwoordelijk is voor de projectmedewerkers.

Om onveilige situaties of ongewenste gebeurtenissen te voorkomen dienen betrokkenen de (project)beleidsregels te volgen. Hier is echter meer voor nodig dan alleen een gedocumenteerd V&G-plan. Er dient een veilig klimaat gecreëerd te worden met daarbij commitment en een proactieve houding van alle projectmedewerkers, vanuit alle lagen van de projectorganisatie. Men moet de beleidsregels uitdragen en elkaar vrij kunnen aanspreken op veilig gedrag, zonder daarbij bang te hoeven zijn voor disciplinaire consequenties. Dit geldt niet alleen voor projectmedewerkers. Dezelfde cultuur moet bekend zijn en gecommuniceerd worden met leidinggevenden van opdrachtgever en aannemer, uitvoerders, toezichthouders, incidentele onderaannemers en incidentele bezoekers.

Het V&G-plan dient gebaseerd te zijn op de eisen vanuit de Arbowet, VCA/VCO. Vanuit het V&G-plan is bijvoorbeeld een eis dat de opdracht gevende partij een VGM-beheersysteem heeft dat minimaal voldoet aan de eisen van VCA. Meer informatie over de inhoud van een V&G-plan is te vinden bij de Arbocatalogus op www.waterbouw.nl. Deze website biedt ook diverse instructies, werkmethoden en andere middelen.

Hieronder worden een aantal elementen van een V&G-plan nader beschouwd:

Introductie, taakgerichte voorlichting en onderricht

Het is belangrijk om alle (dus oude en nieuwe) werknemers van de hoofd- en onderaannemer(s) en eventuele bezoekers bekend te laten worden met het project, bouwplaats regels, de wijze waarop veilig gewerkt dient te worden (bijv. persoonlijke beschermingsmiddelen) en hoe een Last Minute Risk Assessment (LMRA) wordt uitgevoerd. Bij de introductie moeten de mensen gewezen worden op hun verantwoordelijkheid naar zichzelf, maar ook naar anderen. De praktijk leert dat naarmate medewerkers verder van de hoofdaannemer afstaan er extra aandacht besteed moet worden aan het overdragen van de veiligheidsfilosofie op het project.

Daarnaast is het van belang om de veiligheidstrainingen constant met medewerkers te blijven uit te voeren en eventueel ook toolbox-meetings toe te voegen. Zo blijft kennis hangen, kan het veiligheidsbewustzijn worden vergroot en kunnen verbeterlagen worden ingezet. Een ongeval, incident, bijna ongeval, regelmatig geconstateerde overtreding of anderszins kan aanleiding zijn tot een extra meeting. Als toevoeging op geldende regelgeving kunnen specifieke medewerkers overigens ook extra worden getraind, bijvoorbeeld op het vlak van EHBO en veilig werken (bijvoorbeeld: werk op hoogte, werken met verontreinigde (water)bodem, zaagcursus e.d.).

Ingangscontroles

Ingangscontroles zijn ook van belang voor het borgen van de veiligheid. Deze ingangscontroles geven geen zekerheid ten aanzien van het veilig werken, maar het draagt er wel significant aan bij. Om buiten veilig te kunnen werken zullen de toe te passen materialen en het ingezette materieel aantoonbaar moeten voldoen aan (inkoop)specificatie en beschikken over een geldig, goedgekeurd keuringscertificaat. Daarnaast is het in de Waterbouwkunde gebruikelijk om alleen VCA (VOL) gecertificeerd personeel toe te laten.

De mensen moeten de (voer)taal beheersen om met elkaar te kunnen communiceren met name als het gaat over veiligheid en veilig werken.

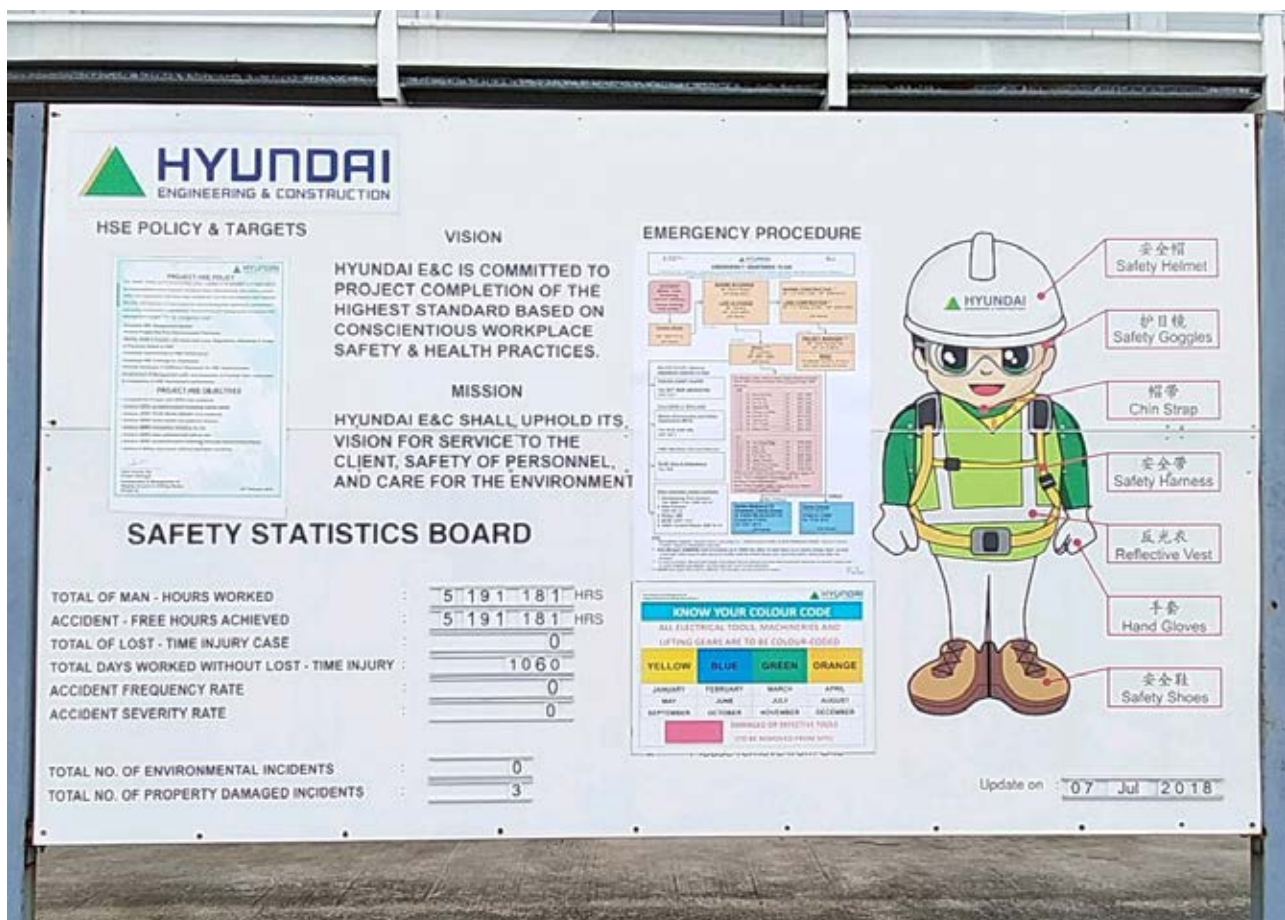
Meldingsprocedures, terugkoppelingen

Voor een succesvolle uitvoering van het veiligheidsbeleid, het verkrijgen van inzicht en het verbeteren van de veiligheidssituatie is het van belang dat incidenten en onveilige situaties door projectmedewerkers worden gemeld. Deze relatie werkt ook de andere kant op, terugkoppeling naar medewerkers naar aanleiding van een melding blijkt daarbij een effectief middel ten aanzien van het veiligheidsbewustzijn en de commitment.

Een ernstig incident moet volgens de Arboret worden gemeld bij de Inspectie SZW. Dat betekent dat dit incident en de afhandeling hiervan wordt opgenomen in een landelijk register. De Inspectie SZW kan ook een eigen onderzoek instellen. Als je ernstige incidenten wilt voorkomen, moet je eerder optreden en lering trekken uit bijna-ongelukken en ongelukken met beperkt letsel. Het beste instrument is registratie van lost-time-injuries (LTI) op projectniveau maar ook op bedrijfsniveau, op systeemniveau, zoals op HWBP niveau.

Het is zinvol om de mate van veiligheid meetbaar te maken voor aannemer en opdrachtgever. Bij Maasvlakte-2 werd ieder bezoek aan een EHBO medewerker geregistreerd. Vervolgens werd per melding bijgehouden hoeveel verzuimuren het gevolg waren van iedere melding. Door een relatie te leggen met het aantal gewerkte uren per onderdeel van het werk was het mogelijk de relatieve onveiligheid in kaart te brengen en op basis daarvan maatregelen te nemen. Dit was een standaard agendapunt op de bouwvergadering. Daarnaast had opdrachtgever in dit geval een bonus ingesteld. Wanneer de veiligheidsdoelstelling in een periode werd gehaald, konden werknemers beslissen welk goede doel in aanmerking kwam voor deze bonus. (Prijzen is beter dan straffen). De regeling gold ook voor opdrachtgever, onderaannemers en zzp-ers.

Het is ook zinvol de resultaten van de veiligheidsinspanningen zichtbaar te maken voor de buitenwereld, bijvoorbeeld door het bijhouden van een bord met de resultaten op strategische plaatsen. In het buitenland gebeurt dit vaker dan in Nederland. Zie Figuur 7-3.



Figuur 7-3 Veiligheidsbord Singapore (Bron: Surbanajurong Consultants, met toestemming van Hyundai Engineering & Construction).

In het V&G-plan moet uitgelegd worden welke meldingsprocedures en wanneer welke procedure opgestart moet worden. Uit de praktijk blijkt dat hoe beperkter de benodigde inspanning is voor het doen van een melding, hoe eerder medewerkers geneigd zijn een melding te doen. Uit de luchtvaartsector is het bovendien bekend dat elke melding van een incident of bijna-incident niet moet leiden tot strafmaatregelen. De bereidheid om incidenten te melden neemt ook snel af als men op de werkvloer de indruk heeft dat er niets mee wordt gedaan.

VGM-audits en controles

Voor het borgen van een veilige uitvoeringsfase dienen ook inspecties en audits te worden uitgevoerd (afgestemd op de behoefte, omvang en meldingen). Met deze inspecties en audits wordt gekeken of het project daadwerkelijk werkt volgens de geldende wet- en regelgeving en interne voorschriften.

8.1 Inleiding

Grondwerk is nodig bij dijkverbreding en dijkverhoging, of bij het anderszins aanpassen van het profiel. Grond is een natuurlijk materiaal, in tegenstelling tot bijvoorbeeld beton en staal. Dit betekent dat het gedrag ervan en de optimale behandeling niet binnen nauwe kaders kunnen worden gestuurd.

De optimale werkwijze bij grondwerk bij een dijk is verder afhankelijk van het type dijk en de locatie. Op slappe bodems in het noorden en westen van Nederland zijn zettingen, taludstabiliteit en consolidatie van wateroverspanningen veel relevanter dan bij de zandgronden in het oosten en het zuiden. Bij zeedijken en dijken langs benedenrivieren moet men regelmatig grondverzetmaterieel verplaatsen in verband met getij (hoog en laag water). Werken met leem bij Brabantse kanaaldijken is anders dan met rivierklei in Gelderland of met veen in veenkades in Zuid-Holland. Aan de buitenzijde van een dijk wordt de uitvoeringswijze veelal gedomineerd door de natuur (waterstanden en golven), terwijl aan de binnenzijde de beschikbare ruimte over het algemeen de bepalende factor is. In dit hoofdstuk worden zowel dit soort locatiespecifieke aspecten als generieke aspecten behandeld.

In de volgende paragraaf worden eerst de algemene aandachtspunten bij uitvoeringsfasering behandeld. Vervolgens wordt afzonderlijk ingegaan op ophogen in den droge en in den natte. In paragraaf 8.5 worden uitgangspunten bij het aanbrengen van dijkbekleding beschreven. Vervolgens wordt ingegaan op omgevingsbeïnvloeding, monitoring en opleveringscontrole. Er wordt afgesloten met een paragraaf over trends en ontwikkelingen.

8.2 Uitvoeringsfasering

8.2.1 Inleiding

Bij de uitvoering van dijkversterkingen (zie Figuur 8-1) kan men globaal de volgende fasen onderscheiden:

- Inrichting van de zate.
- Aanbrengen van grond.
- Afwerking van dijklichaam.

8.2.2 Fase 1. Inrichting van de zate (ondergrond dijk)

Voorafgaand aan ophoogwerkzaamheden bij een dijk dient een zate te worden gecreëerd. Dat is een schone, ruwe ondergrond van een dijk waarop een goede aansluiting met de aan te brengen grond tot stand kan komen. Inrichtingselementen, zoals dijkpalen, verkeersborden en overig meubilair worden weggehaald. De grasmat, boomstobben, andere vegetatie en los gepakte, verweekte en humeuze dekgrond dienen te worden verwijderd met een maaaimachine, een bulldozer of graafmachine, omdat deze anders een zwakke, degenererende overgang kunnen vormen tussen het nieuwe dijklichaam en het oude maaiveld. In dwarsrichting doorlopende zand- en grindsporen en achtergebleven drains of kabels en leidingen worden verwijderd, omdat deze in de versterkte dijk tot piping of micro-instabiliteit zouden kunnen leiden. In het algemeen wordt een grondlaag van 0,1 à 0,5 m dikte verwijderd. In sommige gevallen wordt een dieper cunet gerealiseerd om zettingen te reduceren.



Stap 1 - Ruimte maken



Stap 4 - Ophogen en verdichten



Stap 2 - Saneren en opschonen



Stap 5 - Aanbrengen bekledingen



Stap 3 - Ontgravingen en inkassingen



Stap 6 - Afwerken dijk

Figuur 8-1 Fasering bij de aanleg en versterking van een dijk
(bron: Deltares, 2012, PAO-cursus "Uitvoeringsaspecten van Dijkversterkingen").

Na het maaien wordt de toplaag gefreesd. Aanbevolen wordt om op vlakke grond kleine ribbels met een ripper (een soort ploeg) aan te brengen voor goede overgang tussen ondergrond en dijkmateriaal. Hierbij dient de grondslag tot circa 0,25 m diepte te zijn losgemaakt. Het kan nodig zijn om het oppervlak te ontwateren met pompen. Om het bestaande talud goed op het dijkmateriaal te laten aansluiten, dienen hierin trappen te worden aangebracht en kleine ribbels met een graafmachine (zie Figuur 8-2).

Het komt voor dat de toplaag afzonderlijk als teelaarde wordt ontgraven, tijdelijk in depot wordt geplaatst en nadien weer als toplaag wordt verwerkt op de versterkte dijk. Dit komt voor als er bijzondere vegetatie aanwezig is of als de verbetering wordt uitgevoerd met klei erosie categorie 1. De toplaag is veelal te humeus om in de kern van het dijklichaam toe te passen, terwijl klei van categorie 1 de wortelvorming van gras vermindert.

Verhardingen en halfverhardingen, inclusief de fundering, worden verwijderd.



Figuur 8-2 Aanbrengen trapprofiel in binnentalud van dijk (bron: Herman Zonderland fotografie in opdracht van HHSK).

Sloten die zich onder de aan te brengen ophogingen bevinden, dienen bij voorkeur zodanig te worden gedempt dat de homogene situatie van vóór het graven van de sloot zoveel mogelijk wordt hersteld. Afhankelijk van de bodemgesteldheid ter plaatse kan het dempen worden uitgevoerd met zand of droge grond. Door de sloot met droge grond te dempen wordt bereikt dat de bodemgesteldheid ter plaatse van de sloot zo min mogelijk afwijkt van de rest van het terrein. Alvorens de sloot wordt gedempt dient deze te worden opgeschoond door slib, waterplanten en vuil te verwijderen. De slootaluds moeten opengetrokken worden (opgeschoond van maaisel en taludzode). In verband met eisen vanuit het watersysteem moet veelal eerst een vervangende sloot worden gegraven, voordat een sloot wordt gedempt. Als alternatief kan de sloot worden drooggezet, het slib worden verwijderd en droog zand of droge grond in lagen van 0,5 m worden aangebracht. Het droogzetten van de sloot kan worden uitgevoerd door het slootpeil te verlagen nadat door middel van dammen of schotten een verdeling in vakken is gerealiseerd. De sloot kan vervolgens per vak worden drooggezet en aangevuld met 'droge' (niet verknede) grond, die wordt verdicht door aandrukken met de bak van een graafwerktuig. Bij het droogzetten moet het water weg kunnen. Om zettingsverschillen te beperken, wordt aangeraden ter plaatse van de sloot een overhoogte aan te brengen. Indien in het verleden op die locatie al zetting is opgetreden, dient dit achterwege te blijven. Sloten verdienen om die reden extra aandacht. Extra verdichting kan worden verkregen door de gedempte sloot te gebruiken als werkweg voor de aan- en afvoer van materieel of voor de opslag van grond (zie Figuur 8-3).



A

C

Figuur 8-3 A: graven van een nieuwe teensloot, B: gedempte sloot, C: eerste ophoogslag
(bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

Monitoring instrumenten zoals zakbaken, meetspijkers en waterspanningsmeters moeten tijdens inrichting van de zate worden aangebracht om een goede nulmeting te verkrijgen.

De toestand van de zate dient na gereedkomen door een deskundige te worden gecontroleerd. Het resultaat van deze controle moet zo worden gecommuniceerd en vastgelegd dat er bij oplevering geen discussie kan ontstaan over de kwaliteit van een onderdeel van het werk dat niet eenvoudig in een later stadium kan worden gecontroleerd.

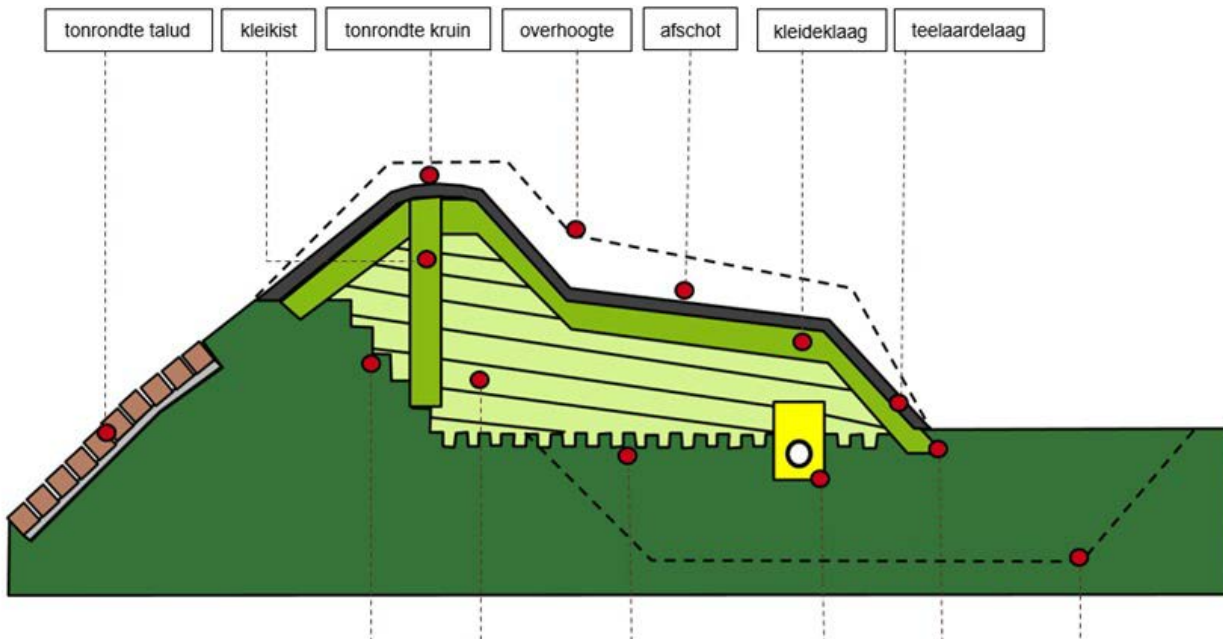
8.2.3 Fase 2. Aanbrengen van grond

Het aanbrengen van grond omvat de aanvoer, verspreiding en verdichting van grond, die onderdeel uitmaakt van het dijklichaam. Er kunnen meerdere onderdelen van het dijklichaam worden onderscheiden elk met hun eigen functie. Zie Figuur 8-4 en de begrippenlijst in tabel 8.1 ter verduidelijking van Figuur 8-4.

Tabel 8.1 Onderdelen van grondwerk bij een dijk.

Onderdeel	Doel
Gefreesd maaiveld	Een ruw maaiveld is nodig om de dijk goed te laten aansluiten op het oude maaiveld.
Grondverbetering	Dit is een verbetering van slappe lagen onder de dijk door afgraving en vervanging door vaste grond, of door bijmenging met een materiaal.
Trapprofiel	Bij ophoging tegen een talud worden inkassingen (trapprofiel) aangebracht. Zodoende wordt voorkomen dat tussen de opgebrachte grond en de ondergrond een schuifvlak ontstaat. Het trapprofiel kan gefaseerd worden aangebracht, synchroon aan de fasering van de laagsgewijze grondaanvulling.
Grondlagen	Grond wordt in dunne horizontale verdichtingsslagen aangebracht om de grond goed te kunnen verdichten. Meerdere verdichtingsslagen vormen een ophoogslag. Na een ophoogslag wordt een periode rust gehouden voor consolidatie om de wateroverspanningen in de ondergrond niet te ver te laten oplopen.
Afschot	De bovenkant van grondlagen wordt onder een talud van circa 1 : 20 afgewerkt, zodat neerslag kan afstromen.
Tonronde kruin	In verband met de afwatering wordt de kruin van een dijk veelal bol afgewerkt met een gemiddeld afschot van 1 : 50.
Tonronde talud	Het talud wordt in een bol profiel aangebracht, omdat het talud hierdoor visueel recht lijkt. Volgens de Standaard RAW moeten alle taluds van ophogingen op 2/3 van de hoogte een tonronde hebben van 1/40 van de taludhelling. Een vloeiende tonronde wordt in de praktijk weleens vervangen door een geknikt profiel, omdat profielen met GPS-ondersteuning in rechte lijnen worden afgewerkt. Bij korte grastaluds wordt de tonronde soms achterwege gelaten.
Overhoogte	De kruin van de dijk wordt hoger aangebracht dan het ontwerp-profiel om te compenseren voor klink en zettingen. In sommige gevallen wordt tijdelijk extra overhoogte toegepast als voorbelasting om de zettingen tijdens uitvoering te versnellen.
Kleideklaag	Op dijken dient een erosiebestendige kleilaag te worden aangebracht om de waterdichtheid te garanderen en om de dijk te beschermen tegen vertering en tegen erosie door golf(over)slag en neerslag.
Teelaardelaag	De teelaardelaag wordt als afwerking van een dijk aangebracht als goed doorwortelbare ondergrond van de grasmat. Teelaarde wordt ook wel roofofgrond of leeflaag genoemd.
Kielspit	Een kielspit is een verlenging van de kleideklaag in de ondergrond. Dit is bedoeld om de deklaag stevig te verankeren en om de waterdichtheid te garanderen bij de gestructureerde toplaag.
Kleikist	Een kleikist is een ingegraven, brede, verticale muur van klei. Deze wordt in sommige dijklichamen aangebracht om de waterdichtheid te garanderen.
Zand- of grindkist	Een zand- of grindkist is een ingegraven, brede, muur van zand of grind. Deze wordt in de binnenteen van sommige dijklichamen aangebracht als drainage om de grondwaterstand in het dijklichaam te verlagen of om piping te voorkomen. Een zand- of grindkist wordt veelal voorzien van een drainagebuis. Een omhulling met geotextiel voorkomt dat de doorlatendheid van zand of grind wordt aangetast door infiltratie van fijn materiaal (kleideeltjes).
Landschappelijke elementen	Een esthetische aanpassing van het grondprofiel, bijvoorbeeld een holling in het grastalud of een geleidelijke verlopende overgang van bermtalud naar achterland.

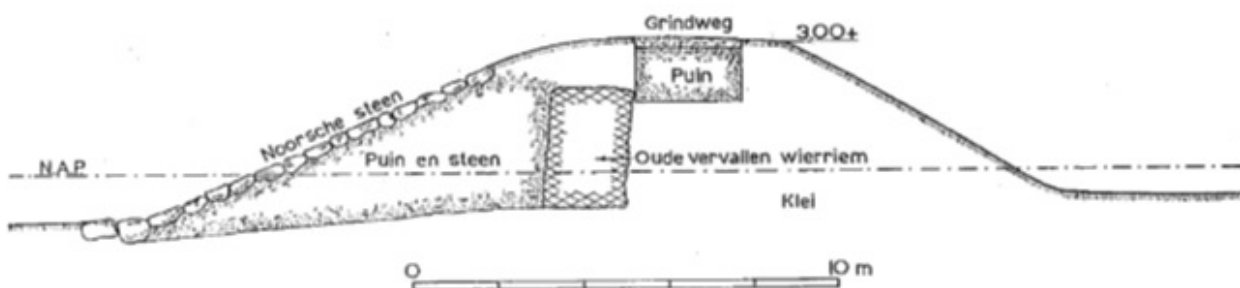
In Figuur 8-4 zijn de begrippen uit tabel 8.1 geïllustreerd.



Figuur 8-4 Onderdelen van grondwerk bij een dijkversterking (bron: Werner Halter, Fugro).

In sommige gevallen wordt bij een dijkversterking een gedeelte van het bestaand dijkprofiel afgegraven. Deze overtollige delen van de bestaande dijk mogen pas worden afgegraven als de veiligheid van het resterende dijkprofiel kan worden gegarandeerd. Bij een buitenwaartse asverschuiving krijgt de dijk bijvoorbeeld een nieuwe kruin. Op de plek van de oude kruin komt dan een binnenberm. De oude kruin mag pas worden afgegraven, nadat de nieuwe kruin voldoende kerende hoogte heeft. Indien mogelijk wordt de afgegraven grond binnen hetzelfde dijkprofiel hergebruikt.

De grondlagen die na afgraven van het dijkprofiel aan het oppervlak komen te liggen moeten voldoen aan de eisen die aan de deklaag van een dijk worden gesteld (erosiebestendigheid, goed doorwortelbare ondergrond voor een grasmatt). Het kan nodig zijn om iets dieper te ontgraven, zodat er ruimte ontstaat om van andere grond een nieuwe deklaag te maken.



Figuur 8-5 Voorbeeld van een oud dijklichaam dat niet alleen uit grond bestaat (bron: [Huitema, 1947]).

Bij het afgraven van een dijklichaam kunnen andere elementen worden aangetroffen dan grond, zoals puin, hout, oude (weg)funderingen en wierdijken (zie Figuur 8-5). Risico's zijn dat hierdoor plaatselijk het grondwaterregime in de dijk verandert. Als organisch materiaal, zoals wierdijken, door herprofilering van de dijk droog komt te liggen, dan zal dit materiaal geleidelijk vergaan door oxidatie. Hierdoor kunnen er verzakkingen ontstaan.

In het verleden (tot ruwweg 2000) is teerhoudend asfalt granulaat (TAG) verwerkt in het wegcunet van nieuwe dijken. Het TAG is immobiel gemaakt door de toevoeging van cement en water. Het geïmmobiliseerde materiaal is opgesloten met klei in de berm (zgn. schone schouder). Let op dat dit vroeger geaccepteerd is door de vergunningverlener en dat er veel kilometers dijk op deze wijze zijn gemaakt. Bij nieuwe dijkversterkingen kan het verwerken van dit materiaal een probleem opleveren i.v.m. huidige milieu voorschriften, of juist een uitdaging om het materiaal niet op te pakken.

De volgende zaken bepalen de doorlooptijd van grondwerk:

- *Uitvoeringsstabiliteit.* Door ophogen ontstaan wateroverspanningen in de ondergrond. Deze hebben een nadelig effect op de stabiliteit tijdens uitvoering. Om te voorkomen dat de dijk tijdens uitvoering een te lage stabiliteit krijgt, zijn tussen de ophoogslagen wachttijden nodig van enkele weken tot maanden. De wachttijd dient te worden bepaald met behulp van stabiliteitsberekeningen en monitoring met zakbaken, waterspanningsmeters, terreininmetingen, visuele inspecties, etc..
- *Werkbare periodes.* Tijdens de winter kan beperkt worden gewerkt in verband een verhoogde kans op hoogwater of onwerkbaar weer. Daarnaast kunnen er andere periodes zijn, waarin niet mag worden gewerkt (o.a. broedseizoen, toeristenseizoen). Door vlak voor zo'n periode een ophoogslag aan te brengen, kan een rustperiode na een ophoogslag worden gecombineerd met een niet-werkbare periode.
- *Zettingen.* Voordat een dijk wordt afgewerkt met o.a. een bekleding en een weg dienen de zettingen en klink in voldoende mate te zijn opgetreden. Dit dient met een berekening en zakbaakmetingen te worden gecontroleerd.
- *Beschikbaarheid grond.* Het kan zijn, dat het even duurt voordat grond kan worden aangebracht, bijvoorbeeld omdat klei nog moet rijpen, omdat de grond nog niet is gekeurd of doordat een partij beoogde grond is afgekeurd en naar een alternatief moet worden gezocht.
- *Conditionering.* Voor de uitvoering van sommige conditioneringswerkzaamheden moet het grondwerk tijdelijk worden stilgelegd, bijvoorbeeld archeologisch onderzoek, detectie van niet-gesprongen explosieven of het verleggen van kabels en leidingen.

In de volgende paragraaf wordt op enkele specifieke aspecten van het grondwerk ingegaan.

8.2.4 Fase 3. Afwerking van het dijklichaam

De afwerking van het dijklichaam omvat de profilering (zie Figuur 8-6) en de afwerking met een bekleding en veelal een weg. Gebruikelijke uitvoeringstoleranties voor grondwerk zijn:

- +/- 0,02 m bij grondwerk in den droge onder een harde bekleding of weg;
- +/- 0,05 m bij grondwerk in den droge onder een grasbekleding;
- +/- 0,10 m bij grondwerk in den natte.

Verwezen wordt naar [Anoniem, 2015], [Cirkel en Van Dam, 2015] en [De Wilde et al, 2014].

Het dijklichaam dient te worden afgewerkt op het ontwerpprofiel plus de benodigde overhoogte voor compensatie van de restzettingen. Restzettingen zijn de zettingen als gevolg van ophogen, die nog optreden na afwerking van de dijk. Getracht wordt het profiel zo op te bouwen dat iedere slag juist zoveel overhoogte in het talud krijgt dat er later geen grond meer hoeft te worden bijgestort. Men moet dan dus steiler opbouwen dan het gewenste opleveringsprofiel, waarbij de stabiliteit aantoonbaar gewaarborgd moet blijven.

Met afwerken dient te worden gewacht totdat de restzettingen voldoende klein zijn:

- Voor een groene dijk wordt veelal een restzetting van circa 0,3 à 0,5 m acceptabel geacht, afhankelijk van de zettingsgevoeligheid van het gebied en de maximaal gewenste ophoging. In de communicatie naar de omgeving moet worden benadrukt, dat de dijk in de eerste jaren na uitvoering significant hoger zal zijn dan het ontwerpniveau.
- Bij een harde bekleding, een dijkweg of objecten op de dijk gelden doorgaans strengere restzettingseisen. Dit is maatwerk. Te soepele eisen zullen leiden tot meer beheer en onderhoud (o.a. herprofileren en herstraten). Te strenge eisen kunnen leiden tot onnodig hoge bouwkosten (bijvoorbeeld door noodzaak van verticale drainage) of een langere bouwtijd.



Figuur 8-6 Aanbrengen deklaag (links) en profilering dijk (rechts) (bron: Daan Jumelet, DEME).

Mogelijke maatregelen om de restzettingen te beperken zijn:

- Versnellen van zettingen door toepassen van drainage.
- Versnellen van zettingen door tijdelijke extra overhoogte in combinatie met drainage.
- Reductie van zettingen door grondverbetering.
- Reductie van zettingen door toepassen van lichtgewicht ophoogmateriaal zoals flugsand of bims.

Daarnaast verdient het aanbeveling om de onnauwkeurigheidsmarge van de zettingsprognose zo klein mogelijk te maken. Standaard wordt uitgegaan van een onnauwkeurigheid van +/- 30% bij zettingsberekeningen op basis van grondonderzoek. De nauwkeurigheid van de zettingsprognose kan worden vergroot door middel van monitoring met zakkaken en waterspanningsmeters.

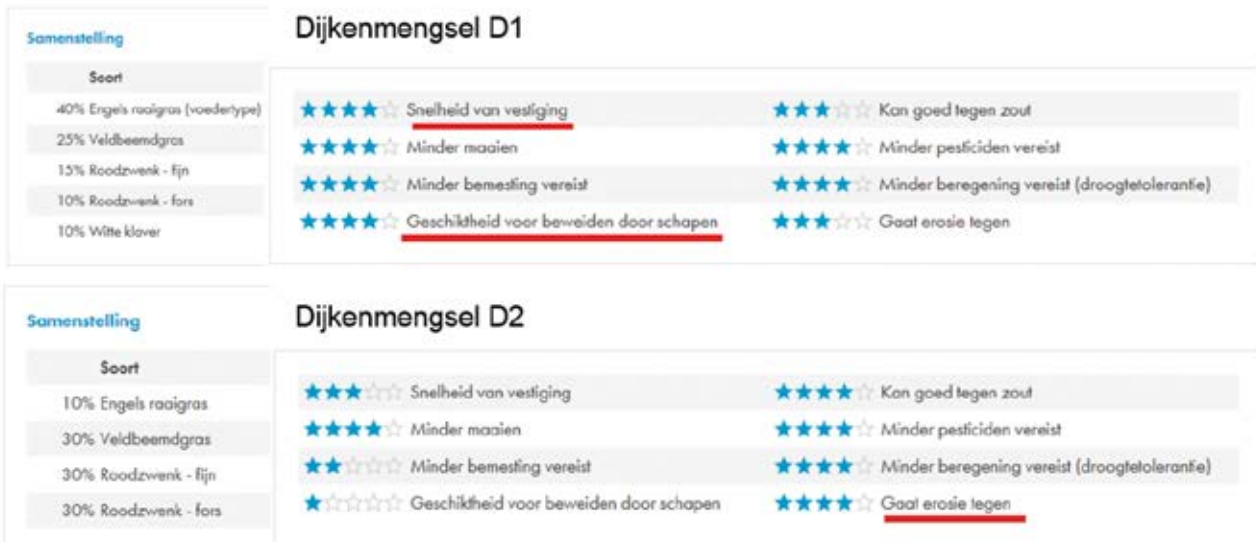


Figuur 8-7 Hydroseeding bij kade
 (bron: <http://www.vanleeuwengww.nl/kadeverbetering-linschoten/>).

Aandachtspunten met betrekking tot de aanleg van een grasmat staan in [Van der Meer et al, 2012]; [Van der Meer et al, 2015] en [Reuzenaar, 2017]. Het met een bulldozer of kraan aanbrengen van een toplaag van ongeveer 0,2 à 0,3 m schrale klei (teelaarde) bij het taludoppervlak faciliteert de tijdige ontwikkeling van een zodelaag. Hergebruik van teelaarde bevordert de ontwikkeling van lokaal aanwezige grassoorten. De zaaiperiode is van mei tot en met september. De beste zaaiperiode is half augustus / september bij vochtig warm weer, mede omdat er dan minder kans is op pionierskruiden (onkruid). Nadat eventuele oneffenheden in de ondergrond zijn uitgevuld, wordt het oppervlak vlak en los gemaakt met een eg of weidesleep. De grasmat wordt doorgaans aangebracht door middel van een tractor met een zaaicombinatie met rotorkoepel in één werkgang en soms bij steile taluds of niet overrijdbare ondergrond (taluds steiler dan 1 : 2,5) door middel van hydroseeding (zie Figuur 8-7). Hierbij wordt met een spuitkanon of via slangen een mengsel van water, zaad, bemesting, lijm en een draagstof op een talud aangebracht. De draagstof heeft als functie dat het mengsel niet van een talud afschuift door regenval voordat het zaad ontkiemt. Het kan bestaan uit cellulose, houtvezel of mulch. Lichte verdichting van de ingezaaide dijk met een rol voorkomt dat graszaad uitdroogt of door vogels wordt opgegeten. Te sterke verdichting moet echter worden voorkomen, omdat dat leidt tot een verminderde verkrumming van het zaaibed. Dit bemoeilijkt de ontwikkeling van een wortelstructuur en resulteert in een lagere erosiebestendigheid.

Het optimale grassen-zadenmengsel kan per regio verschillen en is mede afhankelijk van ecologische meekoppelkansen (kruiden, bloemen, etc.) en het voorziene type graslandbeheer. Het bijmengen van kruiden en bloemen kan leiden tot een minder erosiebestendige grasmat of een langzamere ontwikkeling hiervan. Standaard wordt gewerkt met dijkenmengsels D1 en D2 (zie Figuur 8-8). Mengsel D1 is bedoeld voor weilanden. Het vestigt zich sneller door een hoog gehalte Engels raaigras en is geschikt voor beweiding door schapen. Mengsel D2 is bedoeld voor hooilanden. Het groeit langzamer, maar levert een stevige grasmat op. D2 is niet geschikt voor beweiding en zal moeten worden gemaaid. Bij optimale omstandigheden kan binnen een jaar een goede zode worden gevormd en anders kan worden doorgezaaid in het groeiseizoen. Als er wordt gestreefd naar een soortenrijke grasmassa met een hoge natuurwaarde, dan dient het graszaad niet in een te hoge dichtheid

(meer dan 50 à 70 kg/ha) te worden aangebracht. Een juiste wijze van bemesting met N-P-K-mest is een aandachtspunt bij de aanleg van grasland op dijken, omdat in de toplaag weinig tot geen mestbuffer aanwezig is.



Figuur 8-8 Samenstelling en eigenschappen van dijenmengsels D1 en D2 (bron: www.barenbrug.nl/bermen_dijken).

Het ontwikkelen van een graszode vergt enige tijd en vereist een geschikt substraat. Het substraat voor een zich ontwikkelende zode, moet voldoende open zijn. Een dergelijk substraat is aanwezig in schrale klei, na niet zeer intensief verdichten. Stevige kleigrond die is verdicht, leent zich aanvankelijk slecht voor kolonisatie door grasplanten. De toplaag van een dergelijke verdichte kleilaag is echter na een vorst- of winterperiode voldoende open voor het vestigen van grasland. Om te functioneren moet zodevorming van een grasbekleding ruim voor de winter beginnen [Van Meurs en Kruse, 2017].

Een goed verdichte en vlakke kleibekleding kan in de eerste winter na aanleg ook zonder graszode een belasting van beperkte golfhoogte of een beperkte golfoverslag, zoals in het merendeel van het rivierengebied, gedurende vele dagen doorstaan zonder relevante schade. Bij een hogere golfbelasting in het rivierengebied zal er geen, de veiligheid bedreigende, schade ontstaan als de kleibekleding voldoende dik is (0,8 m of meer) en over de gehele dikte voldoende verdicht is [Van Meurs en Kruse, 2017]. Een nog niet volgroeide grasmat kan tijdelijk beperkt tegen hydraulische belasting worden beschermd met krammatten (geotextiel vastgezet met "haarspelden").

Bij afdekklei van erosie categorie 1 (zie paragraaf 8.3.3) dient het lutumgehalte tussen 20 en 40% te liggen. Het dient minimaal 3% organische stof te bevatten. Beide eisen zijn in verband met het stimuleren van de ontwikkeling van een goede grasmat op niet te vette klei [Hoffmans et al, 2007]. Het kan lastig zijn om erosie categorie 1 klei te vinden, die tevens geschikt is voor de ontwikkeling van een goede grasmat. Daarom wordt er veelal voor gekozen om een toplaag van circa 0,3 m schrale klei (geen erosie categorie 1) toe te passen op een onderlaag van erosiebestendige klei.

Het komt vaak voor dat het wegcunet onderdeel van de dijk is. In feite wordt deze ingegraven in de klei en opgesloten met kleitaluds. Op deze wijze wordt een dichte bak gevormd (zie Figuur 8-9). Bij (grote) neerslaghoeveelheden kan deze bak vollopen en gaat het verwerken van de grond in het cunet slecht. Er wordt onvoldoende verdichting behaald waardoor er geen klankbord (harde onderlaag) aanwezig is bij het aanbrengen van asphalt. Effect is slechte kwaliteit en beperkte levensduur. Een oplossing is het aanbrengen van afvoersleuven of drainage door het talud naar buiten. Let er echter op dat bij eindafwerking van de dijk deze doorbrekingen van de klei hersteld moeten worden. Dit dient zorgvuldig te worden ingemeten.



Figuur 8-9 Bakprofiel voorafgaand aan de aanleg van een kruinweg bij dijkversterking in Ingen (bron: Pascal Ogink, Combinatie dijkverbetering HOP (GMB - Van Oord)).

Asfalt op een nieuwe dijk dient men in de laatste fase van uitvoering aan te brengen (zie Figuur 8-10). Liefst de deklaag in één werkgang aanbrengen over de volle breedte (geen naad in de as van de weg). Als het verkeer toch zo snel mogelijk op de dijk moet, dan is het aanbrengen van alleen een onder- en tussenlaag een optie. De deklaag wordt dan pas later aangebracht, nadat er meer zettingen zijn opgetreden en het bouwverkeer weg is. Let op dat de tussenlaag anders van samenstelling moet zijn vanwege versnelde veroudering als er nog geen deklaag is aangebracht.

De zorgvuldige afwerking van overgangsconstructies vergt bijzondere aandacht, omdat deze plekken veelal het gevoeligst zijn voor beschadigingen (verkeer, schapen, etc.) en erosie.



Figuur 8-10 Nachtelijk asfalteren van dijkweg (bron: Herman Zonderland fotografie in opdracht van HHSK).

Praktijkoplossingen zijn:

- Het stukrijden van de wegberm kan deels worden voorkomen door rammelstroken naast de wegverharding te maken.
- Gras naast taludtrappen en dijkafritten is gevoelig voor erosie door neerslag en overslaand water. Daarom is een erosiebestendige bekleding hier extra belangrijk. Taludtrappen in dijken worden bij voorkeur niet op een zandbed aangelegd, omdat dit zeer gevoelig is voor erosie.
- Naast objecten in een grasdijk is er een vergrote kans op het ontstaan van schapenpaadjes. Deze kunnen worden voorkomen door middel van doorgroei stenen. Voor een goede doorgroei is vereist dat de gaten in de stenen gevuld worden met grond die zo weinig mogelijk afwijkt van de onderliggende grond.

In paragraaf 8.5 worden specifieke aandachtspunten beschreven bij de aanleg van een dijkbekleding.

8.3 Grondwerk in den droge

8.3.1 Verdichting van grond

Tijdens de uitvoering dient de ophoging voldoende te worden verdicht (zie Figuur 8-11). Daartoe dient de ophoging laagsgewijs te worden aangebracht in verdichtingsslagen van ca. 0,2 à 0,3 m, gemeten na verdichting. Na elke stap dient de grond versporend te worden verdicht en dient de mate van verdichting te worden gecontroleerd. Versporend houdt in dat bij elke nieuwe overgang via een iets ander spoor wordt gereden, zodat er geen delen van het oppervlak worden overgeslagen.



Figuur 8-11 Verdichting van grond bij dijkversterking Hagestein - Opheusden (bron: Pascal Ogink, Combinatie dijkverbetering HOP (GMB - Van Oord)).

Voor een goede verdichting dient elke nieuwe laag de onderliggende laag volledig af te dekken. Dit betekent dat bij afwerking van de dijk overtollig materiaal buiten het gewenste profiel moet worden afgestoken en moet worden afgevoerd.

Het verwerken van grond tijdens vorst- en sneeuwperiodes moet worden vermeden, omdat bevroren grond niet of nauwelijks kan worden verdicht.

De procedure voor verdichting van grond dient vooraf te worden vastgelegd in een verdichtingsplan. Hierin moet in elk geval staan:

- Welke machines worden gebruikt bij het aanbrengen van de klei en hoe dit gebeurt.
- Welke machines worden gebruikt bij het verdichten van de klei en hoe dit gebeurt.
- Welke laagdikte wordt aangebracht.
- Hoeveel verdichtingsgangen worden beoogd.
- Hoe de bereikte verdichting wordt gekeurd.
- Hoe het keuringsresultaat wordt vastgelegd.

8.3.2 Uitvoeringsstabiliteit

Tijdens het ophogen dient te allen tijde de stabiliteit van het dijklichaam te worden gewaarborgd, bijvoorbeeld door de wateroverspanningen, die door ophogen in de ondergrond ontstaan, niet te hoog te laten oplopen. Dit dient te worden geverifieerd met stabiliteitsberekeningen en monitoring. Maatregelen om een onvoldoende uitvoeringsstabiliteit door wateroverspanningen te voorkomen zijn:

- Tijdelijke toepassing van een bredere steunberm of flauwe taluds.
- Werken met kleine ophoogstappen met een rustperiode tussen de stappen om wateroverspanningen te laten afnemen.
- Horizontale en verticale drainage, eventueel met vacuümconsolidatie. Dit versnelt de afname van wateroverspanningen en heeft naast de verhoging van de stabiliteit als voordeel dat de zettingen sneller optreden.
- Permanente ontwerpaanpassingen, zoals toepassing van grondverbeteringstechnieken (vervanging van slappe grondlagen, geokunststoffen, grondstabilisatie, stabiliteitskolommen, etc.).

De diepte van verticale drainage dient te worden bepaald op basis van voldoende sonderingen om te voorkomen dat een watervoerende zandlaag wordt aangeprikt, minimaal hart-op-hart 25 m. Daarnaast kan een controle worden gedaan door met de verticale drainage stelling zonder drain in de grond te prikken. Hiermee kan met een kleine hart-op-hartafstand het niveau van de bovenkant van de zandlaag worden bepaald. Dit is zinvol in gebieden met een grillige bodemopbouw. Als met een drain een zandlaag wordt aangeprikt, dan is de verticale drainage minder effectief en kan er bovendien kweloverlast ontstaan. Deze kwel kan onder meer leiden tot verweking van de nieuw aangebrachte dijkklei en zwakke plekken in het nieuwe dijkprofiel.

Uit het werkplan moet blijken wat de dichtheid is van de verticale drainage en of er gewerkt wordt met een vierkants- of driehoeksstramien. Dit bepaalt namelijk hoeveel drains er moeten worden aangebracht en hoe effectief de drainage is. Het aantal drains per vierkante meter bij een driehoeksstramien bedraagt $1/(0,866 * hoh^2)$.

Voordat een dijklichaam boven water wordt opgebouwd, dient het onderwatertalud voldoende stabiel te zijn, bijvoorbeeld door in de bouwfasering eerst een bestorting onder water aan te brengen.

Squeezing (het wegpersen van slappe grondlagen) kan ontstaan door het te snel ophogen van een terrein. Door de korte ophoogtijd kunnen de slappe grondlagen onvoldoende consolideren waardoor de waterspanning sterk toeneemt en de gemobiliseerde schuifweerstand sterk reduceert. Het gevolg kan zijn dat de slappe lagen de

ophoging niet kunnen dragen en worden weggeperst. Voor het berekenen van squeezing kan gebruikt worden gemaakt van de rekenregel van Matar-Salençon als eerste indicatie [Tennaten et al, 1992]. Vervolgens kan met LimitState:GEO of met het eindige elementen programma PLAXIS nauwkeuriger worden gerekend.

Bij de beoordeling van uitvoeringsstabiliteit dient ook rekening te worden gehouden met:

- Opslag van materiaal (grond, damwanden, etc.).
- Belasting door bouwmaterieel (kranen, geparkeerde dumpers, etc.).
- Trillingen door bouwwerkzaamheden (o.a. passerende dumpers, installatie van palen en damwanden).
- Tijdelijke afgravingen (leidingsleuven, werkplateaus, archeologisch onderzoek, etc.).

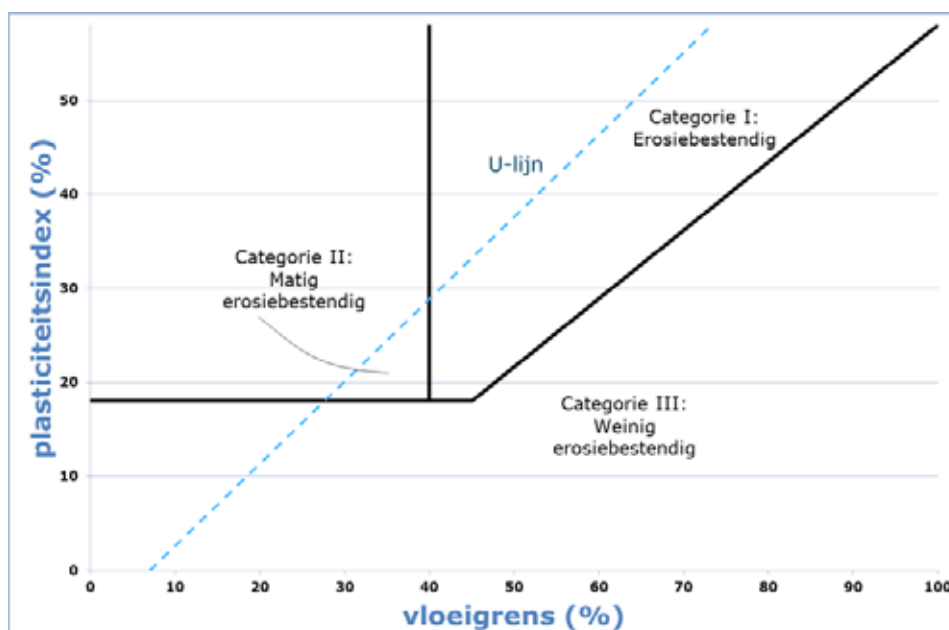
Als er onverhoopt toch een afschuiving optreedt, dan dient dit direct te worden gemeld aan de geotechnisch specialist die verantwoordelijk is voor de uitvoeringsbegeleiding. De details over de afschuiving dienen te worden opgenomen in het opleverdossier. Als herstelmaatregel dient bij voorkeur het afgeschoven gedeelte in zijn geheel te worden afgegraven en laagsgewijs, goed verdicht, opnieuw te worden opgebouwd. Als dit niet wordt gedaan, dan dient blijvend rekening te worden gehouden met een zwakke plek in het grondlichaam. Er kan worden overwogen om dit te compenseren met een ontwerpaanpassing, bijvoorbeeld een (verbrede) steunberm.

8.3.3 Specifieke aandachtspunten bij het werken met klei

Klei is het meest gebruikte materiaal bij dijken in Nederland, omdat het zowel redelijk erosiebestendig is als waterdicht. Goed verdichte klei is bovendien sterk en vormvast. De samenstelling van dijkklei moet aan tal van eisen voldoen. Daarnaast dient klei op de juiste wijze te worden verwerkt en verdicht. Het is daarbij van belang om te weten, dat de eigenschappen van klei sterk afhankelijk zijn van het vochtgehalte.

Eisen aan de samenstelling van klei

De samenstelling van klei voor dijken moet voldoen aan de eisen uit [Senhorst, 2018], de aanvullende eisen voor het lutumgehalte uit [Hoffmans et al, 2007] en de bovengrens voor de consistentie-index uit [Halter en van der Meer, 2005]. Deze eisen worden hieronder toegelicht. Klei met afwijkende samenstelling kan mogelijk met een maatwerk aanpak toch worden toegepast (zie paragraaf over gebiedseigen grond).



Figuur 8-12 Indeling grondsoorten op basis van Atterbergse Grenzen, de schuine zwarte lijn is de A-lijn uit de Plasticiteitsgrafiek van Casagrande [Senhorst, 2018].

In Figuur 8-12 zijn drie categorieën grond te onderscheiden:

1. Categorie I: erosiebestendig. Dit is vette klei, die zowel kan worden toegepast in de kern van de dijk als in deklagen die worden belast met stromend water en golven.
2. Categorie II: matig erosiebestendig. Dit is schrale klei, die zowel kan worden toegepast in de kern van de dijk als in deklagen die beperkt worden belast met stromend water en golven.
3. Categorie III: weinig erosiebestendig. Conform NEN-EN-ISO 14688-1+2 wordt dit deels geclassificeerd als silt of leem. Dit materiaal is niet geschikt voor toepassing in deklagen en kan alleen in de kern van de dijk worden toegepast.

In het classificatiediagram is ook de zogenaamde U-lijn weergegeven ($PI = 0,9 * (\text{vloiegrens} - 8\%)$). Dit is de lijn waarboven in de praktijk geen waarden worden gevonden voor natuurlijke gronden. Deze lijn kan als check worden gebruikt op de juistheid van meetwaarden.

Voor een juist inzicht in de eigenschappen van klei is de consistentieindex een belangrijke parameter. Deze wordt hierna behandeld onder het hoofd "Verdichtingseisen voor klei".

Algemene eisen voor samenstelling van klei zijn:

- Er moet sprake zijn van klei conform NEN-EN-ISO 14688-1+2 nl uit natuurlijke afzettingen.
- Het zandgehalte ($> 63 \mu\text{m}$) is lager dan 40%.
- Het organisch stofgehalte is lager dan 5 % (bij waterstofperoxidebehandeling conform proef 124 RAW bepalingen 2005).
- Het kalkgehalte is lager dan 25% (gewichtsverlies bij zoutzuurbehandeling conform proef 124 RAW bepalingen 2005).
- Het zoutgehalte (NaCl) in bodemvocht is kleiner dan 4 g/l.
- Er zijn geen significante bijmengingen (puin, grind, wortels, graszode, e.d.).
- Er zijn geen extreme verkleuringen bij ontgraven en drogen (helder rood, helder geel, helder blauw of veel zwarte plekken).
- Er is geen afwijkend sterke geur (rotte eieren, olie- of kolenachtig).

Algemene eisen voor verwerking zijn:

- De consistentie-index voor klei, leem of silt in de kern is hoger dan 0,60.
- De consistentie-index voor klei in de deklagen is hoger dan 0,75.
- De consistentie-index is kleiner dan 1,00.
- Het lutumgehalte is groter dan 10% (tenzij een bekleding van 2 m erosiebestendige / stevige klei aanwezig is op het talud).

Aanvullende eisen aan categorie I-klei zijn:

- Het lutumgehalte ligt tussen de 20 en 40% (bij afdekking met een grasmat).
- Het organische stofgehalte is hoger dan 3% (bij afdekking met een grasmat).
- De vloiegrens is hoger dan 40%.
- De plasticiteitsindex is hoger dan $0,73 \times (\text{vloiegrens} - 20\%)$, met een minimum van 18%.

Aanvullende eisen aan categorie II-klei zijn:

- De vloiegrens is lager dan 40%.
- De plasticiteitsindex is hoger dan 18%.

Een aanvullende eis aan categorie III-klei is dat het lutumgehalte groter is dan 8 %.

De eisen op de vorige pagina wijken als volgt af van de lang gebruikte indeling conform [Van Ooijen et al, 1996]:

- De eisen gelden expliciet alleen voor klei uit natuurlijke afzettingen.
- Met de overgang naar NEN-EN-ISO 14688-1+2 nl is aangesloten op de dijkenrichtlijnen door de A-lijn in de plasticiteitsgrafiek van Casagrande als onderscheid tussen klei en silt / leem aan te houden [Nohl et al, 2011].
- Het onderscheid tussen erosie categorie 1 en 2 wordt bij een vloeigrens van 40% gelegd in plaats van 45%. Deze grens is minder conservatief gekozen op basis van bevindingen uit aanvullend onderzoek naar erosiebestendigheid.

De ontwikkeling van nieuwe aanbevelingen omtrent de samenstelling van klei voor dijken is momenteel in beweging. In dit handboek is gepoogd om de laatste stand van zaken weer te geven. Er kunnen echter nog wijzigingen optreden.

In tabel 8.2 is kort toegelicht wat de consequenties zijn bij een afwijking van de eisen. Als klei niet aan de keuringseisen voldoet, dan is deze niet per definitie ongeschikt. Onderaan de tabel is vermeld hoe dan kan worden gehandeld.

Tabel 8.2 Consequenties als klei afwijkt van een eis.

Afwijking	Consequentie
Plasticiteitsindex te laag	Erosiebestendigheid wordt minder. Verwerkbaarheid klei is te gevoelig voor wisselingen in het vochtgehalte.
Vloeigrens te laag	Cohesie wordt lager.
Zandgehalte te hoog	Erosiebestendigheid wordt minder. Doorlatendheid wordt groter.
Organisch stofgehalte te hoog	Verhoogde inklinking. Samenhang wordt minder. Doorlatendheid wordt groter.
Zoutgehalte te hoog	Verhoogde erosie bij contact met zoet water. Verziltiging van de bodem en het grondwater.
Watergehalte bij verwerken te hoog	Structuurvorming door krimp. Klei kleeft aan materieel. Klei wordt moeilijk begaanbaar (spoorvorming / wegzakken). Klei wordt zijdelings weggeperst tijdens verdichten.
Watergehalte bij verwerken te laag	Harde kluiten in klei laten zich lastig verdichten. Er blijven holtes in de klei achter, die vol met water kunnen komen staan. Dit kan uiteindelijk leiden tot verweking.
Kalkgehalte te hoog	Verhoogde inklinking. O.a. vormvastheid en erosiebestendigheid kunnen nadelig worden beïnvloed.
Lutumgehalte te hoog	Klei is te vet, ontwikkeling van een grasmat is niet goed mogelijk.
Lutumgehalte te laag	Zand wordt aangezien voor klei. Doorlatendheid is te laag (bij toepassing als kernmateriaal).
Extreme verkleuringen / sterke geuren	Klei is mogelijk verontreinigd. Kleipartij is mogelijk niet homogeen. Bijmengingen (o.a. mineralen) kunnen o.a. vormvastheid en erosiebestendigheid nadelig beïnvloeden.
Zandinsluitingen	Samenhang wordt minder. Ophoping van water in zandinsluitingen. Structuurvorming wordt bevorderd. Doorlatendheid wordt groter.

Handelwijze bij afwijkingen:

- Verkeerd watergehalte: zie "Beheersing van het watergehalte in klei" in paragraaf 8.3.3.
- Kleine / incidentele afwijking samenstelling: zie "Samenstelling grond" in paragraaf 8.7.4.
- Grote / structurele afwijking samenstelling: zie "Gebiedseigen grond" in paragraaf 8.3.4.

Menging met andere grond, bijvoorbeeld in een tussendepot, moet worden voorkomen om de eigenschappen niet nadelig te beïnvloeden. Bovendien is mengen van grond veelal wettelijk niet toegestaan.

Verdichtingseisen voor klei

De minimale verdichtingsgraad van de klei dient gemiddeld 97% van de maximale Proctordichtheid bij aanwezig vochtgehalte te bedragen. Om een optimale verdichting te verkrijgen, moet de klei worden aangebracht in lagen van 0,2 à 0,3 m dikte, die ieder afzonderlijk worden verdicht, bijvoorbeeld met een voertuig met rupsbanden. Verdichten door een machine op luchtbanden, met de bak van een graafmachine of een verdichtingswiel geeft een beperkte toename van de dichtheid. Er kan echter niet aan worden ontkomen als slecht bereikbare locaties moeten worden verdicht, zoals rondom objecten. Deze werkwijze is alleen enigszins effectief als in gelijkmatig aangebrachte, dunne lagen van circa 0,1 m dikte wordt gewerkt. Verdichting van bevroren klei is niet mogelijk. De maximaal haalbare laagdikte is niet alleen afhankelijk van het type materieel. Andere invloedsfactoren zijn de weersomstandigheden, de kwaliteit van de klei, het aantal overgangen, de hardheid van de ondergrond en de discipline en het vakmanschap van de machinist.

Door te sterk verdichten kan een verlies aan stevigheid van de klei ontstaan en de doorworteling, van belang voor de top laag verloopt zeer moeizaam en langzaam. Om die reden dient de klei die over het gemaakte werk wordt aangevoerd, verspreidend te worden uitgereden. Het aanbrengen van grond op een talud vanaf de kruin moet worden vermeden, omdat dan de vereiste verdichting niet of moeilijk kan worden bereikt. Beter is het om te beginnen bij de teen van de dijk, waarbij de verdichting in horizontale lagen plaatsvindt.

Om een goede verdichting, en dus een geringe na-zakking door klink, van de klei te verkrijgen, dient het watergehalte tijdens het ophogen beperkt te worden. Het watergehalte en de Atterbergse grenzen bepalen de consistentie-index. De consistentie-index voor klei in de kern van dijk dient hoger te zijn dan 0,6, voor de klei in de deklaag dient deze hoger te zijn dan 0,75. Om droge, slecht verdichtbare, kluiten te voorkomen wordt afgeraden om te werken met klei met een consistentie-index hoger dan 1,0. De consistentie-index I_c wordt berekend met onderstaande formule:

$$I_c = \frac{w_l - w}{w_l - w_p} = \frac{w_l - w}{I_p}$$

Hierin is:

- I_p : plasticiteitsindex
- w : watergehalte
- w_l : vloeigrens
- w_p : uitrolgrens

Beheersing van het watergehalte in klei

De werkzaamheden dienen bij voorkeur in een droge periode van het jaar te worden uitgevoerd. Dit omvat het voorjaar en de zomer. De neerslag is dan niet significant anders dan de rest van het jaar, maar door het hogere aantal zonuren treedt verdamping sneller op. Een prettige bijkomstigheid is dat deze periode samenvalt met het open seizoen, waarin de kans op hoogwater kleiner is.

Geadviseerd wordt om tijdens de uitvoering te zorgen voor voldoende afwatering. Dit kan onder meer worden gerealiseerd door de kleilagen steeds direct na uitspreiden glad af te werken onder een afschot van 1:10 à 1:20. Er moet worden voorkomen dat aan het einde van de middag of aan het begin van het weekend een onverdichte kleilaag blijft, die door regen te nat kan worden.

Tijdens natte weersomstandigheden dienen de ophoogwerkzaamheden te worden gestaakt. Een door neerslag verweekt geraakte topkleilaag (veelal slechts enkele centimeters dik) dient te worden verwijderd. Op de klei mogen geen plassen blijven staan. Voorkomen dient te worden dat er schijngrondwaterstanden ontstaan in de ophoging door zandinsluitingen. Deze schijngrondwaterstanden zijn het gevolg van waterophoppingen en kunnen zorgen voor een verlaagde macro- of micro-instabiliteit.

Als aangebrachte klei onverhoopt toch te nat wordt, dan dienen verweekte toplagen te worden verwijderd en in een depot te worden gedroogd. De draagkracht van ernstig verweekte klei kan worden vergroot met ongebluste kalk. Daarbij dient echter voorzichtigheid te worden betracht, omdat een te hoog kalkgehalte een nadelige invloed kan hebben op de eigenschappen van de klei.

Vaak is op winlocaties beneden de grondwaterspiegel goede klei aanwezig, maar deze is ongerijpt. Waar eventueel levering van te natte grond aan de orde kan zijn, is het nodig een tijdelijk depot beschikbaar te hebben waarin de klei kan drogen (zie volgende paragraaf). Dit depot kan ook op de dijk zelf worden ingericht, mits dit geen nadelige invloed heeft op de waterkerende veiligheid en de stabiliteit. Het voordeel van een depot op de dijk is dat ruimte wordt bespaard en dat mogelijk minder grondverzet nodig is.

Te droge klei kan ook niet worden verwerkt door de aanwezigheid van harde kluiten. Deze kunnen voor verwerking het best eerst worden fijn gedrukt op een harde ondergrond. Reeds aangebrachte kleilaag kan over een dikte van 0,2 à 0,4 m indrogen na een periode van zonnig weer. Voor de aanhechting van de volgende laag is het van belang dat deze toplaag eerst wordt opgeruwd. Men dient zeer terughoudend te zijn met het toevoegen van water aan droge klei, want het doseren is complex en klei kan hierdoor makkelijk weer te nat worden. Bovendien kunnen zo glijvlakken ontstaan.

Behandeling van klei in een depot

De vindplaats van de aan te brengen klei kan bij een groot werk variëren. Risico is dan dat de kwaliteit kan verschillen. Het is belangrijk om de keuringen (voorafgaand en tijdens het aanbrengen) uit te voeren volgens de voorwaarden gesteld in het contract of keuringsplan. Het keuren van grote partijen grond kost tijd. Daarom moet het tijdig worden ingepland in het werk. De resultaten van de keuring moeten zorgvuldig worden vastgelegd, zodat ze kunnen worden gebruikt bij de opleverprocedure.

Te natte kleigrond kan bij Nederlands weer gedurende een periode van 4 tot 8 weken, van het late voorjaar tot het vroege najaar, goed drogen indien de grond op een goed drainerende ondergrond wordt aangebracht in ruggen tot 0,5 m hoogte en taluds met een helling van 1:1 tot 1:1,5 met tussen de ruggen een goede afvoer van hemelwater. Kluiten te natte klei, mits ruim beneden de vloeigrens, drogen in ruggen van zulke grond van iets minder dan 1 m hoogte en taluds met een helling van 1:1 in een periode van enkele (ongeveer 2 tot 4) maanden tot een geschikt watergehalte. Omzetten van de grond kan het proces enigszins versnellen (zie Figuur 8-13). Het drogen van te natte kleigrond wordt bevorderd door de open stapeling van kleikluiten. Het meeste water van neerslag dringt niet of weinig in de kluiten en veel water sijpelt door de stapeling en kan door een geschikte drainage, zoals greppels of bemaling, afgevoerd worden. Door het drogen zal het kleivolume sterk afnemen. Het drogen en rijpen van de klei kan ook leiden tot een afname van het organisch stofgehalte. De verdamping van het vrije kleioppervlak onder invloed van wind maakt de ontwatering ook bij niet zomerse omstandigheden effectief [Van Meurs en Kruse, 2017].

Het is zelfs mogelijk om (vloeibare) baggerspecie met behulp van bovenstaande methode zodanig te laten rijpen, dat het wordt omgevormd tot stevige klei die geschikt is voor constructieve ophogingen. Dit kan echter 1 à 2 jaar duren. Voor veel uitvoeringsprojecten duurt dit te lang [Halter en Van der Meer, 2005].

Geschikte klei voor dijkenbouw in een depot, die al een goed vochtgehalte heeft, dient goed te worden beschermd tegen vochtveranderingen. Dit kan door het in hoge ruggen op te zetten, net als bij het drogen. Daarnaast is een klein, glad buitenoppervlak dan belangrijk.



Figuur 8-13 Rijpingsveld naast dijk met kleiruggen (bron: Fugro).

Het mengen van natte ongerijpte klei met droge klei wordt afgeraden, omdat het lastig is om hiermee een homogene kleimassa met een constant vochtgehalte te verkrijgen.

Monitoring van de eigenschappen in het depot dient plaats te vinden op basis van een representatieve, steekproefsgewijze monstername. De optimale wijze van bemonsteren is afhankelijk van de toestand waarin het depot zich bevindt. Aanbevelingen hiervoor zijn beschreven in [Halter en Van der Meer, 2005].

Klink van klei

Bij de aanleg van zorgvuldig verdichte klei-ophogingen dient rekening te worden gehouden met een klink van 4 - 8% van de totale hoogte. De klink kan worden beperkt door met verdichte lagen van 0,2 m dikte op te hogen [Van Meurs en Kruse, 2017].

8.3.4 Specifieke aandachtspunten bij andere dijkmaterialen

In deze paragraaf wordt voor andere materialen dan klei aangegeven hoe er het beste mee kan worden omgegaan bij een dijkversterking.

Zand

Bij zand is vooral de korrelgrootteverdeling van belang. In de RAW wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten zand, zie tabel 8.3.

Tabel 8.3 RAW-eisen aan de korrelverdeling van zand [Anoniem, 2015(a)].

Categorie	[% van de minerale delen (<2 mm)]				Gloeiverlies
	<2 µm	<20 µm	<63 µm	>250 µm	
Draineerzand	-	-	≤5	≥50	≤3
Zand in zandbed (tot 1 m onder een wegdek)	-	≤3*	≤15	-	≤3
Zand in aanvulling of ophoging (vanaf 1 m onder een wegdek)	≤8	-	≤50	-	-

*als gehalte <63 µm 10 tot 15%.

Zand mag geen dunne afsluitende sliblagen bevatten of bij opspuiten gebruikte hulpmiddelen, die de drainage kunnen beïnvloeden.

Zand laat zich relatief gemakkelijk verwerken. Door het materiaal met het juiste vochtgehalte in dunne lagen uit te spreiden en het transport verspreidend te laten plaatsvinden wordt tijdens het inbrengen de vereiste dichtheid bereikt. In sommige gevallen kan het nodig zijn om aanvullend te verdichten met een trilplaat of trilwals, teneinde de in het bestek voorgeschreven verdichting te behalen. De toegepaste laagdikte, voor verdichting, dient niet groter te zijn dan 0,4 m.

Het watergehalte van het te verdichten zand dient bij voorkeur 8 tot 15 % te bedragen (massapercentage). Eén en ander is af te leiden uit de Proctorproef, waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen droge dichtheid bij de verdichtingsenergie van een Proctorproef. Zand in een ophoging dient te worden verdicht tot gemiddeld 98% van de Proctordichtheid (met een minimum van 93%). Zand in een zandbed van een weg dient te worden verdicht tot gemiddeld 100% van de Proctordichtheid (met een minimum van 95%).

Tijdens de verdichting dient het grondwater dieper dan 0,5 m beneden het werkniveau te staan. Bij te hoge grondwaterstand zal, afhankelijk van de doorlatendheid van het zand en de eigenschappen van de trilapparatuur, drijfzand kunnen ontstaan, waardoor verdichting onmogelijk wordt. Voor uitvoering van grondverbeteringen door verdichting met een wals onder de grondwaterstand dient een bemaling te worden geïnstalleerd om de grondwaterstand tot tenminste 0,5 m beneden het werkniveau te verlagen.

Bij toepassing van zeezand in een zoet milieu moet eerst het zout hieruit worden gespoeld, omdat zout een negatieve invloed heeft op de waterkwaliteit. Nadat deze spoeling heeft plaatsgevonden wordt er een behandelingscertificaat afgegeven. Zeezand, dat tot 200 mg/kg droge stof is ontzilt, wordt in het kader van het Bouwstoffenbesluit aangemerkt als schone grond. Het opbrengen van ontzilt zeezand kan evenwel vergunningplichtig zijn. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid en de eventuele verontreiniging van het oppervlaktewater door lozing van drainagewater of af- en uitspoeling. Zand dat maximaal 35 mg/kg droge stof aan zout bevat, wordt in de praktijk als zoutvrij zand aangemerkt.

Leem

Voor de verwerking van leem (of löss) gelden dezelfde aandachtspunten als voor klei. Leem heeft een geringere plasticiteit dan klei. Dat betekent dat de erosiebestendigheid beperkter is. Het betekent ook dat de eigenschappen bij verandering van het vochtgehalte, bijvoorbeeld door regen, snel kunnen veranderen. Hierdoor kan verweking optreden. De kans hierop kan tijdens uitvoering worden beperkt door leemlagen zo spoedig mogelijk af te dekken met ander materiaal.

Keileem

Keileem is een geologische benaming voor het morenemateriaal, dat door landijs in Nederland is afgezet, voornamelijk in het Noorden van het land. Het is wisselend van samenstelling, variërend van kleilig tot zandig, en heeft daardoor niet overal dezelfde eigenschappen. Keileem wordt nauwelijks meer gewonnen voor toepassing

in dijken. Het is in het verleden echter veel toegepast bij de Zuiderzeewerken. Bij versterking van deze dijken komt men keileem tegen. Verwerking van dit materiaal gaat gepaard met de volgende risico's:

- Als uitgedroogde keileem opnieuw nat wordt, dan kan het vrij plotseling haar samenhang verliezen.
- Trillingen, bijvoorbeeld door transport van keileem over land of door herhaaldelijk over een keileemoppervlak te rijden met zwaar materieel, kunnen leiden tot verweking van keileem.
- Het ontgraven van keileem kan lastig zijn door de hardheid van het materiaal en de aanwezigheid van stenen en grindinsluitingen.

Veen

Het gebruik van veen of organische klei in een dijk wordt afgeraden, omdat dit niet goed kan worden verdicht en door oxidatie haar samenhang op den duur verliest. Door het vergaan van organisch materiaal kunnen er bovendien holtes ontstaan die de doorlatendheid vergroten.

Flugsand

Flugsand of bimszand is een loskorrelig, poreus en licht materiaal van vulkanische oorsprong (puimsteen). Dit wordt toegepast om de stabiliteit van dijkkeren te vergroten of om dijken te verhogen met beperkte zettingen. Dit materiaal blijkt in de praktijk na aanbrengen al voldoende verdicht. Extra verdichting wordt afgeraden, omdat dit leidt tot verkrumeling van de korrels. Keuring vindt bij voorkeur plaats op de locatie van levering (veelal Duitsland). De geleverde samenstelling wijkt veelal af van de standaard CROW-voorschriften. Het soortelijk gewicht kan worden aangepast door bijmenging met een ander type bims / puimsteen.

Secundaire materialen

Onder secundaire materialen worden granulaire materialen verstaan, die als restproduct vrijkomen in de industrie. Voorbeelden zijn mijnsteen, staalslak en thermisch gereinigd zand. De toepassingsmogelijkheden van secundaire materialen zijn afhankelijk van de vigerende wetgeving, interne richtlijnen van dijkbeheerders en de ervaringen die er zijn met het materiaal bij dijken in eerdere projecten. Informeer voor elk materiaal naar de specifieke uitvoeringsrandvoorwaarden. Risico's van dit soort materialen kunnen zijn: verkitting, uitloging van schadelijke stoffen en een verminderde verdichtbaarheid.

Gebiedseigen grond

Bij voorkeur wordt lokaal beschikbare grond toegepast, omdat dit het aantal benodigde transportbewegingen beperkt en omdat hiermee "werk met werk" kan worden gemaakt. Hergebruik van grond binnen een werk kan bovendien als voordeel hebben dat er minder strenge milieukundige eisen gelden. In sommige gevallen kan efficiënt gebruik worden gemaakt van grond die vrijkomt bij de herprofilering van de dijk, of van grond die elders in een project niet aan de keuringseisen voldoet. Bij niet al te cohesieve grond kunnen door middel van zeven puin en andere grove delen worden verwijderd. Deze grond kan deels niet voldoen aan de eisen, die idealiter worden gesteld aan grond in dijken. Het is van belang om vroegtijdig hierop te anticiperen, omdat het van invloed kan zijn op de dimensies van het dijkversterkingsontwerp.

Voorbeelden van ontwerpaanpassingen bij klei zijn [Van Meurs en Kruse, 2017]:

- Klei met een organisch stofgehalte tussen de 5 en 7% voldoet niet aan de eisen. Het zou echter kunnen worden toegepast, als rekening wordt gehouden met een extra klink door een overhoogte van 5 à 7% toe te passen.
- Bij een zoutgehalte van 8 g/l dient aangebrachte klei bij aanbrengen een watergehalte van 3 - 5% of lager te hebben dan volgens de hiervoor genoemde consistentie-index.
- Als na aanleg een significante afname van het zoutgehalte wordt verwacht in de klei, dan dient te worden uitgegaan van uitspoeling van 5 à 10 % van het volume van de grond of dient de kleilaag te worden afgedekt met een folie.
- Klei die van invloed is op de kwaliteit van de grasmat mag een zoutgehalte hebben van maximaal 4 g/l.

Erosiebestendige klei is in sommige gebieden zeer beperkt beschikbaar. Maatregelen om het benodigde volume erosiebestendige klei te beperken zijn:

- Anticiperen op afslag van grond door een extra groot volume grond aan te brengen. De mate van afslag kan worden bepaald door middel van golfgoot- of stroomgootproeven en erosieproeven in een laboratorium.
- Opmengen van grond met een ander materiaal om de erosiebestendigheid te vergroten, mits dit binnen de wettelijke kaders is toegestaan.
- Erosiecategorie 1 klei in een iets dunnere laag toepassen op een goed verdichte laag van erosiecategorie 2 klei.
- Erosiecategorie 1 klei in een iets dunnere laag toepassen op een onderlaag van open steenasfalt.

Bij twijfel over de eigenschappen of de verwerkbaarheid van een afwijkende grondsoort kan het zinvol zijn om een proefvak in te richten, waarin ervaring wordt opgedaan met dit materiaal.

POV Dijkversterking met Gebiedseigen grond

Naar verwachting zal er meer schaarste ontstaan aan hoogwaardige grond zoals erosiecategorie 1 klei, waardoor de kosten zullen gaan stijgen. Bovendien moet die grond vaker "van ver" komen met relatief hogere transportkosten, hogere CO₂-uitstoot en meer hinder en overlast tot gevolg.

Binnen de Projectoverstijgende Verkenning (POV) Dijkversterking met Gebiedseigen Grond zoeken waterschappen, het bedrijfsleven en kennisinstututen samen naar innovaties om gebiedseigen grond verantwoord toe te kunnen passen, waarbij moet blijven worden voldaan aan de wettelijk vereiste veiligheid.

In de periode 2018 - 2020 wordt in een aantal referentieprojecten verspreid over het land uitgezocht wat op korte termijn al kan worden gerealiseerd en welke aanpassingen dit vraagt aan ontwerp, uitvoering en beheer en onderhoud. Verder zal dit leiden tot meer kennis van grond, grondeigenschappen en de invloed hierop van de uitvoeringsmethode.

8.4 Grondwerk in den natte

Verwerking van zand

Bij het aanleggen van grote zandlichamen of het aanbrengen van zand onder water is het hydraulisch verwerken van zand in het algemeen een aantrekkelijke methode [Van 't Hoff en Nooy van der Kolff, 2012]. Vanwege hinder en eventuele schadelijke gevolgen voor de omgeving wordt soms afgezien van deze mogelijkheid.

Meestal wordt gespoten in een bovenwaterstort, tussen de bestaande dijk en een perskade (zie Figuur 8-14). Bij het spuiten boven water worden in het algemeen hoge verdichtingsgraden bereikt. Soms, bij diepere oevers, wordt gespoten of gestort in een onderwaterstort. Indien geen perskaden worden gebruikt vloeit het zand onder relatief flauwe hellingen uit. Bij deze werkwijze ontstaan er losse (verwekingsgevoelige) pakkingen. Als zand onder water wordt gestort, moet het dus veelal worden naverdicht. Onder water kan zand worden verdicht met trilnaalden vanaf een ponton of met bijvoorbeeld dynamic compaction. Een alternatief is om eerst tot boven (laag)water een vloer van grof materiaal te leggen en zand in het bovenwaterstort zo goed mogelijk te verdichten. Zodra een zandophoging boven waterlijn is uitgekomen, kan het worden naverdicht, oppervlakkig met trilwalsen of op diepte met trilnaalden.



Figuur 8-14 Opspuiten van zandkern tussen twee perskades (bron: Daan Jumelet, DEME).

Bij het spuiten in een bovenwaterstort zijn vanuit grondmechanisch oogpunt een aantal punten anders dan bij het ophogen in den droge:

- Het tempo van aanbrengen van zand ligt bijna altijd veel hoger. De ontwikkeling van waterspanningen in de ondergrond en het dijklichaam is mede daardoor aanzienlijk ongunstiger en onzekerder.
- De aanwezigheid van het water in de ophoging is een complicatie. De stabiliteit van de grondconstructie, inclusief eventuele hulpconstructies zoals een perskade, dient in alle stadia te zijn gewaarborgd. Dit kan gevolgen hebben voor het ruimtebeslag of het materiaalgebruik, welke tijdig moeten zijn onderkend. Ter verbetering van de stabiliteit in de uitvoeringsfase kunnen diverse hulpmiddelen worden toegepast. Gedacht kan worden aan een folie om een perskade af te dekken, waarmee kan worden voorkomen dat de perskade geheel verweekt of erodeert. Van belang is verder dat het overtollige water zo snel mogelijk wordt afgevoerd. De waterstand in het stort en de eventuele wateroverspanningen in de onderliggende lagen hebben grote invloed op de stabiliteit. Een vlotte afvoer van water is gewenst om slibinsluitingen / sliblagen te voorkomen. Ook stilstaand water moet worden vermeden. Slib heeft bij een langere verblijftijd namelijk meer kans om te bezinken.
- Er kan ontmenging ontstaan door afzetting van grof materiaal dicht bij de spuitmond en concentratie van fijn materiaal dicht bij de lozingskist. Dit kan nadelig zijn voor de verdichtbaarheid en de standzekerheid. Dit risico kan worden beperkt door voldoende aandacht te besteden aan de inrichting van het stort (plaats stortkisten) en het maken van een opspuitplan.
- Bij een open onderwaterstort is wellicht het gebruik van siltscreens noodzakelijk om milieuschade te voorkomen. Bij een bovenwaterstort met perskaden is vergunning nodig voor het lozen van het stortwater. Ook dan kunnen eisen worden gesteld aan het slibgehalte of zoutgehalte van het geloosde water.

De fasering van het werk zal meestal van tevoren op basis van berekeningen plaatsvinden. De uitvoeringsmethode, de tijd die nodig is voor de ophoging en de capaciteit van het materieel kunnen hieruit worden afgeleid. In de berekeningen kan desgewenst rekening worden gehouden met maatregelen om de benodigde consolidatietijd te verkorten, zoals extra drainage. Controle tijdens de uitvoering van de uitgangspunten, die in de berekeningen zijn gebruikt, blijft altijd nodig.

Van belang voor een zettingsprognose is dat inzicht bestaat in de waterstand in het stort. Hiertoe wordt de wand van de zakbaken aan de onderzijde van perforaties voorzien zodat ze tevens als open peilbuis kunnen fungeren. Een prognose op basis van metingen kan alleen worden gegeven indien de meetreeks voldoende lang is [Van Asperen et al, 2001].

Verwerking van klei

Klei kan onder water niet worden naverdicht. Daardoor is het beperkt mogelijk om onder water een sterk en stijf kleilichaam op te bouwen. Beperkte kleiophoging onder water kan worden gerealiseerd door droge brokken, erosiebestendige klei met een kraanbak (grijper of backhoe) te stapelen. De klei in de brokken heeft dan al een samenhang. Door het valgewicht van de brokken kan enige verdichting optreden. In dat geval dient echter rekening te worden gehouden met mogelijke nazakking, doordat holle ruimtes tussen de kleibrokken zich gaan opvullen.

Het onder water verwerken van klei met een cutterzuiger wordt afgeraden, want dit leidt tot zeer hoge watergehaltes en een zeer lange termijn voor ontwateren.

Het onder water werken kan men grotendeels omzeilen door te werken met een vingerling (zie Figuur 8-15). Een vingerling is een tijdelijke kleirug in het water waarbinnen een mini-polder wordt aangelegd. Hierbinnen kan in den droge worden gewerkt. Aandachtspunten zijn dat de tijdelijke kleiruggen voldoende robuust worden vormgegeven en tegen golven en stroming worden beschermd met een steenbestorting en/of geotextiel.



Figuur 8-15 Vingerling bij de versterking van de Zuiderdijk van Drechterland (bron: Werner Halter, Fugro).

Toepassing van overige materialen

Bij aanvullingen onder water heeft het voordelen om grover granulair materiaal toe te passen, omdat dit veelal steiler kan worden opgezet en minder gevoelig is voor verweking, uitspoeling en erosie. Grof materiaal, zoals breuksteen, wordt sowieso toegepast bij golfremmende constructies aan de teen van de dijk, zoals bestortingen en kreukelbermen. Dit wordt doorgaans aangebracht met een kraan of poliepgrijper.

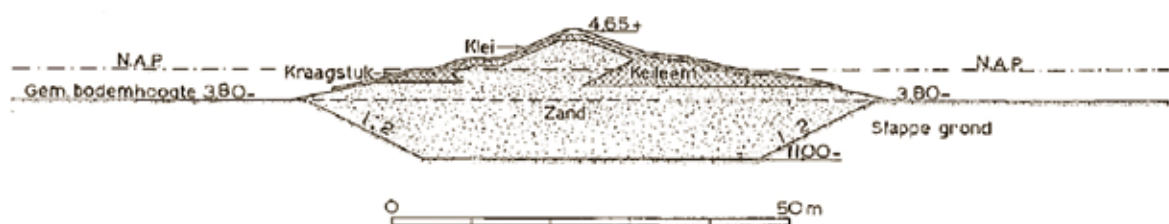
Grof materiaal is vooral nuttig bij perskaden. In het verleden werden hiervoor veelal secundaire materialen toegepast als mijnsteen, fosforslakken, staalslakken en betongranulaat. Deze materialen worden tegenwoordig veelal niet meer toegestaan vanuit milieukundige overwegingen of vanwege beperkte beschikbaarheid. Natuurlijk gewonnen grind of breuksteen met een wijde gradering (hoge variatie in korrelgrootte) zijn in sommige gevallen een alternatief, dat wel mogelijk is. Voorbeelden hiervan zijn Maingrind uit Burgstadt (Duitsland) en Widegrade uit Florø (Noorwegen). Perskaden van (brokken) klei zijn ook mogelijk, maar deze zijn minder standzeker dan steenachtig materiaal.

Keileem is in het verleden veel toegepast als perskade bij de Zuiderzeewerken. Keileem wordt tegenwoordig nauwelijks meer toegepast, omdat goed bereikbare winlocaties al uitgebreid zijn benut en het materiaal slechts in beperkte gebieden in het noorden van Nederland is afgezet.

Perskaden kunnen ook worden gemaakt met geotubes. Dat zijn met zand of baggerspecie gevulde 'worsten' van geotextiel, die tussen een rij palen worden opgesloten en worden afgedekt met breuksteen [Van Leeuwen et al, 2009], [Berendsen et al, 2011] en [Besseling en Ekelenkamp, 2017]. De wijze van integratie van geotubes in het uiteindelijke dwarsprofiel is een aandachtspunt.

Grondverbetering

Als een dijk op een zeer slappe bodem wordt aangelegd kan het zinvol zijn om de slappe lagen te verwijderen en te vervangen door zand, slakken of puin (zie Figuur 8-16). Hierdoor worden zettingen beperkt en wordt de bouwtijd verkort. Op het water vindt deze grondverbetering als volgt plaats: nadat een cunet is uitgegraven in een niet draagkrachtige waterbodem wordt in den natte zand in het cunet gespoten of gestort. In het geval van spuiten wordt het met een sproeiponton verwerkt. Door de sproeikop net boven de waterbodem te houden wordt de optredende vertroebeling tot een minimum beperkt. Het is van belang dat het nieuw aangebrachte materiaal voldoende wordt naverdicht. Eenmaal boven water wordt het zand met een drijvende leiding aangevoerd en in den droge verder verwerkt. Een nadeel van grondverbetering is dat een bestemming moet worden gevonden voor het verwijderde materiaal. Risico's zijn dat het ontgraven van de slappe lagen niet gelijkmatig plaatsvindt en dat er bijvoorbeeld grote brokken veen gaan opdrijven, dat er taludinstabiliteit ontstaat of dat er kwel optreedt door kortsluiting tussen watervoerende zandlagen en de nieuwe, goed doorlatende, grondverbetering.



Figuur 8-16 Voorbeeld van grondverbetering onder de Noordoostpolderdijk (bron: [Huitema, 1947]).

Bescherming tegen erosie

Tijdens uitvoering moet worden voorkomen dat er stromingscondities ontstaan, die leiden tot erosie. Indien nodig kan dit worden voorkomen door tijdelijke dammen aan te leggen rondom de aan te leggen dijk of door stroombestendige materialen te gebruiken in de perskaden.

8.5 Dijkbekleding

Dijken worden afgewerkt met een bekleding. Die kan onder meer bestaan uit gezette elementen (betonzuilen, betonblokken, natuursteen), al dan niet gepenetreerde breuksteen, asfalt, colloïdaal beton of gras. De aandachtspunten bij de aanleg van een dijkbekleding zijn afhankelijk van het type. Bij gezette steen is ervaring vereist en een vlakke ondergrond (filterlaag op geotextiel). Bij beton- en natuursteen zuilen dient het gerealiseerde open oppervlak overeen te komen met de ontwerpeisen voor dit type zetsteen. Plaatsing van de bekleding gebeurt tegenwoordig vaak machinaal (ARBO) met uitzondering van reparatie (herzetten), bij natuursteen en detailafwerking. Bij met asfalt penetreren of ingieten, moeten de stenen schoon zijn en de ruimtes tussen de stenen in voldoende mate penetreerbaar.

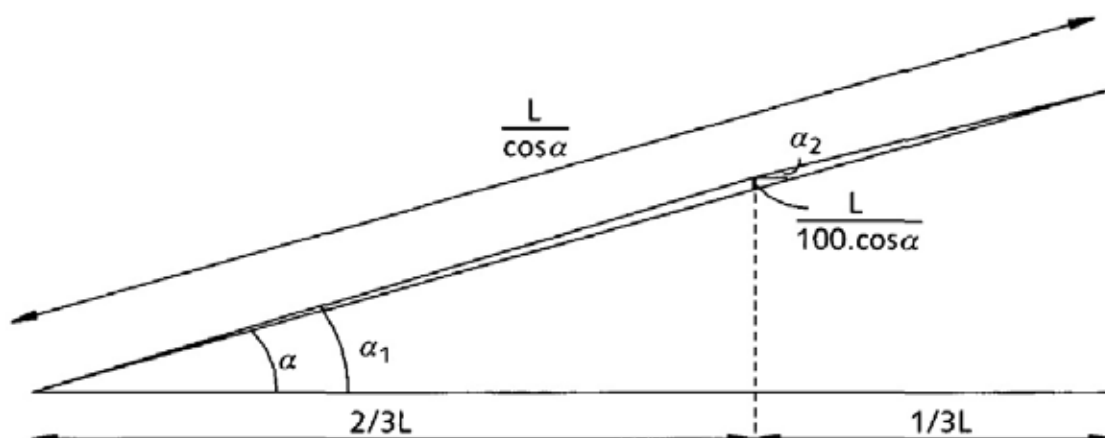
Het materiaal wordt veelal met vrachtauto's aangevoerd. Dat betekent dat de dijk op die locatie bereikbaar moet zijn voor de betreffende vrachtauto. Om een continu proces van aanleg van de bekleding te garanderen zal een deel van het bekledingsmateriaal in depot gezet worden. Dit depot bevindt zich binnen het draaibereik van de kraan die de aanleg verzorgt. Dat betekent dat depotruimte gezocht zal worden op bijvoorbeeld de buitenberm van de dijk. Als de berm te smal is voor al het verkeer in combinatie met depotruimte kan het voorkomen dat een deel van het bovenbeloop wordt ingekast. Dit kan in goed overleg met de beheerder. Herstel van de inkassing verdient bijzondere aandacht (goed aansluiten en verdichten van de grondlagen, goed schoonmaken van het depot).

Aanvullingen onder (zetsteen)bekledingen worden vaak uitgevoerd met (hydraulische) slak of grind. In het werk is het vaak moeilijk om het onderscheid te zien tussen het filter-/inwasmateriaal en het aanvulmateriaal. Het is echter ongewenst om het hydraulische aanvulmateriaal te gebruiken als filter-/inwasmateriaal, een goede scheiding van deze materialen dient dus gewaarborgd te zijn. De uitvoerder moet er zich van bewust zijn dat de uiteindelijke sterkte van de bekleding mede afhankelijk is van de dikte en de doorlatendheid van het filtermateriaal. Als er aanvulling nodig is, mag hier dus geen filtermateriaal worden gebruikt, maar moet het aanvulmateriaal zo goed mogelijk aansluiten op het materiaal in de basis.

Bij het aanleggen van een nieuwe harde bekleding kan het gewenst zijn om eerst de oude steenbekleding te verwijderen. Hiermee wordt voorkomen dat de oude bekleding een obstakel vormt bij toekomstige (constructieve) dijkversterkingen of ongewenste glijvlakken vormt. Bovendien kunnen de onderlagen van de nieuwe bekleding hiermee naar eigen inzicht optimaal worden vormgegeven. Bij het verwijderen van een oude steenbekleding kan men echter tegen een aantal problemen aanlopen:

- Het volume van de steen- en puinlagen is omvangrijker dan voorzien door meerdere, opeenvolgende onderhoudswerkzaamheden aan de bekleding die gedurende de lange geschiedenis van de dijk zijn uitgevoerd.
- Het deels weghalen van de steenbekleding is veelal niet mogelijk, omdat bovenliggende delen daarbij hun steun verliezen en instorten en ook moeten worden afgevoerd.
- Het vrijkomende, puinachtige materiaal is veelal verontreinigd en lastig te hergebruiken. Denk daarbij aan verf, (dak)lood, goten en vervuild slib).

Bij het aanbrengen van steenzettingen over een grote hoogte moet een tonrondte worden toegepast. Dit betekent dat de bekleding met een geringe opbolling wordt aangebracht. Doel hiervan is om de helling visueel over de gehele hoogte eenzelfde gradiënt te geven. Hiertoe is het gebruikelijk om op 2/3 van de hoogte van het talud, gemeten vanaf de teen, de bekleding 0,7 à 1,0% hoger aan te brengen dan de rechte lijn tussen onder- en bovenrand (zie Figuur 8-17). De kwaliteit van zetwerk kan visueel het beste worden beoordeeld door waarneming van onderaf.



Figuur 8-17 Vormgeving tonrondte bij steenbekledingen [Cirkel en Van Dam, 2015].

De maaknauwkeurigheid van dijkbekledingen is afhankelijk van het type en de wijze van aanleggen (zie tabel 8.4).

Tabel 8.4 Verticale toleranties per bekledingstype [Cirkel en Van Dam, 2015].

Bekledingstype	Verticale nauwkeurigheid
Steenzetting	+/- 0,01 m tussen blokken 0,2x taludlengte (afwijking vlak)
Stortsteen (boven water, kraan vanaf land)	0,5x nominale steendiameter
Stortsteen (onder water, kraan vanaf land)	0,6x nominale steendiameter
Stortsteen (onder water, kraan vanaf water)	0,8x nominale steendiameter
Asfalt	0,2x taludlengte (afwijking vlak)
Gras	0,2x taludlengte (afwijking vlak)

De verticale toleranties voor stortsteen uit tabel 8.4 zijn een eerste benadering. De haalbare uitvoerings-toleranties van stortsteen onder water zijn afhankelijk van het type materieel, de grondslag van de waterbodem, de golf- en stromingscondities en de waterdiepte. Gedetailleerde aanbevelingen zijn opgenomen in [De Wilde et al, 2014].

In tabel 8.5 zijn relevante toleranties bij steenzettingen genoemd.

Tabel 8.5 Toleranties bij steenzettingen [Cirkel en Van Dam, 2015] en [Anoniem, 2015].

Onderdeel	Tolerantie
Hoogte grondwerk	+/- 0,02 m
Laagdikte filter-/uitvullaag onder zetstenen	Minimaal 0,04 m en $2 \times D_{n50}$
H.o.h. afstand palen teen- en overgangsconstructie	+/- 0,05 mm
Breedte banen geotextiel	0,10 m
Opening tussen zetstenen	Maximaal 50 mm
Open oppervlakte	Maximaal 15%

Na een dijkversterking treden zettingen op. Zettingen onder buitentaluds zijn veelal gelijkmatig en veel bekledingen zijn flexibel waardoor ze beperkte zettingsverschillen kunnen opnemen. Bovendien zijn zettingen veelal beperkt, omdat op een voorbelast dijkprofiel wordt gewerkt. Voor de langsonvlakheid (ofwel in de richting van het dijktracé) van de bekleding door restzettingen na afwerking van de dijk, wordt veelal aangehouden dat deze maximaal 0,15 m mag zijn over een lengte van 25 m.

In tabel 8.6 zijn per bekledingstype bijzonderheden voor de uitvoering vermeld.

Tabel 8.6 Specifieke aandachtspunten per bekledingstype.

Bekledingstype	Specifieke aandachtspunten
Basalton	Kant- en eindsets (nodig) voor bochtenwerk en aansluitingen en ter voorkoming van te grote openingen.
C-star	Moeilijkere plaatsing vanwege patroon.
Hillblock	Alleen voet inwassen. Door toepassing van halve elementen zijn er meer openingen, let op visueel aspect. Maatwerkoplossing nodig bij verschillende hoogtesets. Aansluiting op andere bekledingen en wegen vereist aandacht door grote openingen.
Hydroblock	-
Ronaton	Kant- en eindsets (nodig) voor bochtenwerk en aansluitingen en ter voorkoming van te grote openingen.
Gekantelde betonblokken (hergebruik)	Blokken mogen geen grote schades hebben. Blokken moeten aaneengesloten geplaatst worden. In het werk gestorte blokken zijn meestal van slechte kwaliteit. De overgang naar andere bekledingstypen is een aandachtspunt.
Verkalit	Interlock moet voldoende zijn voor meerwaarde interlock. Filterlaag wordt met relatief fijn materiaal uitgevoerd, dat gevoeliger is voor uitspoeling tijdens aanleg.
Open steenasfalt	Aanbrengen met de bak. Juiste temperatuur, mengsamenstelling en mate van verdichting. Bekleding moet open blijven.
Waterbouwafalt	Meestal met de bak i.p.v. een asfaltspreidmachine. Juiste temperatuur, mengsamenstelling en mate van verdichting.
Waterbouwsteen	Zwaar materieel nodig bij grove sortering. Juiste wijze bepalen van de aangebrachte laagdikte.
Met asfalt gepenetreerde waterbouwsteen	Voorkom teveel kleine fractie. Behoud voldoende open ruimte. Geen losse stenen. Let op juiste temperatuur en consistentie gietasfalt.
Met asfalt gepenetreerde breuksteen	Voorkom teveel kleine fractie. Behoud voldoende open ruimte. Geen losse stenen. Let op juiste temperatuur en consistentie gietasfalt.
Gelijmde steenslag (Elastocoast)	On site verwerken. Lijm en steenslag mengen. Steen moet schoon, stofvrij en droog zijn. Bepaalde steensoorten logen uit qua kleur.
Colloïdaal beton	Mengsamenstelling is van groot belang. Resultaat is sterk afhankelijk van weer. Voorkom uitspoeling/aantasting door golfaanval voor uitharding.
Herzette basalt / Overige natuursteen	Handmatig plaatsen is veelal nodig (zie figuur 8-19). ARBO schrijft werkwijze voor.
Ingegoten basalt	Ingieten met voldoende vloeibare gietasfalt tot zo diep mogelijk tussen de zuilen.
Gras	Volledige ontwikkeling van de grasmat duurt enige jaren. Een laag teelaarde met zandige klei bevordert de ontwikkeling van gras. Glad afwerken van het talud na inzaaien bevordert het inkiemen van zaad en maakt schrale klei minder gevoelig voor regenval. Overbruggingsmaatregelen kunnen nodig zijn (zie paragraaf 8.2).

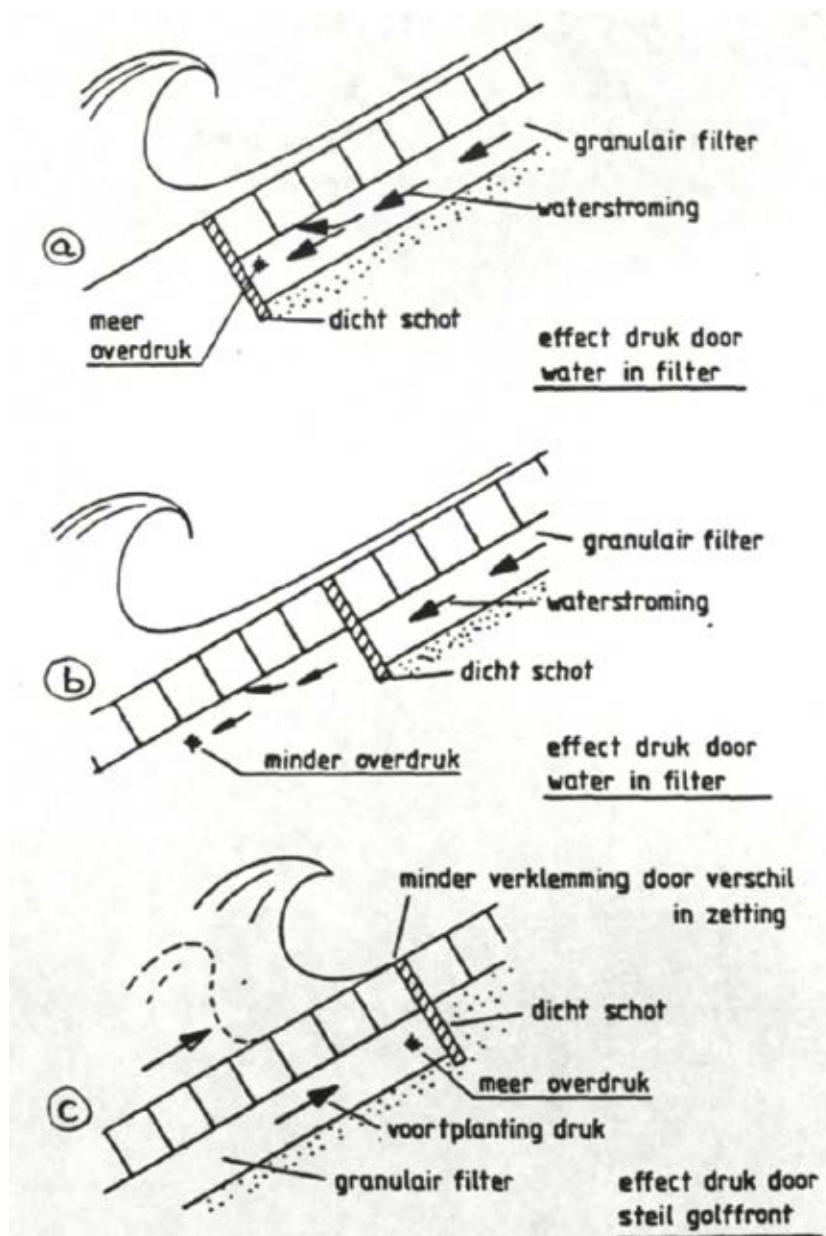
Kraag- en zinkstukken

Kraag- en zinkstukken worden gebruikt als waterdoorlatende, grond-dichte onderlaag van open, stroombestendige steenbestorting. Ze worden op het (onderwater)talud van dijken toegepast om te voorkomen dat fijner materiaal uit de kern wegspoelt, van het talud glijdt of rolt of door golfwerking wordt verplaatst. Een dergelijke constructie verhindert bovendien uitspoeling van de ondergrond. Ze worden soms ook gebruikt ter vervanging van granulaire filters die vaak lastig aan te brengen zijn en veel ruimte in beslag nemen. Uitvoeringsaspecten van kraag- en zinkstukken worden onder andere uitgebreid beschreven in [Milder et al, 1999].

Overgangsconstructies

Een heel belangrijk aspect bij uitvoering zijn de overgangsconstructies. Niet alleen tussen het aarden dijklichaam en constructies, maar ook tussen verschillende soorten bekleding. Het kritieke punt is steeds weer: kan een golf of stromend water vat krijgen op de oneffenheid die inherent is aan een overgang van het ene materiaal op het andere, leidt dat tot turbulentie en erosie of ongewenste waterindringing en kan daardoor uiteindelijk grond uit het aarden dijklichaam wegspoelen. Ongelijk gedrag van de materialen aan beide zijden van de overgang (andere krimp of uitzetting, ander zettingsgedrag), leidt vaak tot scheuren, spleten, waardoor de bedoelde oneffenheden ontstaan. Iets wat nieuw is kan er goed uitzien, maar zoek een oudere dijk op en dit soort overgangen wordt direct zichtbaar, al is het alleen maar door veelvuldig onderhoud en reparatie.

Deze overgangsconstructies laten zich moeilijk wetenschappelijk ontwerpen. De overgangen behoeven te allen tijde extra aandacht, inbreng van de juiste ervaringskennis, het zettings- en verouderingsgedrag van de bekleding in het verloop van de tijd en vooral ook het voortdurende besef van de kracht die het water op slechte overgangen kan uitoefenen. Een uitgebreid overzicht van overgangsconstructies is er van de toenmalige Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat, [De Rijke et al, 1992]. In Figuur 8-18 staan een paar kenmerkende en beproefde voorbeelden.



Figuur 8-18 Voorbeelden van overgangsconstructies [De Rijke et al, 1992].

Overgangsconstructies in bekledingen vergen bijzondere aandacht tijdens de uitvoering, omdat ze gevoelig zijn voor schade [De Rijke et al, 1992]:

- De vormgeving van eventueel toe te passen opsluitelementen moet zodanig zijn dat na plaatsen ervan het verdichten van de daarvoor gegraven sleuven goed mogelijk is.
- Te brede en/of te diepe ontgravingen moeten vermeden worden. Dit leidt tot de eis dat een nauwkeurige maatvoering bij de uitvoering van groot belang is. Bij voorkeur moeten machinale ontgravingen in samenwerking met handkracht worden uitgevoerd.
- Het maken van een ingraving in mijnsteen om een betonband te plaatsen moet worden vermeden, omdat het nauwelijks mogelijk is om holle ruimten (die niet meer gevuld kunnen worden) te vermijden.
- Asphalt- en cementmortel penetraties langs de overgangsconstructie moeten zo snel mogelijk na de aanleg (of het herzetten) worden aangebracht, zodat de spleten nog niet verontreinigd zijn met slib, planten en stenen.
- Te penetreren spleten moeten niet te smal zijn (minstens ca. 2 cm).
- Bij asphaltpenetraties moeten alle constructie-onderdelen hitte bestendig zijn (niet alle geotextielen zijn dat).
- Te diepe ontgravingen moeten worden voorkomen door het laatste deel niet mechanisch, maar handmatig te ontgraven. Als toch te diep wordt ontgraven, dan dient achteraf zorgvuldig en tijdig te worden aangevuld en verdicht.
- Ter plaatse van de overgang van een verharde weg of een taludtrap naar een kleilaag moet voldoende kleidikte aanwezig zijn. Samen met kapotgereden berm en in de winter indringend water vanuit rijsporen vormt dit anders een zwak punt in de waterkering.



Figuur 8-19 Kleinschalig handmatig aanbrengen van een basaltglooiing bij de versterking van de IJsseldijk bij Capelle in 2017 (bron: bron: Herman Zonderland fotografie in opdracht van HHSK).

8.6 Omgevingsbeïnvloeding

Onder omgevingsbeïnvloeding wordt (mogelijke) schade en overlast door de uitvoering van een dijkversterking verstaan. Dit kan betrekking hebben op naburige percelen, panden en objecten (belendingen) en personen. In deze paragraaf worden diverse vormen van omgevingsbeïnvloeding behandeld.

Het ophogen van dijken zal leiden tot zettingen en horizontale grondvervormingen. Deze kunnen leiden tot scheefstand van op staal gefundeerde panden en objecten en een verhoogde (veelal horizontale) grondbelasting op funderingspalen en andere in de grond aanwezige harde elementen. Dit kan leiden tot schade.

De aanvoer van grond en het verdichten van grond kunnen leiden tot trillingen. Trillingen kunnen worden beperkt door, bij de locatiekeuze van losplaatsen, locaties nabij bebouwing te vermijden. Een andere beheersmaatregel is het inzetten van lichter materieel. Veenlagen zorgen voor een groter invloedsgebied van trillingen, oppervlaktewater leidt juist tot demping. Lege dumpers leiden veelal tot grotere trillingen dan volle dumpers.

Met een trillingsrisicoanalyse kan inzicht wordt verkregen in de te verwachten trillingsniveaus en de invloed hiervan op gebouwen, personen en apparatuur. De analyse kan worden opgesteld conform de berekeningsmethodiek uit [Dekker et al, 2012]. De geprognosticeerde intensiteiten worden getoetst aan de grenswaarden uit de SBR-richtlijnen (A, B en/of C). Bij beperkte marges dienen tijdens de bouwactiviteiten de trillingen te worden gemeten en op basis van de SBR-richtlijnen (A, B en/of C) te worden getoetst. De SBR-richtlijnen zijn veelal conservatief, een kleine overschrijding van de grenswaarden hoeft niet te leiden tot schade, of kan zich beperken tot, eenvoudig herstelbare, cosmetische schade.

Door de bouwactiviteiten wordt geluid geproduceerd, dat mogelijk tot overlast in de omgeving kan leiden. De invloed van het geluid bij de belendingen is afhankelijk van onder meer de afstand tussen de geluidsbron en de ontvanger en de meteorologische omstandigheden. Door middel van een prognose conform [Bezemer et al, 2004] kan inzicht wordt verkregen in de te verwachten geluidsniveaus. De geprognosticeerde geluidsbelastingen worden getoetst aan de waarden uit het Bouwbesluit 2012 (zie tabel 8.7). Dit kan tijdens de bouwactiviteiten worden geverifieerd met geluidsmetingen. De toets op geluidshinder is met name van belang als sprake is van belendende woningen, scholen en ziekenhuizen.

Geluidsoverlast kan worden beperkt door de bedrijfsvoering aan te passen. Bij een verwachte geluidsoverschrijding moet bij de gemeente een ontheffing worden aangevraagd. Onder dagelijkse omstandigheden kan er al sprake zijn van een hoge geluidsbelasting (bijvoorbeeld bij een drukke weg). De extra hinder door bouwwerkzaamheden kan dan als beperkt worden ervaren, ondanks overschrijding van de norm.

Tabel 8.7 Toetsingswaarden geluid Bouwbesluit 2012.

Dagwaarde in dB(A)	≤ 60	61 - 65	66 - 70	71 - 75	76 - 80	> 80
Maximale blootstellingsduur (aaneengesloten dagen)	onbeperkt	50	30	15	5	0
Tijdelijke overschrijding van 60 dB(A) mag alleen op werkdagen en op zaterdag en alleen tussen 7.00 uur en 19.00 uur.						

Geluid kan zich goed verplaatsen over open wateroppervlakken, want deze zijn akoestisch hard. Bij rivierdijken moet bijvoorbeeld ook rekening worden gehouden met geluidshinder aan de overkant.

Op het werk en op rijroutes van dumpers e.d. dienen maatregelen genomen te worden tegen stofvorming. Dit kan door het toepassen van rijplaten (schoonhouden), snelheidsbeperking en/of door sproeien met water. Bij het omruimen van stof werkt een zuigwagen beter dan vegen, omdat de laatste methode alleen het stof verplaatst. Een mogelijke service naar omwonenden is om vanwege de stofvorming ramen periodiek te laten wassen.

Andere vormen van mogelijke omgevingsbeïnvloeding zijn bouwverlichting, modder op de weg, uitlaatgassen, grondwateronttrekking, olie lekkage en onveilige situaties bij bouwverkeer (o.a. schoolgaande kinderen).

8.7 Monitoring en opleveringscontrole

8.7.1 Algemeen

De eerste stap bij het uitvoeren van monitoring is het opstellen van een monitoringsplan. Het doel van een monitoringsplan is om inzicht te verschaffen in wat, waarom en hoe er gemeten wordt. Een onderdeel van dit plan is een meetprotocol om onzekere fenomenen in de tijd te volgen, zodat uitvoeringsrisico's tijdig met maatregelen kunnen worden gereduceerd. Met monitoring (= bewaken) wordt de kans op optreden van hinder, schade aan belendingen en instabiliteit van de waterkering beperkt, mits de monitoring ook leidt tot ingrijpen indien nodig. Monitoring in combinatie met oplevercontroles tijdens en na de uitvoering van een dijkversterking verhoogt de kwaliteit van het opgeleverde werk. Bijkomende voordelen zijn dat aannemers worden gemotiveerd om goed werkt te leveren en dat bewoners en andere stakeholders het gevoel hebben dat zorgvuldig op 'hun' dijk wordt gelet.

Het monitoringsplan dient minimaal in te gaan op:

- Algemene informatie (projectlocatie, administratieve gegevens).
- Relevante schademechanismen en welke aan de orde zijn.
- Per schademechanisme, te hanteren meetuitvoering (waar te meten, hoe lang te meten, herhaling van de meting, beschermingsmaatregelen).
- Per schademechanisme aan te houden grenswaarden (criterium) en actie protocol. Wat te doen bij overschrijdingen? Wie zijn de aanspreekpunten?

Ad 1: Algemene informatie

Dit omvat een beschrijving van de projectlocatie en van de voorgenomen activiteiten met de tijdsperiode waarin deze plaatsvinden. Ook het doel van de metingen en administratieve gegevens zijn opgenomen (wie is voor wat verantwoordelijk).

In het algemene deel wordt aangegeven of sprake is van een passieve of actieve monitoring. Bij passieve monitoring worden de meetgegevens pas beschouwd, nadat er mogelijk een schademechanisme heeft plaatsgevonden. Een passieve monitoring is van toepassing op het moment dat de risico's beperkt / nihil zijn. Voorafgaand aan en na afloop van de werkzaamheden wordt een status quo opgemaakt. Bij een actieve monitoring worden bovendien tijdens de werkzaamheden de meetgegevens actief gevolgd zodat tijdig ingrijpen mogelijk is.

Ad 2: Relevante schademechanismen

Afhankelijk van de voorziene deelactiviteit kunnen schademechanismen wel of niet aan de orde zijn. De inrichting van de meetuitvoering dient afgestemd te worden op de mogelijk optredende schademechanismen.

Ad 3: Meetuitvoering

De meetuitvoering is specifiek per schademechanisme dat beheerst dient te worden.

Onder meetuitvoering valt:

- Een situatietekening met daarop aangegeven de meetlocatie en het meetbereik (eventueel met meetdiepte).
- Het toe te passen type meetinstrument met de meet(on)nauwkeurigheid ervan (c.q. eisen).
- Een omschrijving omtrent hoe een goede nulmeting kan worden gegarandeerd.
- De toe te passen meetfrequentie (aantal meetwaarden per tijdseenheid).
- De meetduur, d.w.z. de lengte van de periode waarover gemeten dient te worden (of herhaling).
- De situatie, is er sprake van een 0-meting (referentiemeting), reguliere meting of herhalingsmeting.
- De wijze van registratie en rapportage.

Bij monitoring worden veel data gegenereerd. Deze data moeten van de meetlocatie naar de locatie van de gebruiker worden gebracht. De data dienen verwerkt, geanalyseerd en gevisualiseerd te worden. Uiteindelijk dienen tijdens en na afloop de data te worden gerapporteerd. Met een risk-portal zijn de data van de verschillende mechanismen tijdens de uitvoering overzichtelijk te visualiseren. Dit proces moet vooraf goed worden doordacht en beschreven. Vooraf moet worden nagedacht hoe de verzamelde informatie op een overzichtelijke manier wordt overgedragen aan de dijkbeheerder.

Meetinstrumenten kunnen kapotgaan, bijvoorbeeld door technische gebreken, bouwwerkzaamheden, weersinvloeden en vandalisme of verloren gaan door diefstal. Het is enerzijds goed om voldoende instrumenten te plaatsen en anderzijds de instrumenten in het veld goed te beschermen / beveiligen. Dit kan door toepassing van beschermkokers en -afrasteringen, door instrumenten niet bij rijbanen te zetten en door opvallende kleuren te gebruiken.

Ad 4: Grenswaarden en actieprotocol

De grenswaarden en het actieprotocol zijn specifiek per schademechanisme dat beheerst dient te worden. Zonder grenswaarden heeft het monitoren / meten geen zin. In veel gevallen wordt een waarschuwingswaarde ingesteld, deze bedraagt bijvoorbeeld 80% van de grenswaarde. Afhankelijk van de waarschuwings- en grenswaarden worden aanvullende monitorings- activiteiten of alternatieve uitvoeringsmethodes voorgeschreven.

Bij het ondernemen van acties dienen altijd de gemeten overschrijdingen bij een mechanisme gerelateerd te worden aan de meetwaarden voor de andere mechanismen (crosschecks). Onder crosschecks worden meerdere, verschillende meetmethodes verstaan, die "hetzelfde meten". Met crosschecks wordt gecontroleerd of een meting een reële uitkomst geeft.

In het actieplan wordt vooraf nagedacht over de stappen/acties die moeten worden ondernomen bij overschrijding van signaalwaarden en grenswaarden. Het is veelal niet raadzaam om pas over terugvalmaatregelen na te denken nadat er overschrijdingen worden geconstateerd, omdat snel handelen dan een vereiste is. Terugvalmaatregelen kunnen bijvoorbeeld bestaan uit aanpassingen in de werkwijze, ontwerp-aanpassingen en/of intensievere monitoring.

In het communicatieplan is vastgelegd hoe overschrijdingen van signaalwaarden en grenswaarden worden gecommuniceerd. Er wordt vastgelegd wie verantwoordelijk is voor bewaken van de monitoringsresultaten, het leveren van advies bij overschrijdingen en het nemen van beslissingen over beheersmaatregelen. Bij lange duur monitoring dient er rekening mee te worden gehouden, dat de betrokken personen in de loop der jaren zullen veranderen.

8.7.2 Monitoring dijklichaam

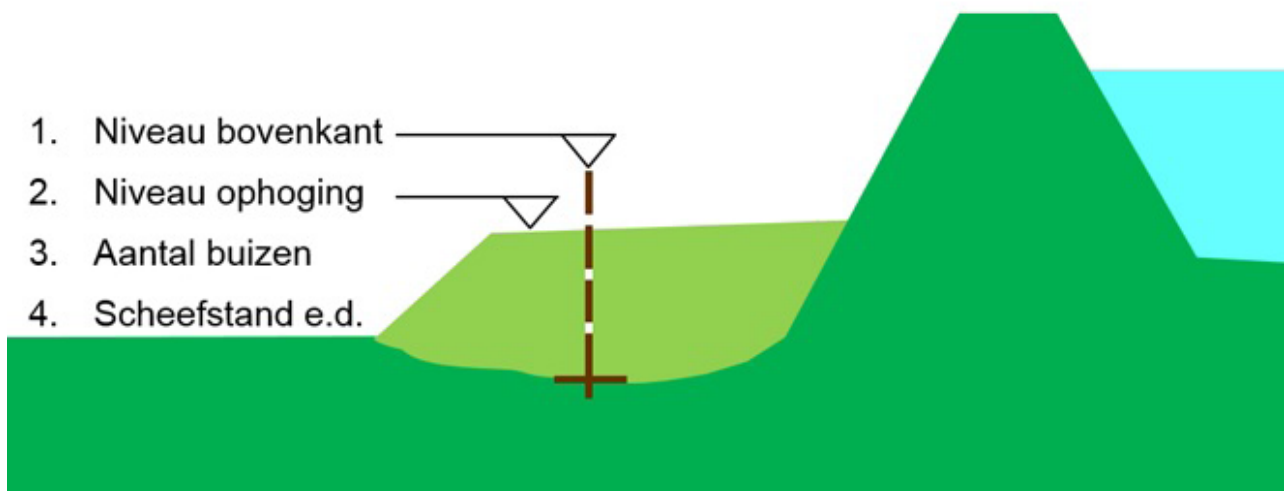
Monitoring van het dijklichaam is het volgen en bijsturen van het gedrag van de dijk in de tijd door middel van metingen. Het vindt plaats om te voorkomen dat schades en onveilige gebeurtenissen tijdens de bouw zich onbeheersbaar ontwikkelen en anderzijds om de kwaliteit van de dijk te borgen (zie Figuur 8-20). Het gaat hierbij vooral om het bewaken van de stabiliteit en vervormingen. Monitoring geldt als aanvulling op kwaliteitsbewaking door middel van visuele inspectie. De monitoringresultaten dienen bij oplevering van de dijk te worden opgenomen in het opleverdossier. Het langer volgen van het dijkgedrag kan nuttig zijn voor beheer en onderhoud. Bij oplevering dienen daarom afspraken te worden gemaakt over welke onderdelen van de monitoring worden voortgezet en onder wiens verantwoordelijkheid.



Figuur 8-20 Monitoringinstrumenten in dijklichaam (bron: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier).

Zakbaken

Zakbaken worden gebruikt voor de monitoring van zettingen en klink. Het principe is toegelicht in Figuur 8-21. Om het zakkingsproces te kunnen volgen, wordt als vuistregel aangeraden om in raaien (lijnen in dwarsrichting van de dijk) met een hart-op-hart-afstand van 50 m zakbaken te plaatsen met een minimum van 3 raaien per afzonderlijk dijktraject. Hiervan kan worden afgeweken bij een zeer grillige of juist zeer constante bodemopbouw. Een dijktraject wordt daarbij gedefinieerd als een dijkdeel met globaal dezelfde kenmerken in lengterichting (bodemopbouw, geometrie, dijkversterkingsoplossing). Het aantal zakbaken per raai is afhankelijk van de breedte van de ophoging en varieert tussen de 1 en 4. De hoogte van de zakbaken en het maaiveld bij de zakbaak dient tijdens het ophogen wekelijks te worden opgemeten. Na bereiken van de eindhoogte is eenmaal per maand voldoende. Zakbaken worden naarmate de ophoging toeneemt opgelengd met buizen van doorgaans 1 m lang. Bij elke meting dient het aantal buizen te worden vastgelegd. Verder dienen bijzonderheden te worden genoteerd, zoals scheefstand van de zakbaak of een ongelijk maaiveld. Er dienen voldoende zakbaken te worden geplaatst, omdat een deel tijdens uitvoering defect kan raken.



Figuur 8-21 Principe van zakbaakmeting (bron: Fugro).

Vaste meetpunten

Om de verplaatsingen van de kruin van de dijk te volgen bij dijkversterkingen zonder kruinverhoging wordt aangeraden om vaste meetpunten te plaatsen op een onderlinge afstand van 50 m in de kruin van de dijk en deze maandelijks in X-, Y- en Z-richting in te meten. Deze vaste meetpunten kunnen bestaan uit meetbouten in het asfalt of stalen, in de grond geslagen, pijpen, afgedekt met een putdeksel.

Profielmetingen

Door de aannemer moet een logboek worden bijgehouden, waarin het grondverzet wordt geregistreerd. Hierin wordt bijgehouden waar en wanneer er is opgehoogd en afgegraven, in welke laagdikte en met welke partij grond. De laagdikte voor en na verdichten moeten worden gemeten. Het verdient aanbeveling de opname van de aannemer steeds te laten verifiëren door de opdrachtgever om discussies bij oplevering te voorkomen.

Minimaal twee keer per jaar dienen de zakbaakmetingen en de opgebrachte hoeveelheden te worden geverifieerd met behulp van profielmetingen. Tevens dient bij elke zakbaakraai dan een dwarsprofiel te worden opgemeten.

Waterspanningsmeters

Een controle van wateroverspanningen bij ophoogwerkzaamheden of door trillingen door bouwwerkzaamheden wordt uitgevoerd door waterspanningsmeters te plaatsen en deze frequent af te lezen. Bij reguliere ophoogwerkzaamheden ontstaan alleen wateroverspanningen in cohesieve lagen (klei, veen en leem). Bij trillingen kunnen in alle grondlagen wateroverspanningen ontstaan.

De hoeveelheid waterspanningsmeters en de meetfrequentie is afhankelijk van de omvang van de ophoging of het risico van eventuele trillingen. De meters dienen nauwkeurig op de juiste hoogte te worden aangebracht. Bij zettingen dient de zakking van de waterspanningsmeters gezamenlijk met de zakbaken te worden ingemeten. Het uitvoeren van waterspanningsmetingen is foutgevoelig. In tabel 8.8 is een opsomming gegeven van mogelijke foutbronnen.

Tabel 8.8 Foutenbronnen bij waterspanningsmonitoring.

Foutenbron	Remedie
Overmacht: vandalisme, schade door bouwwerkzaamheden, diergraverijen, afschuiving, agressief bodemmilieu, etc.	Beschermen meetinstrumenten. Voldoende meetinstrumenten plaatsen.
Plaatsingsfout: onvoldoende ontluchting, diepteligging slecht geregistreerd, kalibratie verkeerd, scheefstand meter, etc.	Controle uitvoering. Kwaliteitsborging.
Meting is verkeerd: lege batterij, kapotte sensor, verwisseling, afleesfout, volle datalogger, etc.	Meer onderhoud. Opname beter organiseren. Voldoende meetinstrumenten plaatsen.
Meting is verkeerd verwerkt: verkeerde luchtdrukcorrectie, zakking waterspanningsmeter, verkeerde diepteregistratie, verkeerde nulmeting, etc.	Administratie verbeteren. Controlemeting hoogte.
Verkeerde waarde gemeten: gasvorming, wateroverspanning door plaatsing, wateroverspanning door passerend verkeer, temperatuureffecten, etc.	Gebruik van zelfontluchtende meter in veen. Deskundige beoordeling situatie.
Stabiliteitsberekening klopt niet: verkeerde bodemschematisatie, verkeerde inschatting freatische lijn, onnauwkeurige zettingsprognose, onjuiste geometrie.	Grondonderzoek. Profielmetingen. Beter documenteren ophoogfasering.

Peilbuizen

In elke ophoging dienen bij voorkeur enkele ondiepe peilbuizen te worden geplaatst ter verificatie van de grondwaterstand.

Perkoenpalen

Tijdens het ophogen op een slappe ondergrond kan de stabiliteit worden bewaakt door op circa 1 m uit de teen in een rechte lijn perkoenpalen te plaatsen, h.o.h.-afstand 25 m en 2 à 3 m diep, en dagelijks te controleren of de palen nog verticaal en in een rechte lijn staan (zie Figuur 8-22). Een dergelijke controle kan goed door het dagelijks toezicht worden uitgevoerd.



Figuur 8-22 Zichtlijn met perkoenpalen (bron: Hoogheemraadschap Noordhollands Noorderkwartier).

Trillingen

Trillingen kunnen leiden tot instabiliteit van het dijklichaam of tot verweking van in of onder de dijk aanwezige losse zandlagen. Bij trilwerkzaamheden in het dijklichaam wordt aanbevolen om trillingsmetingen uit te voeren op en in de dijk en vervormingen van het dijklichaam vast te leggen met meetbouten. Voor het bewaken van de trillingsintensiteiten ten aanzien van de stabiliteit moet minimaal 1 meetpunt op het maaiveld en 1 meetpunt "op diepte" ingericht worden. Deze meetpunten staan in een raai loodrecht op het werk. Hierbij moet ieder meetpunt in 3 richtingen gemeten worden.

Defecte of verloren meetinstrumenten dienen te worden vervangen door nieuwe exemplaren. Bij overschrijding van signaal- of grenswaarden of bij optreden van de in tabel 8.9 genoemde gebeurtenissen dient deskundig advies te worden ingewonnen bij een geotechnisch adviseur.

Ongewenste gebeurtenissen

In tabel 8.9 is een overzicht gegeven van ongewenste gebeurtenissen die kunnen worden gesignaleerd tijdens het monitoren van grondverzet. Per gebeurtenis zijn mogelijke oorzaken genoemd.

Tabel 8.9 Ongewenste gebeurtenissen bij grondverzet en mogelijke oorzaken.

Ongewenste gebeurtenis	Voorbeelden van mogelijke oorzaken
Afschuiving	Te snel ophogen Te steil ophogen Bovenbelasting Trillingen Extreme regenval Hoog water Preferent schuifvlak tussen oud en nieuw dijklichaam Preferent glijvlak door oude afschuiving
Wegpersing	Squeezing Toepassing van te slap ophoogmateriaal
Scheurvorming	Afschuiving Extreme zettingen Krimp (uitdroging van grond) Oxidatie van humeuze grond Verdichting van grond bij boveninsteek van talud Opbarsten van deklagen
Verzakking	Afschuiving Verweking van losgepakte zandlagen of keileem Klink (samendrukking van ophoogmateriaal) Inzet van te zwaar materieel Dichtdrukken van holtes / vergeten leidingen Diergravenijen
Extreme toename van zettingen	Afschuiving Meetfout Lokaal onverwachte slappe bodemopbouw
Extreme toename van waterspanningen	(Dreigende) afschuiving Toename van de stijghoogte Zakking van waterspanningsmeter Defecte waterspanningsmeter (drift) Vollopen van spleet naast waterspanningsmeter
Scheefstand van perkoenpalen	Afschuiving Wegpersing Aanrijding Storm
Uittredend water / drassige plekken	Kortsluiting met zandlagen door graafwerk Kortsluiting door verticale drainage Zandinsluitingen Lekkende waterleiding Slecht verdichte grondlagen
Opbolling talud	Zijdelingse vervorming grondlichaam Waterophoping in kern van dijklichaam

Veel ongewenste gebeurtenissen kunnen verband houden met een afschuiving van een grondmoot. Als er onverhoopt een afschuiving heeft plaatsgevonden, dan is het in eerste instantie van belang om maatregelen te nemen om de waterkerende veiligheid en de persoonlijke veiligheid van passanten te waarborgen. Hierbij kan worden gedacht aan een tijdelijke steunberm, het verwijderen van bovenbelasting en/of een wegafzetting. Vervolgens dient een herstelplan te worden uitgewerkt. Het beste is om de dijk tot voorbij het glijvlak af te graven en weer laagsgewijs op te bouwen. Dit is echter niet in alle gevallen praktisch haalbaar. Een alternatief is om een nieuw dijkontwerp te maken, waarin rekening is gehouden met een verzwakte zone rondom het glijvlak. Zo'n ontwerp zal zwaarder zijn dan het oorspronkelijke ontwerp.

8.7.3 Monitoring omgeving

Als gevolg van de werkzaamheden in het kader van de dijkversterking kunnen in de omgeving van de dijk liggende belendingen schade ondervinden. Onder belendingen worden alle objecten verstaan in of bij de dijk. Voorbeelden zijn: bebouwing, kabels en leidingen, kunstwerken, bomen en andere beplanting, duikers, wegen en straatmeubilair. Daarnaast kunnen in de omgeving aanwezige personen hinder ondervinden.

Mogelijke oorzaken van schade of hinder kunnen zijn:

- grondvervormingen door ophogen of grondwaterstandsfluctuaties;
- trillingen door damwandinstallatie, bouwverkeer en/of verdichting van grondlichamen;
- sterk geluid door bouwwerkzaamheden;
- onveilige situaties door intensief bouwverkeer;
- afzetting van bouwterreinen / extra drukte door omleidingsroutes;
- instabiliteiten;
- verdroging als gevolg van lagere grondwaterstanden kan schade toebrengen aan vegetatie of landbouwgebieden.

Bij de monitoring van de belendingen kan een passief of een actief beleid worden gevoerd:

- De passieve aanpak houdt in dat de situatie voorafgaand aan de dijkversterkingswerkzaamheden wordt vastgelegd en dat eventuele schadeclaims achteraf worden beoordeeld. Indien een claim terecht is, wordt schade gecompenseerd of hersteld. De passieve aanpak is geschikt voor belendingen die weinig risico op schade lopen of waarbij verwacht wordt dat schade makkelijk kan worden hersteld. Voorbeelden van een passieve aanpak zijn bouwkundige opnames en herstel van belendingen na afloop van de bouwwerkzaamheden.
- De actieve aanpak houdt in dat niet alleen de situatie voorafgaand aan de werkzaamheden wordt vastgelegd, maar dat ook tijdens de dijkversterkingswerkzaamheden wordt gemeten welke invloed deze hebben op de belendingen. Indien deze te groot is, worden maatregelen genomen om de negatieve effecten van de werkzaamheden te beperken. De actieve aanpak past bij belendingen met een hoog schaderisico. Voorbeelden van een actieve aanpak zijn bewaking van de vervormingen en de trillingen.

De benodigde intensiteit van monitoring en de maatregelen is afhankelijk van veel factoren, zoals:

- afstand van de belendingen tot de bouwweg / dijk / trillingsbron;
- intensiteit trillingen/vervormingen;
- bouwkundige staat belendingen;
- funderingswijze belendingen;
- samenstelling ondergrond;
- aanwezigheid barrières (trillingsdempende waterpartijen, waterremmende lagen, grondlichamen, etc.).

Het kan nuttig zijn om uitgebreider te monitoren dan technisch noodzakelijk lijkt om ongerustheid bij bewoners en eigenaren van panden weg te nemen.

De monitoringresultaten dienen na oplevering van de dijk te worden opgenomen in het opleverdossier. Sommige effecten kunnen zich pas enige tijd na oplevering openbaren. Bij oplevering dienen daarom afspraken te worden gemaakt welke onderdelen van de monitoring worden voortgezet en onder wiens verantwoordelijkheid en op wiens kosten.

Het kan economisch gezien veel aantrekkelijker zijn om een klein risico op omgevingsschade te accepteren in plaats van het treffen van maatregelen om dit risico te beperken. Het opnieuw laten stucen van enkele muren kan bijvoorbeeld een paar duizend euro kosten, terwijl de inzet van een trillingsarme constructiemethode enkele honderdduizenden euro's kan kosten. Uiteraard dienen dit soort keuzes alleen gemaakt te worden als alle betrokkenen hiermee instemmen.

Visuele inspectie en bouwkundige opname

In de visuele inspectie moeten afwijkende patronen beschouwd worden. Bij belendingen is dit onder andere (beginnende) scheurvorming en scheefstand. Bij grondlichamen zijn dit onder andere lokale verzakkingen en afschuivingen. De visuele inspectie moet uitgevoerd worden door een onafhankelijke toezichthouder en moet regelmatig herhaald worden.

De omliggende omgeving moet voorafgaand aan de werkzaamheden met een bouwkundige opname gerapporteerd zijn. Een bouwkundige opname dient voldoende gedetailleerd te worden uitgevoerd conform de NIVRE norm en de KOMO- beoordelingsrichtlijn BRL 5024. Door middel van een foto-expertise wordt voorafgaand aan de uitvoeringswerkzaamheden, de bestaande bouwkundige staat van een belending vastgelegd. De resultaten van de bouwkundige vooropname worden veelal bij een beëdigd taxateur of notaris neergelegd, waardoor de opname een rechtsgeldige status krijgt. Bij eventuele schademeldingen wordt de opname herhaald, waarna dan objectief kan worden bepaald of deze schade voor of na start uitvoering is ontstaan.

De bouwkundige opname wordt doorgaans uitgevoerd bij:

- alle gebouwen en kunstwerken, binnen 25 à 50 m van de dijkversterkingswerkzaamheden;
- alle gebouwen en kunstwerken, binnen 50 à 100 m van een aan- of afvoerroute van bouwverkeer.

De exacte zonering is afhankelijk van de clustering van gebouwen, de kwetsbaarheid van panden, de dikte van slappe lagen en de aanwezigheid van trillingsdempende barrières in de vorm van bijvoorbeeld een brede waterpartij of een grondlichaam.

Tijdens werkzaamheden wordt aanbevolen om de visuele inspectie uit te voeren volgens het volgende schema:

- eerste dag gedurende de gehele dag;
- volgende dagen aan het begin en het eind van de dag;
- bij werkzaamheden in de directe nabijheid van een belending, gedurende de gehele dag.

Afhankelijk van de bevindingen van de toezichthouder kan het nodig zijn het inspectieschema aan te passen. In het geval dat bij de visuele inspectie een afwijkende situatie geconstateerd wordt (ten opzichte van de nulsituatie), moet dit direct aan de directie gerapporteerd worden. Afhankelijk van de aard van het geconstateerde moet overwogen worden om het werk stil te leggen.

Bij aan- en afvoerwegen van bouwverkeer dient een vooropname met foto-inspectie plaats te vinden om achteraf eventuele schades objectief te kunnen vaststellen of weerleggen. Dit is uiteraard niet nodig als vooraf al duidelijk is dat de weg na afronding van de dijkwerkzaamheden sowieso wordt hersteld.

Geodetische metingen

Onder geodetische metingen worden metingen verstaan, waarbij de hoogtes en/of de locaties van objecten worden ingemeten.

Om een referentie met de optredende deformaties te kunnen maken, moeten de objecten minimaal een half jaar tot een jaar voorafgaand aan de werkzaamheden ten minste 2 maal ingemeten zijn door middel van een nauwkeurigheidswaterpassing.

Bij een nauwkeurigheidswaterpassing worden hoogtebouten geïnstalleerd aan een belending, die voorafgaand, tijdens en na uitvoering nauwkeurig worden ingemeten ten opzichte van NAP. Nauwkeurigheidswaterpassingen worden doorgaans uitgevoerd bij:

- alle gebouwen en kunstwerken en objecten, die zich binnen 25 m afstand van een grondophoging bevinden;
- alle gebouwen en kunstwerken, die onderhevig kunnen zijn aan trillingen door installatie van constructieve schermen.

Voor sommige leidingen zal de ligging dienen te worden vastgesteld. Hiertoe kunnen op enkele locaties proefsleuven worden gegraven, waarna de locatie en de hoogteligging worden ingemeten.

Vlak voor, tijdens en direct na de werkzaamheden worden objecten ingemeten zoals vermeld bij meetfrequentie. Daarnaast wordt een meting aanbevolen circa 2 maanden na oplevering van het grondwerk. Zowel de verticale als de horizontale verplaatsingen moeten gemeten / afgeleid worden (X-, Y-, Z-richtingsmetingen).

Indien de verplaatsingen meer bedragen dan de toelaatbare waarden, moet dit direct aan de projectmanager gemeld worden. Bij te grote verplaatsingen moet, in onderling overleg tussen aannemer, directie (tezamen met een geotechnisch adviseur) en opdrachtgever besloten worden of de werkzaamheden worden voortgezet of dat op een alternatieve werkwijze overgestapt moet gaan worden. Afhankelijk van de gemeten vervormingen kan het nodig zijn bovenstaand schema aan te passen.

Voor nieuwbouw wordt vaak een hoekverdraaiingseis van 1:300 aangehouden, waarbij constructieve schade te verwachten is (zie NEN-norm 6740). Voor gebouwen met oud metselwerk of architectonische aard geldt een hoekverdraaiingseis van 1:600 (neerwaarts) (zie NEN-norm 6740). De uiteindelijke toelaatbare waarde moet geverifieerd worden met de constructeur.

Aanvullend op een nauwkeurigheidswaterpassing kunnen de volgende metingen worden uitgevoerd:

- een lintvoegwaterpassing, ofwel een hoogtemeting van een horizontale voeg in het metselwerk;
- een vloerwaterpassing, waarmee een eventuele helling van de vloer kan worden vastgesteld;
- een loodmeting, waarmee een eventuele scheefstand van een (gevel)muur kan worden vastgesteld;
- een scheurwijdtemeting, monitoring van het verloop van de breedte van aanwezige scheuren.

Maatregelen om vervormingen bij belendingen door grondverzet te beperken zijn:

- plaatsing van een damwand tussen ophoging en belending. De vervormingen worden deels opgenomen door de stijfheid van de damwand. Daarnaast kan de aanwezigheid van de damwand de richting van de vervormingen positief beïnvloeden;
- toepassing van lichtgewicht ophoogmateriaal. Voorwaarde is dat dit niet ten koste gaat van de waterkerende veiligheid. Een stabiliteitsberm heeft bijvoorbeeld als doel om tegengewicht te bieden en kan niet lichter worden uitgevoerd. Bij een dijkoprit kan lichtgewicht ophoogmateriaal echter wel een goed alternatief zijn;
- funderingsherstel. Door een op staal gefundeerde woning op palen te funderen wordt deze bijvoorbeeld minder kwetsbaar voor grondvervormingen. Zie "Handboek Funderingsherstel" [Jansen et al, 2014];
- vacuümconsolidatie. Zijdelingse grondvervormingen door ophoging worden daarbij deels beperkt door zuigkrachten in de drains.

Trillingsmetingen

Het doel van de trillingsmonitoring in de omgeving is het “bewaken” van de trillingsintensiteiten tijdens werkzaamheden zoals intrillen van de damwandplanken of het passeren van bouwverkeer. Onderscheid wordt gemaakt in het “bewaken” van de intensiteiten aan de omliggende bebouwing en bewaken van de intensiteiten nabij de waterkering.

Het kan zinvol zijn om voorafgaand aan de werkzaamheden de regulier optredende trillingen te meten, bijvoorbeeld door passerend verkeer. Deze kunnen significant zijn en aanleiding zijn om de grenswaarden naar boven bij te stellen.

Bij aanvang van kritische werkzaamheden moeten bemande semi-continue trillingsmetingen uitgevoerd worden (minimaal 1 dag). Op basis van de (eerste) meetresultaten kan door een adviseur worden aangegeven of er sprake is van (dreigende) overschrijding van de grenswaarde (voor gebouwen) of overschrijding van het toetsingskader voor verdichting. Aan de hand van de bemande meetresultaten zijn representatieve meetpunten aan te wijzen waar onbemande metingen uitgevoerd worden.

Indien de meetresultaten een overschrijding van de grenswaarde laten zien, dient dit door de meettechnicus (of adviseur) aan de directie / betrokkenen van het project direct te worden gemeld. Hierbij kan worden geadviseerd de werkzaamheden op dat moment al dan niet stil te leggen. De betrokkenen moeten vervolgens in onderling overleg nagaan hoe de werkzaamheden te vervolgen zonder verdere overschrijding van de grenswaarde.

Uitgangspunt is dat de trillingsmeetlocaties “mee verhuizen” met de voortgang van het werk. Hierdoor wordt aan de maatgevende gebouwen op de kortste afstand tot de trillingsbron gemeten. De meetpuntlocaties moeten op een representatief “stijf” punt geplaatst worden.

Opgemerkt wordt dat het toetsingskader mede afhankelijk is van het aantal toegepaste trillingsmeetlocaties. Het soort meting (indicatieve, beperkte of uitgebreide meting) bepaalt de veiligheidsfactor van de meetwaarde.

Conform de SBR richtlijn A worden de meetlocaties aan en in de omliggende gebouwen ingericht. Ten aanzien van schade aan de draagconstructie moeten de volgende meetpunten ingericht worden:

- op tenminste 2 maatgevende locaties aan de draagconstructie. Hierbij moet in beide meetpunten in 3 richtingen gemeten worden (verticaal, horizontaal loodrecht op en horizontaal evenwijdig aan de gevel);
- op de hoogste verdieping in een stijf punt. Hierbij moet minimaal in 2 richtingen gemeten worden.

In totaal wordt per gebouw op 3 meetpunten gemeten.

Voor de omliggende bebouwing moeten de trillingsintensiteiten getoetst worden aan de SBR Meet- en beoordelingsrichtlijn deel A (zijnde de richtlijn “Schade aan gebouwen”). De Raad van State erkent de richtlijn als uitgangspunt voor jurisprudentie. Voor het toetsingskader van trillingsintensiteiten in grond voor de stabiliteit is geen directe richtlijn aanwezig. Het toetsingskader is afgeleid aan de hand van een stabiliteitsanalyse. De SBR richtlijn A [Ostendorf, 2018] maakt onderscheid in 3 gebouwcategorieën variërend van betonnen nieuwbouw (categorie 1) tot monumentale panden of panden in slechte staat van onderhoud (categorie 3).

Aan de meetkast kan een werkend alarm (zwaailamp) bevestigd worden. Bij overschrijding van de vooraf ingestelde waarschuingswaarde (doorgaans 80% van de grenswaarde) zal dit alarm enige tijd branden.

Opgemerkt wordt dat de meetkast zodanig opgesteld moet zijn dat deze beschermd is tegen weersinvloeden alsmede tegen diefstal en/ of beschadiging.

Grondwaterstandsmetingen

Grondwaterstandsmetingen voor, tijdens en na uitvoering worden uitgevoerd om na te gaan of de grondwaterstanden ten gevolge van de dijkversterking zijn gewijzigd. Hiertoe dienen gedurende langere periodes

regelmatig peilbuismetingen te worden uitgevoerd. Op sommige locaties worden reeds peilbuizen gemonitord. Aanbevolen wordt om dit voort te zetten met een nader te bepalen frequentie. Bij een stabiele grondwaterstand kan een lage frequentie voldoende zijn, bijvoorbeeld eens in de drie maanden. Bij deze meetfrequentie is het handmatig opnemen van de grondwaterstanden economisch veelal voordeliger dan automatische registratie met een diver. Verder dient op de volgende locaties monitoring plaats te vinden, ook weer met peilbuizen:

- in de binnenkruinlijn en de binnenteeën achter de constructieve schermen, omdat deze mogelijk van invloed zijn op de grondwaterstanden waardoor bebouwing schade zou kunnen oplopen door veranderingen in het grondwaterregime;
- in het achterland op locaties met een buitenwaartse asverschuiving en mogelijk op staal gefundeerde woningen achter de dijk.

Aansprakelijkheid

De omgang met kleine schades en hinder wordt veelal informeel geregeld door contact op het werk tussen uitvoerder en bewoners en eigenaren. Veelal wordt hiervoor een inlooppreekuur ingericht bij het projectkantoor. Wie significante schade loopt als gevolg van de uitvoering van een dijkversterkingsproject kan een schadevergoeding eisen. Juridische en verzekeringstechnische aspecten bij schade aan panden zijn uitgebreid beschreven in het Handboek Funderingsherstel [Jansen et al, 2014].

Het dossier moet geschikt zijn voor overdracht aan opdrachtgever bij oplevering.

8.7.4 Opleveringscontroles

De oplevering van een werk is afzonderlijk besproken in Hoofdstuk 5. In deze paragraaf wordt daarom uitsluitend aandacht besteed aan de waarnemingen die een grondslag vormen voor het opleverdossier.

Naast continue controles in de tijd (monitoring) zijn er periodiek en aan het eind van een dijkversterkingsproject momentopnames (opleveringscontroles) nodig. Bij de oplevering van een dijkversterking, of een tussenliggende fase, moeten de volgende zaken worden gecontroleerd:

- Samenstelling grond.
- Verdichting grond.
- Restzettingen.
- Hoeveelheidsbepaling / Te maken profiel (eindsituatie en tussenfasen).
- Wateroverspanningen.
- Bekleding.

Als tijdens een dijkversterking zorgvuldige monitoring heeft plaatsgevonden, dan is er een grotere kans op positief resultaat bij (deel)oplevercontroles.

Samenstelling grond

De kwaliteit van alle aangevoerde materialen dient steekproefsgewijs te worden gecontroleerd, zowel in het depot als na aanbrengen in de dijk. Bestaand dijkmateriaal, dat elders in de dijk wordt hergebruikt, dient ook te worden gekeurd. Bij grond dient te worden gecontroleerd of deze inderdaad de samenstelling heeft die in het ontwerp is aangehouden. Eisen aan grond zijn beschreven in de Standaard RAW-bepalingen [Anoniem, 2015(a)]. Specifieke eisen aan klei zijn beschreven in paragraaf 8.3.3.

Bij de beoordeling van laboratoriumproeven dient in het algemeen rekening te worden gehouden met de volgende onnauwkeurigheden [Van Meurs en Kruse, 2017]:

- Lutumgehalte tot $\pm 5\%$.
- Plasticiteitsindex tot $\pm 5\%$.
- Gehalte organisch materiaal 1 - 3 %.

Het kan zijn dat men bij keuring in een depot aan de eisen voldoet, maar bij controle bij aanlevering in het werk niet meer. Dit kan komen door onnauwkeurigheden in de beproevingsmethode en door de variatie in grondeigenschappen. Zo'n overschrijding kan dan toch geaccepteerd worden indien:

- de meetwaarde binnen een beperkte bandbreedte om de classificatiegrens heen valt (Δ vloeigrens $\leq 2\%$ en Δ plasticiteitsindex $\leq 3\%$);
- en de monsters die buiten de classificatiegrenzen vallen niet ruimtelijk of in de tijd gecorreleerd zijn;
- en de gemiddelde waarde van de controlemonsters wel binnen het classificatiegebied valt [Senhorst, 2018].

Verdichting grond

Traditionele oplevercontrole

Verdichting van klei en zand wordt gemeten door middel van steekringproeven, nucleaire dichtheidsmetingen en meerpunts-Proctorproeven met een minimale bemonsteringsdichtheid conform de standaard RAW-bepalingen (zie Tabel 8-10). Belangrijk is dat de locaties van de dichtheidsmetingen door een onafhankelijke partij willekeurig worden gekozen. Mogelijk slecht verdichte locaties zijn randen, plekken waar de laagdikte relatief groot is, draaipunten van verdichtingsmaterieel, plekken met een beperkt aantal verdichtingspassages en plekken waar natte grond is toegepast. Als de aanvoer van grond sneller verloopt dan de verwerking van grond, dan kan de verleiding ontstaan om grond minder zorgvuldig te verdichten. De mate van verdichting van dikke zandlagen kan worden gecontroleerd met sonderingen.

Tabel 8.10 Meetintensiteiten conform RAW-bepalingen voor grondwerken in klei.

Activiteit	Meetintensiteit
boringen in het depot (over de volle laagdikte)	minimaal 3 boringen 1 per 1000 m ³ bij een laagdikte < 5 m 1 per 5000 m ³ bij een laagdikte > 5 m
monsternamen in boring	1 per 0,5 m en na elk laagscheiding
samenstellen verzamelmonster	minimaal 10 monsters of representatieve delen per homogene (deel)partij
keuring klei bij aanvoer op werk	aantal ter beoordeling van projectmanager
keuring klei na verwerking in dijk	aantal ter beoordeling van projectmanager
controle verdichtingsgraad	minimaal 10 dichtheidsbepalingen met een steekring minimaal 2 bepalingen van de Proctordichtheid

Bij klei kunnen steekringproeven een verkeerd beeld geven door de aanwezigheid van holle ruimtes. Daarom wordt aanbevolen om tijdens het werk erop toe te zien dat het verdichten op een juiste manier plaatsvindt in dunne lagen, met voldoende verdichtingsovergangen en met grond met een geschikt vochtgehalte. Dit kan door middel van toezicht door een deskundig uitvoeringsbegeleider. In [Van Meurs en Kruse, 2017] wordt de volgende methode voorgesteld om dit te objectiveren: er wordt op gelet dat slagen met een maximale dikte van 0,4 m in ten minste drie gangen met bulldozers met voldoende gronddruk (voorshands 10 ton met 0,4 m rupsbanden) worden verdicht. Daarbij dient 80% tenminste 3 x door de bulldozerrupsbanden bereden te zijn. Dit wordt achteraf aangetoond door de GPS-sporenpatronen te overleggen.

Bezwaren van de traditionele uitvoeringscontrole zijn, dat 'volgens het boekje' verdichten met een bulldozer niet altijd mogelijk is en dat er zelfs dan geen garantie is op voldoende verdichting. Verder krijgt de aannemer zo geen kans om alternatieve verdichtingsmethodes in te brengen, die ook leiden tot voldoende verdichting. Daarom zijn twee alternatieve methodes voor verdichtingscontrole van klei bedacht. Deze zijn hieronder kort beschreven; de details zijn te vinden in [Senhorst, 2018].

Alternatief 1: Methode Proefvakken

Op een gestandaardiseerde manier wordt er met de klei uit het werk een referentievak aangelegd door volgens de bestaande voorschriften laagsgewijs te verdichten met een bulldozer. De dichtheid wordt op de traditionele manier gemeten met behulp van steekringen.

Vervolgens wordt er een proefvak aangelegd met dezelfde klei, dat wordt verdicht met een door de aannemer gekozen methode. Hierin wordt intensief steekproefsgewijs de droge dichtheid gemeten. Deze mag gemiddeld maximaal 2% lager zijn dan in het referentievak.

De rest van het werk dient op dezelfde manier te worden verdicht. Hierbij dient door middel van minder intensieve keuringen te worden aangetoond dat de droge dichtheid maximaal 3% lager is dan in het referentievak. Het nadeel van deze methode is, dat deze niet efficiënt is bij kleine hoeveelheden klei.

Alternatief 2: Methode 'Bestaande Praktijk'

De klei wordt verdicht met een bulldozer in lagen van maximaal 0,2 m dikte, waarna de verdichting op de traditionele manier wordt gecontroleerd met steekringen. Aanvullend wordt één van de volgende twee controles uitgevoerd:

1. De verdichtingsgraad wordt gecontroleerd op basis van het percentage macroporiën, ofwel holle ruimtes tussen kluiten. Dit percentage dient klein genoeg te zijn. Hierbij wordt de dichtheid van één standaard steekring van 10 cm diameter vergeleken met 10 steekringen van 1 cm diameter. De dichtheid van de grote steekring mag maximaal 5% lager zijn dan de gemiddelde dichtheid van de 10 kleine steekringen.
2. De gemeten verdichtingsgraad wordt gerelateerd aan een meerpunts-Proctorproef die een eenduidig maximum laat zien tussen de ondergrens en de bovengrens van het toegestane watergehalte bij verdichting.

Bij twijfel over de verdichting van klei kunnen aanvullend ook proefsleuven worden gegraven. Hiermee kan worden nagegaan of er nog holtes in de klei aanwezig zijn. Met de visuele beoordeling moet worden vastgesteld of tenminste de helft van de dikte van de aangebrachte grond voor niet meer dan 5% van het oppervlak uit grotere (zichtbare) poriën bestaat en dat de niet zodanig verdichte lagen dunner zijn dan 0,2 m en minder dan 50 % van de totale dikte betreffen. De verificatie van de visuele beoordeling kan door de ruimte van de macroporiën met metingen vast te stellen in een groot ongeroerd monster [Van Meurs en Kruse, 2017].

De ontwikkeling van nieuwe aanbevelingen omtrent de verdichtingscontrole van klei voor dijken is momenteel in beweging. In dit handboek is gepoogd om de laatste stand van zaken weer te geven. Deze kan echter nog wijzigen. De genoemde alternatieve controlemethodes hebben een experimenteel karakter en dienen nog in pilotprojecten te worden getest.

Sterkte grond

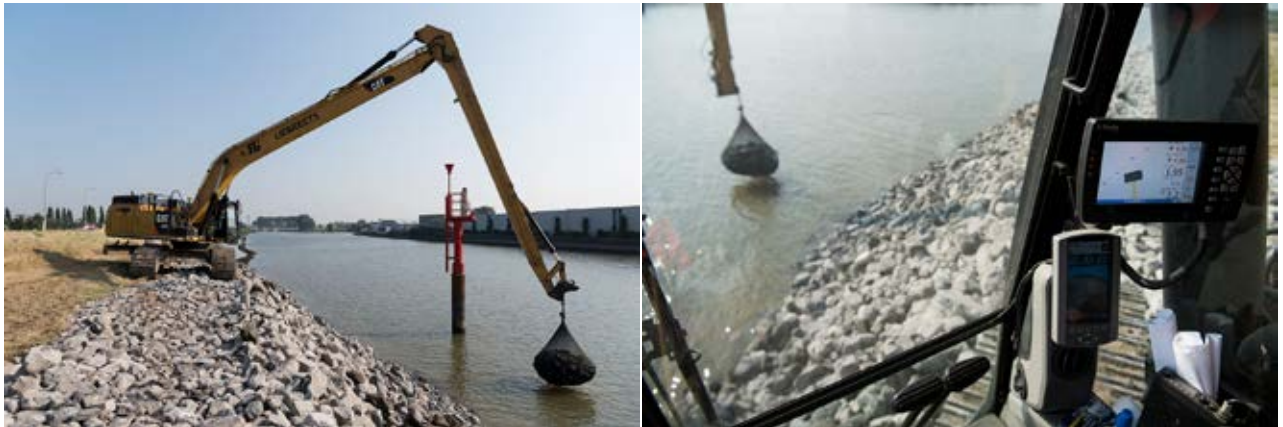
De sterkte van de ondergrond wordt deels bepaald met in-situmetingen zoals klasse 1-sonderingen en terreinvinproeven. De ontwikkeling van de sterkte en de grensspanning in de ondergrond worden in het ontwerp op basis van berekeningen ingeschat. Bij oplevering kan het nodig zijn om te controleren of de ontwerpwaarden gehaald zijn door opnieuw dit soort in-situmetingen uit te voeren.

Restzettingen

Door monitoring, gecombineerd met berekeningen, dient men tijdens de uitvoering voldoende inzicht te verkrijgen in het tijd-zettingsverloop, zodat tijdens afwerking de juiste overhoogte kan worden aangebracht.

Hoeveelheidsbepaling / Te maken profiel (eindsituatie en tussenfasen)

Profilering van het dijklichaam vindt veelal gecontroleerd plaats door middel van GPS-ondersteuning op de kraan (zie Figuur 8-23). Na afloop kunnen de toegepaste volumes worden bepaald op basis van de topografische metingen en zettingsmetingen. De geometrie van het onderwatertalud kan worden gecontroleerd met behulp van lodingen of metingen met een echosounder. Er dient rekening te worden gehouden met volumeveranderingen door onder andere rijping, krimp, klink en uitlevering. Gedetailleerde aanbevelingen zijn opgenomen in [De Wilde et al, 2014].



Figuur 8-23 Aanvullen steenbestorting op buitentalud met GPS-ondersteuning (bron: Herman Zonderland fotografie in opdracht van HHSK).

Gedetailleerde aanbevelingen voor de uitvoering van hoeveelhedsbepalingen zijn opgenomen in [Anoniem 2015(a)] en [De Wilde et al, 2014].

Wateroverspanningen

Uit de monitoring kan blijken, dat er na oplevering van de waterkering nog wateroverspanningen aanwezig zijn in of onder de dijk. Deze moeten laag genoeg zijn, zodat de veiligheid ook in de eerste periode na oplevering kan worden gegarandeerd.

Bekleding

Tijdens en tot enige tijd na de uitvoering van verbeteringswerken kan de erosiebestendigheid van een grasbekleding beperkt zijn. Een goede grasmat heeft zich namelijk nog niet kunnen ontwikkelen. De beoogde veiligheid van de waterkering is hierdoor dus niet volledig aanwezig. Dat houdt in dat de aannemer en/of beheerder bij opkomende waterstand maatregelen moeten nemen om erosie te voorkomen (bijvoorbeeld met krammatten).

Bij de oplevering van een harde bekleding dient (afhankelijk van het type) te worden gecontroleerd op onder andere dikte, mate van ingieting, open oppervlak en vlakheid (zie paragraaf 8.5).

9.1 Inleiding

Een constructieve dijkversterking is een versterking met een ander materiaal dan grond. Hierbij worden elementen of stoffen in de grond gebracht, die krachten en/of momenten kunnen opnemen en/of het grondwaterregime beïnvloeden. In dit hoofdstuk worden eerst enkele generieke aandachtspunten beschreven. Daarna worden aandachtspunten per type techniek behandeld in factsheets. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een verzameltabel.

9.2 Generieke aandachtspunten

Voordelen van constructieve dijkversterkingen tijdens uitvoering ten opzichte van grondoplossingen zijn, dat er sprake is van relatief weinig grondverzet en dat de uitvoeringstijd en de benodigde werkruimte veelal beperkt zijn.

Een nadeel is dat de uitvoering van constructieve dijkversterkingen complex kan zijn. De inzet van een gespecialiseerde aannemer is dan nodig. Deze oplossingen worden veelal toegepast, omdat er door de aanwezigheid van belendingen of andere oorzaken (natuur, opslagruimte, etc.) relatief weinig ruimte beschikbaar is. Extra aandacht is nodig om effecten op de omgeving zoveel mogelijk te beperken. Ook bij constructieve dijkversterking is echter ruimte nodig voor het opstellen van materieel en de opslag van materiaal. Hier dient in het uitvoeringsplan rekening mee te worden gehouden. Bij uitvoeringssituaties, waarmee nog weinig ervaring is opgedaan, wordt een maakbaarheidsproef vooraf aanbevolen.

Constructies worden bij een dijkversterking niet alleen toegepast met een waterkerende functie. Ze kunnen ook worden toegepast als functiescheiding of als hulpconstructie om zettings- of andere schade te voorkomen. Dan zijn echter ook de uitvoeringsaanbevelingen uit dit hoofdstuk van toepassing.

Uitgekiend ontwerpen

Het ontwerp van constructieve dijkversterkingen wordt steeds uitgekiender. Hiervoor worden geavanceerde rekenmodellen gebruikt, zoals driedimensionale eindige elementen methodes, die zijn gebaseerd op een gedetailleerd uitgewerkte veiligheidsfilosofie. De dimensionering van constructieve dijkversterkingen is daarom specialistisch werk. Het nadeel hiervan voor de uitvoering is, dat slecht inzichtelijk is waarom voor een bepaald type ontwerp is gekozen. Als er tijdens uitvoering lokaal een situatie aangetroffen wordt, die afwijkt van het ontwerp, dan is niet snel duidelijk hoe er moet worden gehandeld. Het advies is om tijdig specialistische on-dersteuning in te schakelen. Het kan verstandig zijn om enige robuustheid in het ontwerp in te bouwen, zodat de meeste uitvoeringsafwijkingen zonder ontwerpaanpassing kunnen worden opgevangen.

Ondergrondse obstakels

Obstakels in de ondergrond zoals puin, funderingsresten en kabels en leidingen kunnen de toepassing van constructieve oplossingen bemoeilijken. Een onverwacht afwijkende bodemopbouw, zoals een diepere ligging van de vaste zandlaag is bij een constructie veelal van grotere invloed dan bij een grondoplossing. Daarom kunnen constructieve dijkversterkingen aanvullend grondonderzoek noodzakelijk maken.



Figuur 9-1 Zwaar materieel bij aanvoer en installatie van damwanden in de teen van een dijk (bron: Herman Zonderland fotografie in opdracht van HHSK).

Begaanbaarheid en kraanstabiliteit

Voor constructieve oplossingen is veelal zwaar materieel nodig (zie Figuur 9-1). Het is belangrijk dat zowel bij bouwwegen als bij opstelplaatsen van materieel de stabiliteit van de dijk en de kraan gewaarborgd blijven. Daarbij is niet alleen de hardheid van het maaiveld van belang, maar ook de draagkracht van diepere grondlagen. Richtlijnen voor het bepalen van de geotechnische draagkracht van funderingsmachines zijn opgenomen in de publicatie "Begaanbaarheid van Bouwterreinen" [De Koning en De Vos, 2017].

Vastlegging ondergrondse constructies

Constructieve dijkversterkingen worden veelal onder de grond weggewerkt. Achteraf is lastig traceerbaar hoe dit is aangelegd, bijvoorbeeld als het gaat om de lengte van kwelschermen of de hoeveelheid grout die in de grond is verwerkt. Daarom is het zeer belangrijk, dat de gerealiseerde constructies na afronding van de realisatie zorgvuldig worden ingemeten en op as-built tekening worden vastgelegd. Per constructieonderdeel kunnen de oplevergegevens worden samengevat in een 'geboortebewijs'. De as-built tekeningen kunnen verschillen van de ontwerptekeningen, omdat hier tijdens uitvoering van is afgeweken. In dit kader moeten uit-voeringslogboeken goed worden bijgehouden en bewaard, omdat hierin wordt beschreven waarom en in welke mate er van het oorspronkelijke plan is afgeweken. Deze stukken moeten worden overhandigd bij oplevering in een door de opdrachtgever aan te geven format.

Monitoring

Bij de meeste constructieve oplossingen wordt standaard de volgende monitoring uitgevoerd:

- deformaties van dijk en belendingen;
- trillingen en geluid.

In het algemeen worden daarbij dezelfde stappen gevolgd als beschreven in paragraaf 8.7. Specifieke monitoringsaanbevelingen worden in de factsheets vermeld in de volgende paragraaf.

Trillingen

Trillingen kunnen leiden tot wateroverspanningen. De combinatie van trillingen en wateroverspanningen kan de stabiliteit nadelig beïnvloeden. Trillingen bij installatie van constructies kunnen daarnaast op grotere diepte leiden tot vervormingen. Deze zijn veelal niet direct zichtbaar, maar kunnen na verloop van tijd leiden tot verzakkingen aan het maaiveld.

Trillingen worden overigens niet alleen gegenereerd bij de installatie van constructies. Bij de werkzaamheden die daaromheen plaatsvinden, kunnen namelijk ook significante trillingen plaatsvinden. Voorbeeld zijn het verplaatsen van bouw materieel, het opbouwen van een kraanstelling en het afwerken van boven de grond uitstekende constructies. Het voorschrijven van een trillingsarme installatiemethode (zie Figuur 9-2) is daarom nog geen garantie dat er daadwerkelijk weinig trillingen zullen zijn. Daarnaast is een zorgvuldige en gedisciplineerde werkwijze nodig.



Figuur 9-2 Trillingsarme installatie van damwanden door middel van drukken met vierklems-methode (bron: Pascal Ogink, Combinatie dijkverbetering HOP (GMB - Van Oord)).

Grondverdringing

Diverse constructieve dijkversterkingstechnieken gaan gepaard met significante grondverdringing (o.a. palen, dijkdeuvels, soilmixwanden). Dit heeft als voordelen dat grond wordt verstevigd door opspanning en dat er een goede aansluiting is met omliggende grond waardoor kwel langs de constructie wordt voorkomen. Een nadelig bijeffect is dat de omliggende grond horizontaal en soms ook verticaal vervormt. Als er bebouwing staat in de directe nabijheid (< ca. 10 m) is er kans op schade.

Gebiedskennis

Het is onverstandig om risicovolle werkzaamheden direct op de meest kritieke locatie uit te voeren. Het is beter om eerst gebiedskennis en uitvoeringservaring op te doen op een andere locatie.

9.3 Factsheets per constructie-type

De belangrijkste aandachtspunten en risicobeperkende maatregelen voor veel voorkomende typen constructieve dijkversterking zijn op de volgende pagina's weergegeven in factsheets. In elke factsheet is een standaard veldindeling gehanteerd. Als er over een onderwerp geen bijzonderheden kunnen worden vermeld, dan is dit veld leeg gelaten.

Damwand



Stalen wand, verankerd of onverankerd ter verhoging van de macrostabiliteit. Sterkte en stijfheid worden verkregen door het golvende profiel. Deze oplossing verhoogt de macrostabiliteit doordat het ontstaan van diepe en/of ondiepe glijvlakken wordt verhinderd.

Aandachtspunten

Damwanden kunnen door heien, trillen of drukken op diepte worden gebracht. De wijze waarop de damwandplanken kunnen worden aangebracht en eventueel verwijderd is sterk afhankelijk van de bodemopbouw, de kwaliteit van de belendende bebouwing en de wijze waarop deze is gefundeerd, de aanwezigheid van kabels en leidingen en de bereikbaarheid van de locatie voor bouw materieel.

Het fluïderen met grote debieten bij de installatie van damwanden wordt afgeraden, omdat dit tot een te forse reductie van de conusweerstand kan leiden. Dit zou zowel de draagkracht van funderingen als de damwand kunnen verminderen.

Damwandplanken kunnen worden uitgevoerd als U-profiel of als Z-profiel. Een U-profiel is als losse plank vormvaster dan een Z-profiel en kan daarom eenvoudiger op diepte worden gebracht. Als tijdens uitvoering wordt besloten om een wand van U-profielen toe te passen in plaats van Z-profielen, dan moet echter rekening wordt gehouden met scheve buiging. Dit betekent dat een hogere buigstijfheid nodig is dan bij een gelijkwaardig Z-profiel.

Koudgewalste damwandprofielen kunnen economisch voordeliger zijn dan warmgewalste damwandprofielen. Nadelen zijn de slechtere slotafdichting, het brossere bezwijkgedrag en de grotere gevoeligheid voor corrosie [Van Ens et al, 2014].

De ankerkoppen moeten onder een hoek scharnierend aan de damwand worden bevestigd. Ook dient voldoende ruimte te worden gecreëerd voor het doorbuigen van de ankerstang waar deze door de damwand wordt geleid, om hoge spanningsconcentraties ofwel breuk van de ankerstaaf te voorkomen [Larsen et al, 2016 en 2018].

Door holle ruimtes langs ankerstangen kan kwel optreden. Om het kwelrisico te beperken wordt aanbevolen om de onderste 1 tot 2 m van de holocene lagen af te dichten langs de ankerstaaf. Een volledige afdichting van grout langs de ankerstaaf wordt afgeraden, want dit vergroot de ankerdiameter waardoor de ankers zwaarder worden belast door zakkende grond. De afdichting kan ook worden gerealiseerd door bijvoorbeeld te injecteren met bentoniet vanaf de bovenkant van het zand. De doorlatendheid van het afdichtende materiaal dient in overeenstemming te worden gebracht met die van de cohesieve grondlagen.

Ruimtebeslag

Voor het installeren van damwanden in de teen is voldoende werkbreedte nodig, mede omdat er veelal een tijdelijke sleuf moet worden gegraven t.b.v. het aanbrengen van gordingen en ankers en het omleggen van kabels en leidingen. De omvang van de sleuf kan worden beperkt door toepassing van steile taluds, mits de uitvoeringsstabiliteit wordt gewaarborgd en er een calamiteitenplan is voor afdichting van de sleuf tijdens hoogwater.

De groutankers dienen zodanig (in principe grondverdringend) te worden geïnstalleerd dat geen nadelige gevolgen optreden voor de belendingen.

Omgevingsbeïnvloeding

Trillingen kunnen worden beperkt met een hoogfrequent heiblok met een variabel moment of door damwanden te drukken. Keerzijden van dit soort maatregelen zijn dat het duurder is en dat een damwand mogelijk niet voldoende op diepte kan worden gebracht. Bovendien moet dit materieel tijdig worden gereserveerd en is het niet geschikt voor elk planktype.

Het lijkt er op dat bebouwing op palen vooral gevoelig is voor trillingen op grotere diepte via de pleistocene zandlaag en dat bebouwing op staal beïnvloed wordt door bij het begin van de installatie opgewekte trillingen in ondiepe klei- en veenlagen. Er worden in het algemeen vooral overschrijdingen van de trillingsnorm gemeten bij installatie van damwanden in de teen nabij bebouwing op palen en bij installatie van damwanden in de kruin nabij huizen op staal.

Wanneer de damwand drukkend niet verder meer op diepte kan worden gebracht, bijvoorbeeld door het bereiken van het vaste zandpakket, kan weer worden overgegaan op trillen. Dit is een pragmatische oplossing, omdat trillingen op grote diepte veelal minder trillingsoverschrijdingen veroorzaken.

Monitoring en opleveringscontrole

Bij de keuring van damwanden dient te worden gelet op type, aantal, afmetingen, staalkwaliteit, of het om nieuwe of hergebruikte planken gaat en of profielen koud- of warmgewalst zijn.

De draagkracht (uittrekkkracht) van de groutankers dient te worden gecontroleerd met behulp van controleproeven en/of langeduur proeven.

Conform CUR 166 [Dekker et al, 2012] dienen op minimaal 10% van de ankers lange duurproeven te worden gedaan. Bij het uitvoeren van de proeven dient rekening te worden gehouden met het ontbreken van de hoge waterspanningen tijdens de hoog waterbelasting. De testbelasting dient daardoor te worden vergroot.

Controle op uit het slot lopen van damwanden is nodig tijdens uitvoering vanwege de benodigde krachtsverdeling in langsrichting in de constructie. Als de waterdichtheid niet van belang is, dan heeft lokaal uit het slot lopen van damwanden geen gevolgen.

Volgens de uitvoeringsnorm NEN-EN 1537 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – groutankers" mag een afwijking in positie aan maaiveld van + 75 mm worden aangehouden en een afwijking in boorricting van 2%.

Trends en ontwikkelingen

Damwandleveranciers ontwikkelen steeds nieuwe typen profielen. Een trend daarbij is dat de plankbreedte groter wordt om materiaal te besparen. Dit stelt steeds hogere eisen aan de uitvoering.

Door toepassing van de resonantietechniek bij het trillend installeren van damwanden kan de trilling in omliggende grond aanzienlijk worden beperkt. Dit werkt echter nog niet in alle grondtypen, mede omdat een resonerende plank in het midden niet beweegt. Daarnaast produceert deze techniek relatief veel geluid. Het fluïderen onder hogedruk met een klein debiet is een relatief nieuwe werkwijze, die volgens sommigen tot goede resultaten leidt. Hierover is echter geen literatuur beschikbaar.

Praktijkvoorbeelden Zuiderdijk van Drechterland, o.a. Oosterleek en Broekerhaven (2009).
Dijkversterking Nederlek (2010).
Lekdijk Bergambacht – Ammerstol – Schoonhoven (2014).
Lekdijk Kinderdijk – Schoonhoven (2015).

Literatuur [Dekker et al, 2012]
 [Larsen et al, 2018]

Kwelscherm



Grond- en waterdicht scherm dat wordt gebruikt om onder- en achterloopsheid te voorkomen. Een kwelscherm heeft niet per definitie een stabiliserende functie, maar dit kan wel. Deze schermen kunnen worden uitgevoerd in staal, maar ook in kunststof, hout en/of cement-bentoniet.

Algemene aandachtspunten voor stalen damwanden (zie bijbehorend factsheet) gelden ook voor stalen kwelschermen.

Algemene aandachtspunten voor diepwanden (zie afzonderlijk factsheet) gelden ook grotendeels voor cement-bentonietwanden.

Aandachtspunten

Waterondoorlatendheid is van belang. Voor het functioneren van het kwelscherm is het essentieel, dat alle onderdelen minimaal tot de ontwerpdiepte worden aangebracht. Hierin verschilt een kwelscherm van een constructief scherm.

Technieken om de waterondoorlatendheid te garanderen, bijvoorbeeld slotverklikkers, kunnen zinvol zijn. Daarnaast dient de aansluiting met waterondoorlatende grondlagen te worden gegarandeerd.

Bij tussenzandlagen is het voldoende om alleen daar een damwand over de volle breedte te verkrijgen. Opzetstukken om het kwelscherm op de gewenste diepte te krijgen, kunnen worden hergebruikt.

Voor de waterondoorlatendheid zou een relatief licht scherm volstaan. Voor het onbeschadigd op diepte krijgen, kan een zwaarder profiel nuttig zijn.

Een cement-bentonietwand wordt gegraven met een zware draadknipper, die door haar specifieke vorm de verticaliteit van de ontgraving waarborgt. Tijdens het graven is de sleuf gevuld met een steunvloeistof - een mengsel van cement, bentoniet, water en hulpstoffen - om de stabiliteit van de sleuf te waarborgen. De steunvloeistof is permanent en zal na verloop van tijd verharden.

Een cement-bentonietwand kan, als de vloeistof nog niet is uitgehard, worden voorzien van een HDPE-folie of damwand om te zorgen voor een extra garantie van de waterdichtheid. Aandachtspunten hierbij zijn:

- De reologische eigenschappen van het cement-bentonietmengsel moeten hierop zijn afgestemd.
- De planken of folie moeten na plaatsing een aaneengesloten, waterdicht geheel vormen. Hulpconstructies zijn nodig voor een vlakke plaatsing en een juiste diepteafstelling.
- Intrillen van de planken of folie kan de sleufstabiliteit aantasten of (bij folie) door warmte-ontwikkeling de slotafdichting in gevaar brengen.

Ruimtebeslag

Daar de palen worden geïnstalleerd met behulp van een, in het algemeen, zware boorstelling van wel 90 ton of meer, dient deze bovenbelasting over een groter oppervlak gespreid te worden. Bijvoorbeeld met draglineschotten, al of niet in twee richtingen. De minimaal benodigde werkruimte voor de boorstelling is 10 à 12 m.

Het materieel om de palen te maken is veelal iets compacter dan een damwandstelling.

Omgevingsbeïnvloeding

Een kwelscherm vormt een barrière voor de grondwaterstroming. Dit kan leiden tot grondwaterstandsverandering. Bij kwetsbare objecten kan hierdoor schade ontstaan.

Trends en ontwikkelingen

Een verticaal zanddicht geotextiel kan bij een pipingrisico een goedkoop alternatief zijn voor een kwelscherm (zie afzonderlijk factsheet).

Praktijkvoorbeelden

Stalen kwelscherm: Dijkversterking Medemblik – Enkhuizen (2001).
Cement-bentonietscherm: Dijkverlegging Hondsbroekse Pleij (2012).

Literatuur

[Calle et al, 1999]
[Anoniem, 2002/2005]

Palenwand



Een palenwand is een (veelal) verankerde wand van losstaande boorpalen, die aan de bovenkant met een deksloof worden verbonden. Extra hechting met de grond kan worden verkregen met een groutprop. Het grondwaterregime wordt nauwelijks beïnvloed, doordat het een open wand is. Deze oplossing verhoogt de macrostabiliteit doordat ontwikkeling van diepe en/of ondiepe glijvlakken worden verhinderd.

Een palenwand kan bestaan uit meerdere systemen, bijvoorbeeld stalen buispalen of betonpalen die ontstaan na het trekken van een stalen casing.

Aandachtspunten

Bij in den droge boren met een casing kan de grond onderin opbarsten door opwaartse waterdruk vanuit een watervoerende zandlaag. Dit moet worden voorkomen, omdat dit kan leiden tot ontspanning van zandlagen en een verminderde draagkracht. Daarom moet in zo'n geval vooraf met een evenwichtsbeschouwing worden bepaald hoe diep in den droge kan worden geboord.

Bij in den natte boren moet afgewogen worden of de boorbuis met water gevuld kan worden of dat een bentoniet suspensie nodig is. Dit hangt er met name vanaf of er een verschil heerst tussen het installatieniveau en de stijghoogte in de bewuste zandlagen.

Het 'fietspompeffect' moet worden voorkomen. Dit houdt in dat onderdruk bij het in den natte heen en weer bewegen van de boorbuis moet worden vermeden. Dit kan namelijk leiden tot aanzuigen van zand. Hierdoor reduceert niet alleen de conusweerstand, ook zal het betonverbruik veel hoger liggen dan voorzien. De gecreëerde ruimte moet immers weer opgevuld worden met beton. Om dit te voorkomen, worden de afmeting van de hulpcasing en de bucket op elkaar afgestemd en veelal zitten er gaten in de bucket waar het water door kan stromen tijdens het op en neer halen. Aandachtspunt is wel om te controleren dat de gaten ook openblijven; met name vette klei kan de gaten verstoppen.

Afhankelijk van het paaltype, kunnen tijdelijk en lokaal ter plaatse van de paal, wateroverspanningen optreden (bijvoorbeeld door overconsumptie van beton). Door steeds één of meerdere palen tijdens de uitvoering over te slaan, wordt enerzijds bereikt dat de tijdelijk zwakke plek in de dijk over een voldoende groot dijkvak kan worden gespreid en anderzijds dat reeds gemaakte palen voldoende opgesteven zijn en wateroverspanningen gedissipeerd zijn, alvorens een naastgelegen paal gemaakt zal gaan worden.

De snelheid van het trekken van de hulpcasing, dient goed afgestemd te zijn op de betonaanvoer en pompcapaciteit om te voorkomen dat de casing boven het betonniveau komt en het boorgat inzakt. Obstakels in de bodem worden doorboord.

Ruimtebeslag

Daar de palen worden geïnstalleerd met behulp van een, in het algemeen, zware boorstelling van wel 90 ton of meer, dient deze bovenbelasting over een groter oppervlak gespreid te worden. Bijvoorbeeld met draglineschotten, al of niet in twee richtingen. De minimaal benodigde werkruimte voor de boorstelling is 10 à 12 m.

Het materieel om de palen te maken is veelal iets compacter dan een damwandstelling.

Omgevingsbeïnvloeding

Bij grondverdringende palen zullen er grondvervormingen optreden door opspanning van grond. Nabije belendingen kunnen hier schade van ondervinden. De installatie van de palen kan daarnaast worden bemoeilijkt, omdat er wrijving ontstaat tussen paal en opgespannen grond. Bij grondverwijderende palen kan kwel langs de palen tijdens uitvoering tot schade en overlast leiden.

De methode is trillingsvrij.

Monitoring en opleveringscontrole

Een indicatie voor de plaatsingstolerantie is een paalkopafwijking van 50 à 70 mm in alle richtingen, en een scheefstand met de verticaal van 1:100.

Trends en ontwikkelingen

De techniek is nog maar een beperkt aantal keren in dijken toegepast en wordt nog verfijnd.

Praktijkvoorbeelden

Lekdijk Ammerstol, gestopt i.v.m. schade aan belendingen door grondverdringing (2013).
Lekdijk Kinderdijk – Schoonhoven, grondverwijderende palen (2015).

Literatuur

[Van Leeuwen en Braeckman, 2015]
[Larsen et al, 2016 en 2018]

Diepwand



Een diepwand is een in de grond gevormde gewapende betonnen wand. Daartoe wordt eerst met een kraan met een grote grijper een sleuf gegraven. Deze wordt voorafgaand aan de betonstort opgehouden met een bentonietvulling.

Een diepwand werkt veelal als een zelfstandige kering en wordt daarom in het algemeen onverankerd in de kruin aangebracht.

Een vrijstaand diepwandpaneel heet een barette.

Aandachtspunten

Tijdens de uitvoering dient zorg te worden gedragen voor de sleufstabiliteit, de stabiliteit van taluds naast de sleuf en aan- en afvoer van grond en ander materiaal.

(Geactiveerde) bentoniet kan in diverse kwaliteiten worden verkregen. De keuze zal mede worden bepaald op basis van de grondgesteldheid. Met name zouten en veenzuren, maar ook niet-colloïdaal in de grond aanwezige verontreinigingen kunnen de benodigde eigenschappen van de bentonietsuspensie nadelig beïnvloeden. Versterking van zeedijken met diepwanden vergt bijzonder aandacht, omdat zout water het zwelvermogen van bentoniet beperkt en kan leiden tot vlokvorming. Afhankelijk van het aanwezige zoutgehalte kunnen maatregelen nodig zijn, zoals aanmaken van het mengsel met leidingwater.

Er dient rekening te worden gehouden met de risico's voor het kunnen ontstaan van een plotseling verlies van de steunvloeistof (bentoniet), door de aanwezigheid van zeer waterdoorlatende lagen of bentonietverlies via oude leidingen. Bijzondere aandacht dient uit te gaan naar historische materialen die zich typisch in dijken kunnen bevinden, bijvoorbeeld oude taludbekledingen die zijn achtergebleven na historische verbredingen of verzwaringen van de dijk.

Ruimtebeslag

Voor het aanbrengen van diepwanden is minimaal circa 12 m werkbreedte nodig, waarvan 8 m in verband met de zware kraan (inclusief draaicirkel) en 4 m in verband met de aanleg van L-vormige geleidemuuren. Uit praktische overwegingen kan meer ruimte gewenst zijn voor de passeerbaarheid voor wandelaars en fietsers, aan- en afvoer van betonwagens en het plaatsen van hulpstellingen. Het positioneren van de kraan in het verlengde van de diepwand in plaats van ernaast zou beperkte ruimte kunnen schelen, maar is logistiek zeer complex.

In de buurt van de diepwand moet ruimte van minimaal 800 m² beschikbaar te zijn voor een werkterrein met bentonietcentrale.

Om voldoende steundruk voor het bentoniet in de sleuf te krijgen of om een diepwand aan de buitenkant van de kruin te realiseren, kan een tijdelijke kruinverbreding nodig zijn ter voorkoming van horizontaal openbarsten van de diepwandsleuf.

Omgevingsbeïnvloeding

Bij het graven van diepwandsleuven langs belendingen kan er schade ontstaan door vervormingen. Dit risico kan worden beperkt door lokaal de sleuflengte te verkleinen, zodat optimaal van de gewelfwerking gebruik kan worden gemaakt. Daarnaast dienen sleuven zo snel mogelijk na ontgraven te worden volgestort met beton.

Na het storten moet een diepwand altijd aan de bovenkant worden afgewerkt door het daar aanwezige slechte beton en de hijsogen te verwijderen en te vervangen door een betonnen deksloof. Dit kan leiden tot geluids- en trillingshinder. Verder kan er beperkte geluids- en trillingshinder ontstaan door de aan- en afvoer van vrachtwagens met beton of grondtransport, het verplaatsen van zwaar equipment, het leegstorten van een volle grijper boven een opvangbak en door toepassing van een beitel binnen een sleuf om obstakels te verwijderen.

Een diepwand kan leiden tot een barrière voor de grondwaterstroming en in sommige gevallen is dit ook de bedoeling. Dit kan leiden tot grondwaterstandsverandering. Bij kwetsbare objecten kan hierdoor schade ontstaan. Barrièrewerking kan worden beperkt door de diepwandpanelen niet aanéénsluitend te maken (diepwandbaretten).

Monitoring en opleveringscontrole

De kwaliteit van het beton en bentoniet moet continu worden gemonitord. Diepte, verticaliteit en voegafdichting van de diepwand moeten worden gecontroleerd.

Een diepwand in een dijk wordt na afloop niet vrijgegraven zoals een bouwput. Dit heeft als nadeel dat grindnesten, beperkte dekking van de wapening e.d. niet opvallen. De opleveringcontrole moet dus al plaats vinden tijdens het storten van beton en installatie van de wapeningkorven.

Trends en ontwikkelingen

Controletechnieken om de integriteit tussen opeenvolgende diepwandpanelen te beoordelen worden steeds verfijnder. Er zijn goede ervaringen met akoestische metingen en temperatuurmetingen met glasvezelkabels.

In 2018 wordt er een nieuwe versie van het Handboek Diepwanden verwacht.

Praktijkvoorbeelden Hardinxveld-Giessendam (1998).
Dijkversterking Nederlek (2010).
Lekdijk Bergambacht – Ammerstol – Schoonhoven (2014).
Lekdijk Kinderdijk – Schoonhoven (2015).

Literatuur [Bakker et al, 2004]
[Van Dalen et al, 2010]
[Anoniem, 2010]
[Jonker et al, 2010]

Kistdam



Een kistdam bestaat uit twee damwanden, verbonden door ankers, waarbij de tussenruimte bestaat uit grond / dijkmateriaal. Een kistdam werkt veelal als een zelfstandige kering.

De aandachtspunten voor damwanden gelden ook voor kistdammen. Hieronder wordt volstaan met de voor kistdammen specifieke aspecten.

Aandachtspunten

Een kistdam wordt in de kruin van de dijk gemaakt. Het is lastiger om damwanden in de kruin van de dijk te installeren, dan in de teen, omdat de kruin door uitdroging, voorbelasting en obstakels veelal harder is.

Doorvoer van kabels en leidingen is bij kistdammen complex.

Ruimtebeslag

De gordingen dienen aan de buitenzijde van de kistdam te worden aangebracht. Dit bepaalt de breedte van de totale ontgraving. Aanbevolen wordt om de ankerstangen vanaf de buitenkant aan te brengen. Hiervoor is weliswaar een ontgraving nodig, maar dit werkt beter dan vanaf de binnenkant door de beperkt beschikbare ruimte tussen de wanden.

Voor het aanbrengen van damwanden is een strookbreedte van 10 à 12 m nodig.

Omgevingsbeïnvloeding

De keuze voor een kistdam volgt veelal uit ruimtegebrek aan beide zijden van de dijk. Dat betekent dat er veelal sprake is van belendingen. Deze dienen bestand te zijn tegen de trillingen door installatie van damwanden en grondvervorming en door ontgravingen.

Door ontgraving tussen de damwanden kan een ontspanning van grond ontstaan. Dit kan leiden tot grondvervormingen bij belendingen.

Monitoring en opleveringscontrole

Zie damwanden.

Trends en ontwikkelingen

Zie damwanden.

Praktijkvoorbeelden Hardinxveld-Giessendam (2001).
Dijkversterking Nederlek (2010).

Literatuur [Bakker et al, 2004]

Vernageling



Vernageling kan worden toegepast om de macrostabiliteit van dijktaluds te vergroten. Er zijn momenteel twee technieken beschikbaar: dijkvernageling en de JLD-dijkstabilisator.

Bij dijkvernageling worden nagels met een kern van staal of kunststof in de dijk geplaatst met behulp van een boorbuis. De kern is omhuld met een schil van grout (cement en water), die zorgt voor een goede hechting tussen de nagels en de grond in de dijk. De nagels worden vlak onder maaiveld (talud) afgewerkt met een facing van een geotextiel en een kopplaat.

De JLD-dijkstabilisator is een andere methode waarbij een flexibele kunststof trekstang en een kunststof element in de dijk worden geplaatst. Deze brengen krachten over naar een kopplaat vlak onder maaiveld en een klapanker in de vaste zandlaag. Het geheel wordt voorgespannen.

Aandachtspunten

Verschillen tussen dijkvernageling en de JLD-dijkstabilisator zijn:

- Bij een dijkvernageling wordt grout toegepast. Bij de JLD-dijkstabilisator worden geen grout of andere vloeistoffen gebruikt.
- Bij een dijkvernageling wordt een dicht net aan nagels aangebracht. JLD-dijkstabilisatoren worden in principe in één enkele rij toegepast, maar indien noodzakelijk kunnen dit meerdere rijen zijn.
- Dijkvernageling wordt op de juiste positie gehouden door middel van een getande fixatie aan het einde van het nagelement. Als extra fixatie wordt de nagel door de groutslang van onderuit gevuld met grout. Bij de JLD-dijkstabilisator wordt een klapanker toegepast.
- Dijkvernageling wordt alleen gefixeerd, de JLD-dijkstabilisator wordt daarnaast ook voorgespannen.

Het volgende materieel is nodig:

- Een funderingsmachine met makelaar ten behoeve van het boren of plaatsen.
- Een hydraulische graafkraan met een adapter om elementen te kunnen oppakken en de nagels of ankers te kunnen invoeren.
- Een hydraulische graafkraan met een adapter om nagels of ankers te kunnen testen en op voorspanning te kunnen brengen.
- Alleen bij dijkvernageling: een groutcentrale voor het mengen en verpompen van cementgrout om nagels te verbinden aan het groutlichaam.

Beide technieken brengen veel elementen in de grond en zijn minder geschikt bij mogelijke aanwezigheid van niet-gesprongen explosieven.

<p>Specifieke aandachtspunten bij dijkvernageling:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Om bij dijkvernageling het plaatsen van de facing en de spanplaten te bespoedigen wordt de bovenste 1,5 meter van de nagel uitgespoeld. Hierna worden de glasvezel-strips over deze 1,5 meter licht naar buiten gebogen, zodat de positie van de strips overeenkomt met de sparingen in de spanplaten. • Bij het project met dijkvernageling in Vianen is een gemiddelde dagproductie gehaald van 10 nagels per dag. • De nagels bestaan deels uit glasvezels. Deze zijn gedurende de opslag vrij gevoelig voor schade. Tevens is het materiaal gevoelig voor UV licht. Langdurige blootstelling aan zonlicht (langer dan enkele dagen) dient vermeden te worden door het materiaal bijvoorbeeld af te dekken met een zeil of doek. Deels worden basaltvezelmaterialen toegepast, die ongevoelig zijn voor UV-licht. <p>Specifieke aandachtspunten JLD-dijkstabilisator:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De ankers kunnen indien gewenst worden nagespannen om de opgegeven voorspanning te beheersen. Het grondpakket onder de afspanplaat kan indien gewenst door middel van grondverbetering worden versterkt. • Producties tot 30 stuk per dag zijn mogelijk. 	
<p>Ruimtebeslag De vernageling is met klein materieel aan te brengen. De stangen kunnen flexibel worden uitgevoerd, zodat deze op rol aan te voeren zijn. Plaatsing in klein ruimtebeslag is daarmee mogelijk.</p>	
<p>Omgevingsbeïnvloeding De methode is geluids- en trillingsarm.</p>	
<p>Monitoring en opleveringscontrole Tijdens het plaatsen dienen de installatielocaties, de optredende krachten, hoeveelheden en afwijkingen te worden geregistreerd. Na oplevering van dijkvernageling dienen er lange duur controleproeven te worden uitgevoerd op een gedeelte van de nagels om de houdkracht te verifiëren. Daarnaast kan worden overwogen om enkele bezwijkproeven uit te voeren op proefnagels. Bij de JLD-dijkstabilisator worden standaard volgens een spanprotocol op alle ankers controleproeven uitgevoerd. De ankers worden onder de vooraf beschouwde voorspanning weggezet en deze spanning wordt vervolgens gemonitord.</p>	
<p>Trends en ontwikkelingen De werking van dijkvernageling kan worden aangetoond tijdens de hoogwatersituatie. In Vianen worden glasvezelsensoren toegepast om de rekken en vervormingen langs de nagels te meten. De werking van de JLD-Dijkstabilisator kan langdurig draadloos worden gemonitord door middel van de geïntegreerde loadcellen en de bijbehorende applicatie.</p>	
Praktijkvoorbeelden	<p>Lekdijk bij Vianen, dijkvernageling (2015). "Baanstee" Purmerend, JLD-dijkstabilisator (2014 - 2015). Ringdijk Watergraafsmeer, JLD-dijkstabilisator (2018).</p>
Literatuur	<p>[Bizarri et al, 2007] [Bart et al, 2018] [Havinga et al, 2016] [Peters en Sluis, 2014]</p>

Dijkdeuvels



Dijkdeuvels zijn zware stalen deuvilstangen (ankerstangen) omhuld met grout die door het kritieke afschuifvlak van een dijk worden gestoken tot in de onderliggende draagkrachtige ondergrond. Dijkdeuvels werken samen met de grond en vergroten op effectieve wijze de weerstand van het afschuifvlak en daarmee de sterkte van de dijk. Hierdoor wordt de macrostabiliteit vergroot.

Dijkdeuvels worden met een boorstelling aangebracht. Het boorsysteem bestaat uit een 2-tal (boor)buizen die tegelijkertijd ingeboord worden (binnen- en buitencasing). Nadat de boring op diepte is gekomen, wordt de boring vanaf de onderzijde via de binnencasing (tijdens het trekken hiervan) gevuld met grout. Dit geschiedt onder atmosferische druk. Vervolgens wordt, voordat het grout is uitgehard, de deuvilstang geplaatst en de buitencasing draaiend getrokken. Door het draaiend trekken neemt de boor geen grond mee en de ruimte die ontstaat door het trekken van de buitencasing (dikte boorbuis) wordt direct opgevuld met grout. Op deze wijze worden de dijkdeuvels over de gehele lengte voorzien van een groutlichaam.

Aandachtspunten

Dijkdeuvels worden vanaf de kruin aangebracht. De werking is optimaal onder een hoek van circa 30 graden met de verticaal (onderkant wijst richting achterland).

De boorbuizen worden in segmenten van 2 meter lengte aan elkaar gekoppeld tot de juiste inboordiepte is bereikt. Dankzij de modulaire opbouw is uitbreiding in de toekomst mogelijk, bijvoorbeeld in het geval dijken verder verzwaaard dienen te worden vanwege waterstandsverhoging.

Het spoelwater met losgeboord bodemmateriaal (retourspoeling) wordt tussen de binnen- en buitencasing naar het maaiveld opgepompt en in een container opgevangen. Het spoelwater wordt opgevangen en hergebruikt tijdens het boren nadat het bodemmateriaal is bezonken.

Ruimtebeslag

Deze dijkversterkingsmaatregel kan worden toegepast op plaatsen met een beperkte werkruimte. Dijkdeuvels worden vanaf de kruin aangebracht en liggen geheel binnen het bestaande dijkprofiel. Er zijn geen ingrepen in de kruin, het talud of de teen van de dijk nodig. Na uitvoering van de werkzaamheden worden de dijkdeuvels onzichtbaar onder het maaiveld afgewerkt.

Mede doordat de dijkdeuvels aangebracht worden met een compacte boormachine is het mogelijk om een eventueel aanwezige weg tijdens de uitvoering open te houden voor verkeer.

Omgevingsbeïnvloeding

De hinder naar de omgeving tijdens de werkzaamheden is beperkt. Het aanbrengen van dijkdeuvels is trillingsarm en geeft ook nauwelijks geluids- en/of stofoverlast. Zeer beperkte grondvervormingen zijn mogelijk door verdringing grond en groutinfiltratie.

Doordat de deuvelstangen als losse prefabelementen worden aangevoerd en geïnstalleerd kunnen de dijkdeuvels met compact materieel aangebracht worden.

De dijkdeuvels vormen geen belemmering voor de grondwaterstroming. Vanwege het aanbrengen van de dijkdeuvels middels een verbuisde boortechiek zijn grondvervormingen tijdens en na de installatie zeer beperkt evenals verhoging van de waterspanning waardoor de uitvoeringsstabiliteit van de dijk gegarandeerd is.

Monitoring en opleveringscontrole

Voor, tijdens en na het aanbrengen van dijkdeuvels wordt het dijklichaam nauwkeurig gemonitord.

Tijdens installatie worden grouthoeveelheid en -kwaliteit, hellingshoek en indrukweerstand geregistreerd. Er dient te worden gelet op de koppeling tussen de elementen en plaatsing van de staaf in het midden van het vulmateriaal.

De kwaliteit van het groutmengsel dient te worden gecontroleerd en de stijfheid en de druksterkte dienen te worden beproefd conform de NEN-EN 12390-3 en NEN-EN 13791.

Door de ligging van de deuvelstang in verschillende fasen van de installatie van de dijkdeuvel te monitoren kan vastgesteld worden dat deze de minimaal benodigde groutdekking heeft. Tevens kan daarmee aangetoond worden dat de excentriciteit van de deuvelstang binnen de norm valt. Volgens [Larsen et al, 2016 en 2018] dient na inbrengen binnen mantelbuis, na trekken mantelbuis en 1 à 2 dagen later na verharden van het grout, te worden gemeten. In verband met de minimaal benodigde groutdekking dient de groutdekking van de aangebrachte dijkdeuvels minimaal gelijk te zijn aan 30 mm bij een levensduur van 50 jaar en 40 mm bij een levensduur van 100 jaar. Daarnaast dient met berekeningen te worden aangetoond dat de excentriciteit niet te groot is en de dwarskrachten kunnen worden opgenomen.

Bij eventuele afkeuring van dijkdeuvel, dient compensatie plaats te vinden. Dit kan door in de nabijheid hiervan een nieuw exemplaar te plaatsen.

Trends en ontwikkelingen

Dijkdeuvels werden in eerste instantie uitgerust met een expander, een kous van geotextiel die in de grond wordt gevuld met grout. Deze is komen te vervallen, omdat het te complex en kwetsbaar bleek.

Als verdere optimalisatie wordt onderzocht of de afzonderlijke prefab elementen in verlopende zwaartes (verjonging van de deuvelstang) kunnen worden uitgevoerd, rekening houdend met de variërende optredende krachten in de ondergrond.

Praktijkvoorbeelden Lekdijk bij Nieuw-Lekkerland (2009 en 2012).
Dijkversterking Hagestein – Opheusden (2016).

Literatuur [Larsen et al, 2018]

Ontlastbron



Een ontlastbron voert grondwater uit de dijk om zo te voorkomen dat er grondlagen worden opgedrukt of dat er instabiliteit optreedt. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van een regelmechanisme en/of een pomp.

Er zijn systemen, die de freatische lijn in het dijklichaam verlagen, bijvoorbeeld de DMC-buis, en systemen die de stijghoogte in water-voerende zandlagen verlagen, bijvoorbeeld de Waterontspanner.

Aandachtspunten

Een DMC-buis wordt gemaakt met een horizontaal gestuurde boring. Gebruikelijke technieken voor de aanleg van verticale ontlastbronnen zijn zuigboren / luchtliften en pulsboeren.

Voor een goede werking is het van belang, dat de ontlastbronnen nauwkeurig worden geplaatst in de zandkern of zandlaag. Dit vereist een zorgvuldige uitvoering, die gebaseerd is op een gedegen grondonderzoekscampagne. Tijdens de installatie van een ontlastbron komt er nieuwe informatie beschikbaar over de lokale bodemopbouw, die kan worden gebruikt om de volgende ontlastbron nauwkeuriger te plaatsen.

Ruimtebeslag

Voor het plaatsen van een ontlastbron is minimaal een ruimte van 3 x 3 m nodig, die bereikbaar moet zijn met een rupsvoertuig.

Na installatie blijft een regel- en/of afvoerunit over, die zodanig moet worden geplaatst, dat deze continu bereikbaar is.

Om schade aan bebouwing te voorkomen, geldt als veilige afstand tot bebouwing een vuistregel van tienmaal de diameter van het boorgat. Deze afstand bedraagt dan ongeveer vijf meter. In situaties waar de afstand tot naastgelegen objecten minder dan tienmaal het boorgat bedraagt, of daar waar de werkruimte beperkt is, kan van deze boormethode worden afgeweken door gebruik te maken van een casing (mantelbuis). De stalen casing fungeert dan als steun voor het boorgat.

Omgevingsbeïnvloeding

Wateroverlast kan door deze oplossing juist worden beperkt.

Monitoring en opleveringscontrole

Na oplevering dienen gegevens over de ontlastbron te worden opgenomen in een 'paspoort'. Deze gegevens betreffen bijvoorbeeld de boorstaat, de filterstelling, de ligging van leidingen en de dieptes.

Het is wenselijk om na aanleg de werking van het systeem te meten door middel van een testonttrekking, waarbij de afvoer en stijghoogte worden geregistreerd.

Na oplevering kan een opname plaatsvinden met een camera-inspectie. Daarbij kan materiaal worden gebruikt, dat ook voor rioolinspecties wordt gebruikt.

Trends en ontwikkelingen

De verschillende ontlastbrontechnieken zijn nog maar een beperkt aantal keren in dijken toegepast en worden nog verfijnd.

Praktijkvoorbeelden	Ontlaststelsels Jaarsveld (1999) en Opijnen (2001). DMC-buizen Ommelander Zeedijk (2013) en Veessen (2015). Waterontspanners Schoonhovense Veer - Langerak (2015).
Literatuur	[De Groot en Meuwese, 2017]

Geokunststoffen



Geokunststoffen kunnen in allerlei configuraties worden toegepast om een dijk te versterken:

- kraag- en zinkstukken, wiepen in combinatie met geotextiel als onderlaag van een steenbestorting;
- geotubes, met grond gevulde langwerpige zakken;
- gewapende grond, een gecombineerde constructie van aanvulmateriaal en geogrids en/of geotextielen welke laagsgewijs wordt opgebouwd om de macrostabiliteit te vergroten. Gewapende grond kan bijvoorbeeld worden afgewerkt met platen of schanskorven;
- verticaal grond dicht geotextiel om piping te voorkomen (zie apart factsheet).

Aandachtspunten

Afzonderlijke banen geotextiel dienen minimaal 5 m breed te zijn en mogen evenwijdig of haaks op de kruinlijn van het dijklichaam worden aangebracht. Bij een evenwijdige ligging van de banen moet de lager liggende baan over de hoger op het talud liggende baan worden gelegd. De onderliggende grond moet vrij zijn van materialen die het doek kunnen beschadigen. De overlap tussen twee banen geotextiel dient minimaal 0,50m te zijn. Bij haakse ligging van de banen worden vaak meerdere banen aan elkaar gestikt tot een totaal breedte van ca. 30m. Dit vergemakkelijkt het uitrollen tot grotere dieptes.

Voor aanvang van het werk dient er een legplantekening beschikbaar te zijn waarop per laag wordt aangegeven welk type geokunststof met welke lengte en met welke overlap wordt toegepast. Hierdoor is de controle van de bouw voor alle partijen (aannemer en opdrachtgever) goed te toetsen.

Voor gewapende grond is er een uitvoeringsrichtlijn, namelijk NEN 14475, waarin verdere aandachtspunten zijn weergegeven.

Geokunststoffen zijn tijdens uitvoering gevoelig voor vandalisme en schade door knaagdieren. Dit risico kan worden beperkt door tijdig verstevigingen met menggranulaat of gaas aan te brengen.

Ruimtebeslag

Gewapende grond en kabels en leidingen gaan niet makkelijk samen. De installatie van de kabels en leidingen moet worden meegenomen in de uitvoeringsplanning. Achteraf inbrengen leidt veelal tot schade van de bovenste of bovenste twee lagen.

Omgevingsbeïnvloeding

Deze is veelal beperkt, omdat met lichte materialen wordt gewerkt.

Monitoring en opleveringscontrole

De leverancier zorgt voor de benodigde certificaten bij leverantie. Het is belangrijk dat de geleverde sterkte van de geokunststof gelijk aan of groter is dan de sterkte waarmee in het ontwerp is gerekend. Bij een geotextiel moet het openingspercentage kloppen.

Trends en ontwikkelingen

Bentonietmatten bestaan uit twee lagen geotextiel met daartussen een laag bentoniet. Deze worden toegepast om waterafdichtende lagen te realiseren. Bij het waterdicht maken van dijken zouden ze ook een meerwaarde kunnen hebben.

Praktijkvoorbeelden

Geotubes en kraag- en zinkstukken: Zuiderdijk van Drechterland (2009).
Gewapende grondconstructie: Dijkversterkingen Commewijne, Suriname (2014).
Gewapende grond in kruinverhoging: Lekdijk bij Nieuw-Lekkerland (2017).

Literatuur

[Besseling en Ekkelenkamp, 2017]

[Voskamp et al, 2017]

[Koopmans et al, 2018]

Verticaal Zanddicht Geotextiel



Maatregel tegen piping, waarbij een geotextiel verticaal in de grond wordt geïnstalleerd. Piping wordt voorkomen doordat er geen zand door het geotextiel kan dringen. Het voordeel ten opzichte van een kwelscherm is dat deze oplossing waterdoorlatend is waardoor het grondwaterregime nauwelijks wordt beïnvloed.

Er worden twee verschillende aanlegmethodes toegepast: de wegdrukkemethode en de grondfreesmethode. De wegdrukkemethode is een verticale inbrengtechniek waarbij het geotextiel met een frame de grond wordt ingedrukt. De grondfreesmethode is een horizontale inbrengtechniek met een diepfrees of kettinggraver.

Aandachtspunten

Beide technieken hebben eigen voordelen. De grondfreesmethode is geschikt om een hoge productie te halen bij een inbrengdiepte tot circa 8 m, tenzij grotere duurdere frezen uit het buitenland worden gemobiliseerd.

De wegdrukkemethode heeft voordelen bij maatwerk, zoals bij bomen en opritten e.d. maar heeft een beperkte productie. De grondfreesmethode kan makkelijker dieper.

Het herstel van de overgang zandkleilaag is belangrijk. Het geotextiel zit enkele meters diep en het is heel belangrijk dat de lagen zandklei weer goed worden teruggebracht en worden verdicht.

Het geotextiel moet schoon en heel worden aangebracht. Het mag niet scheuren en niet dicht gesmeerd raken. De methode werkt daardoor slecht bij obstakels in de ondergrond.

Ruimtebeslag

Voor de wegdrukkemethode is alleen de ruimte voor de kraan nodig. Voor de grondfreesmethode is binnendijks een horizontale werkstrook van 4 à 5 m nodig. Deze kan na afronding met een gewenste geometrie worden afgewerkt ten behoeve van afwatering en stabiliteit.

Omgevingsbeïnvloeding

Beperkt.

Monitoring en opleveringscontrole

Tijdens uitvoering dienen de verbruikte hoeveelheden (zand, klei, geotextiel, etc.) en relevante machineparameters (vermogen, drukken, toerentallen, etc.) te worden geregistreerd.

De diepte van het geotextiel kan worden gemeten door de lengte te bepalen van stalen 'pezen' die in het doek zitten. Verder wordt er gewerkt met waterspanningsmeters en (alleen bij de grondfreesmethode) met temperatuurmeting van opgewarmde kabels.

Trends en ontwikkelingen

De grofzand barrière is een concept waarbij fijn zand in een sleuf wordt vervangen door grof zand. Zodoende ontstaat ook een verticaal zanddicht, waterdoorlatend scherm. Er wordt dan echter geen geotextiel toegepast.

De monitoringstechnieken, bijvoorbeeld ter meting van verstopping en afwijkingen, worden verder nog ontwikkeld binnen projecten.

Praktijkvoorbeelden Dijkversterking Hagestein – Opheusden (2015).

Literatuur [Taal, 2017]

Soilmixwand



Door middel van mixers wordt een bindmiddel met de grond vermengd. De grond verkrijgt hierdoor een hogere sterkte en/of een lagere doorlatendheid. Hiermee kan de macrostabiliteit en/of de weerstand tegen piping worden vergroot.

Er zijn meerdere types mixer in omloop. Het bindmiddel wordt gevormd door cement en bentoniet. Afhankelijk van het doel en de ondergrond wordt een andere mengsamenstelling gekozen. Het bindmiddel kan met lucht worden toegevoegd (droge methode) of met water (natte methode). Mechanische menging kan worden aangevuld met hydraulische menging (jet grouten).

Aandachtspunten

Pas op voor blow out bij droge bodem of geringe gronddekking.

Toevoeging van water geeft een betere kwaliteit van gemixt materiaal, maar heeft als bij-effect dat er tijdens uitvoering meer slurry vrijkomt.

Het aanleggen van soilmixwanden in veenlagen is lastig.

Ruimtebeslag

Versterking van talud is mogelijk via grijp-arm vanaf weg.

Omgevingsbeïnvloeding

Er kunnen grondvervormingen ontstaan door wateroverspanningen als gevolg van te grote lucht- of watertoevoeging.

Trillingen zijn beperkt.

Monitoring en opleveringscontrole

Controle van sterkte achteraf is nodig na 7 en 28 dagen uitharden, omdat kwaliteit afhankelijk is van zorgvuldigheid van uitvoering:

- Pull Out Resistance Test (PORT): is in feite een omgekeerde sondering.
- Indrukken van KPS-element.
- Vrije prismaproef, triaxiaalproef of directe schuifproef op monster uit verharde kolom.

Het aanleggen van een ijkveld wordt aanbevolen, omdat hieruit proefkolommen kunnen worden gehaald voor sterktetesten en controle op insluitingen met grond.

Trends en ontwikkelingen

Bij de Hollandse IJsseldijk in Gouda (project VIJG) worden soilmixwanden met losse panelen toegepast.

Praktijkvoorbeelden Dijkversterking Meerbad, Abcoude (2007).
 Hondsbroeksche Pleij (2009).

Literatuur [Huybrechts en Denies, 2017]
 [Anoniem, 2005]
 [Larsen et al, 2016]

Grondstabilisatie



Methode van grondverbetering waarbij slappe lagen tot circa 7 m diep worden versterkt door het toevoegen van bindmiddelen. Hiermee wordt de macrostabiliteit vergroot en worden zettingen beperkt. Het voordeel is dat er weinig materiaalverzet is, waardoor het gepaard gaat met een relatief lage CO₂-uitstoot.

De verschillen met soilmixwanden zijn dat er grotere volumes worden bewerkt en dat er per volume-eenheid minder bindmiddel wordt toegepast.

Het bindmiddel kan in droge vorm of als slurry met de grond worden gemengd en diep of ondiep worden aangebracht. Dit is afhankelijk van de toepassing.

Aandachtspunten

De uitvoeringsproductie varieert tussen 50 à 100 m³/uur. De druksterkte heeft circa 4 weken de tijd nodig om te ontwikkelen in verband met de geleidelijke uitharding van het bindmiddel.

We onderscheiden twee soorten grondbehandeling bij een chemische-fysische stabilisatie:

- Grond- en structuurverbetering: bij deze vorm van bodemverbetering is het voornaamste doel vocht afdrijven uit gronddeeltjes en verbetering van de (klei-)structuur. Hierbij wordt veelal gebruik gemaakt van kalk.
- Constructieve stabilisatie: bij deze vorm van bodemverbetering wordt met name cement aan de bodem toegevoegd, al dan niet gecombineerd met hulpstoffen.

De keuze van techniek en bindmiddel is project- en locatie afhankelijk, alsmede van de technieken en materieel die voorhanden zijn. Deze wordt naast het doel van de toepassing sterk bepaald door de te stabiliseren grondlagen (klei, veen of slib) en de fysische en chemische samenstelling van deze lagen en het aanwezige grondwater.

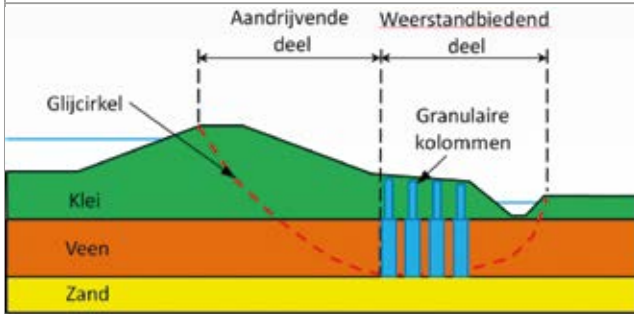
De grondbehandeling kan ondiep of diep worden uitgevoerd:

- Ondiepe grondstabilisatie: Bij een ondiepe stabilisatie wordt de grond met een freesmachine in stroken met het bindmiddel gemengd. Ook kan de grond (of afvalstoffen) op het werk in menginstallaties of vanaf de fabriek worden opgemengd tot het gewenste eindproduct en in het werk worden verwerkt. De toepassing richt zich vooral op het versterken van de ondergrond om de fundering onder verhardingen van wegen of taluds te verbeteren. De typische installatiediepte ligt tussen 0,3 en 1,0 m.
- Diepe grondstabilisatie: bij diepe stabilisatie wordt de grond en het bindmiddel met een speciale mixer gemengd. De toepassing richt zich vooral op het bouwrijp maken van terreinen met een reductie van de zettingen, het verhogen van de stabiliteit van ophogingen en dijken en het ontlasten van damwanden en kadeconstructies. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in kolom- en massastabilisatie. Bij massastabilisatie wordt de grond in zijn geheel als blok versterkt. Dit vindt plaats door aansluitend blokelementen met een speciale freeskop te realiseren (Allu-systeem uit Finland). De typische installatiediepte reikt tot 5 à 8 m diep. Bij kolomstabilisatie wordt middels een avegaarstelling voorzien van een mengkop gestabiliseerde kolomelementen gerealiseerd op een bepaalde h.o.h.-afstand of aansluitend opdat in het laatste geval ook weer een blok ontstaat. De typische installatiediepte kan tot 25 m reiken met kolomdiameters van 0,5 a 0,8 m.

Door zand aan het bindmiddel toe te voegen kunnen goede resultaten worden bereikt.

Ruimtebeslag	
Het materieel moet boven het gehele te stabiliseren grondvolume kunnen komen.	
Omgevingsbeïnvloeding	
<p>Bij het op diepte komen en mengen van de grond onder luchtdruk (lage druk bij de droge methode middels massastabilisatie) wordt de grond omgewoeld en materiaal toegevoegd. Het maaiveld zal hierdoor tijdens de uitvoering omhoog komen waarbij ook mogelijk horizontale deformaties kunnen optreden. Indien uit monitoring volgt dat er te grote horizontale deformaties optreden, kan worden overgegaan op een gefaseerde uitvoering. Bijvoorbeeld eerst een strook gestabiliseerde grond aanbrengen welke dient als afscherming, en na enkele dagen uitharding van deze strook kan er van de strook af worden gewerkt.</p> <p>Direct na mengen heeft de grond tijdelijk een lagere sterkte dan voorheen. Indien op korte afstand belendingen aanwezig zijn, moet middels een gefaseerde uitvoering worden voorkomen dat deze een (te grote) zetting ondergaan. Ten aanzien van de te stabiliseren dijk zelf dient hiermee in het uitvoeringsontwerp rekening te zijn gehouden.</p>	
Monitoring en opleveringscontrole	
<p>Vooraf wordt de optimale mengverhouding bepaald op basis van geotechnisch en beton technisch laboratoriumonderzoek. Na oplevering wordt de ontwikkeling van de druksterkte getest met sonderingen en drukproeven (triaxiaalproef, UCS-proef) op grondmonsters. Daarnaast zijn zakkingsmonitoring en eventueel andere deformatiemetingen gebruikelijk.</p>	
Trends en ontwikkelingen	
<p>Diepe grondstabilisatie is de afgelopen jaren diverse malen toegepast bij GWW-projecten in Nederland, maar bij dijken is alleen nog de ondiepe techniek gebruikt.</p>	
Praktijkvoorbeelden	<p>Wereldwijd bij waterkeringen in o.a. de Verenigde Staten en Japan. Zeedijkversterking bij Yerseke, ondiepe taludstabilisatie (2015).</p>
Literatuur	<p>[Anoniem, 2002] [Anoniem, 2002/2005] [Koopmans et al, 2018]</p>

Granulaire kolommen



Granulaire kolommen zijn in de grond gevormde kolommen van zand of grind. Deze worden in slappe klei- en veenlagen toegepast om het gewicht te vergroten. Het weerstandbiedend moment van de glijcirkel neemt dan toe, waardoor de macrostabiliteit wordt vergroot.

Andere toepassingen kunnen zijn:

- Zettingsreductie. De kolommen worden hierbij omhuld met een geotextiel. Deze begrenst de horizontale vervorming van de kolommen. Deze krijgt hierdoor een hogere sterkte en stijfheid dan de omliggende grond.
- Ontlastputten. Als de kolommen voldoende waterdoorlatend worden gemaakt kunnen ze dienen als drainagemaatregel ter voorkoming van piping.

De kolommen worden gemaakt door een trilnaald met een diameter van circa 0,5 m in te brengen. Daarna wordt vulmateriaal (zand of grind) aangebracht en verdicht door afwisselend trekken en trillend drukken.

Aandachtspunten

De te bereiken diameter in slappe lagen bedraagt na het verdichten van de kolom en het verdringen van de grond iets meer dan de diameter van de trilnaald.

De gradering van het toe te passen zand/grind is alleen afhankelijk van de mogelijkheid van een goede verdichting en de eventuele vermenging met cement-bentoniet. Een cement-bentoniet mengsel wordt toegepast om een hydraulische stop te creëren, wanneer de kolommen in/of door een watervoerend pakket worden aangebracht. De samenstelling van het cementbentoniet mengsel is afhankelijk van de eisen die aan de kolommen worden gesteld. Hierbij dient het aanmaakwater vooraf op geschiktheid te worden beoordeeld en ten minste te voldoen aan de eisen voor geleidingsvermogen en zuurraad conform CUR 84 (par. 5.1.2). Daarnaast kunnen hulpstoffen als plastificeerders en vertragers worden toegepast om het reologisch karakter en het opstijvingsgedrag te beïnvloeden. Wanneer een cement-bentoniet mengsel wordt toegepast, worden de poriën tussen het korrelskelet hiermee opgevuld. De verhouding van de toe te passen materialen is afhankelijk van de eisen die aan de kolommen worden gesteld.

De productie per stelling bedraagt circa 300 strekkende meter kolom per dag.

Een alternatieve methode om een kolom grondverdringend aan te brengen is het op diepte inbrengen van een buis met een verloren punt. De buis wordt vervolgens gevuld met een granulair materiaal en teruggetrokken, terwijl het materiaal in de buis wordt uitgeheid. Er zijn echter ook grondverwijderende systemen beschikbaar waarbij de grond eerst wordt opgeboord en vervolgens wordt vervangen door de granulaire kolom.

Om de kolommen zo efficiënt mogelijk te plaatsen, worden de kolommen geplaatst in een driehoekspatroon.

Ruimtebeslag

Het materieel bestaat uit een stelling met een vaste makelaar en een menginstallatie. De toevoer van materiaal loopt via een leiding en graafmachine. De benodigde werkstrookbreedte bedraagt circa 5 m om de stelling te kunnen positioneren op de projectlocatie.

Omgevingsbeïnvloeding

In slappe veenlagen zullen voornamelijk horizontale grondverplaatsingen optreden. Het veen wordt hierbij horizontaal weggeperst. Kleilagen reageren stijver zodat de optredende grondverplaatsingen hier zowel verticaal omhoog als horizontaal zijn. De grootte van deze grondverplaatsingen kunnen worden bepaald door middel van een analyse met een eindig elementen model. Naast vervormingen ontstaan er trillingen en waterspanningen. Vooraf moet worden beschouwd of dit tot schade kan leiden bij belendende panden.

Bij de aanwezigheid van kabels en leidingen dient omzichtig te worden gewerkt (verlegging, vrijgraven of voorboren, beperken horizontale vervormingen door uitgekende fasering).

Monitoring en opleveringscontrole

Voor de te stellen eisen, keuring en controle van de afzonderlijke materialen (bentoniet, cement, grind, water en eventueel verdere hulpstoffen) voor het maken van de granulaire kolommen, dient CUR aanbeveling 84 [Anoniem, 2002/2005] te worden gehanteerd. Ook in CUR-rapport 2001-10 'Diepe grondstabilisatie in Nederland' [Jansen et al, 2001] wordt een nadere invulling gegeven voor het registreren van uitvoeringsproces zoals het monitoren van de hoeveelheid bindmiddel en van materieelgegevens (snelheid en diepte van de punt en werkdruk).

Tijdens de uitvoering moet de horizontale grondverdringing worden gemeten door middel van hellingmeetbuizen. Dit dient vooral uitgevoerd te worden tijdens het aanbrengen van de eerste kolommen (= inregelfase) en op risicovolle locaties.

Trends en ontwikkelingen

De toepasbaarheid van deze techniek wordt voor diverse dijkversterkingen onderzocht.

Praktijkvoorbeelden HSL-project.

Literatuur [Koopmans et al, 2018]

9.4 Verzameltabel

In tabel 9.1 zijn uitvoeringsaspecten van de hierboven beschreven constructieve versterkingsmethodes samengevat. Globaal is ingeschat wat de sterke en zwakke kanten van elke techniek zijn op basis van praktijkervaringen. Benadrukt wordt dat dit mede afhankelijk is van de lokale situatie. Invloedsfactoren zijn ondermeer de bereikbaarheid van de dijk, de aanwezigheid van kwetsbare belendingen en de ontwerpdimensies.

Tabel 9.1 Uitvoeringsaspecten van constructieve versterkingsmethodes.

Methode	Uitvoeringskosten	Uitvoeringssnelheid	Ruimtebeslag tijdens uitvoering	Gewicht materieel	Omgevingsbeïnvloeding (vervormingen / trillingen / geluid)	Complexiteit	Praktijkervaring
Damwand	+	+	+	-	+ / -	+	+
Kwelscherm	+	+	+	+	+	+ / -	+
Palenwand	-	+ / -	+	+ / -	+	+ / -	+ / -
Diepwand	-	-	-	-	+	-	+
Kistdam	-	-	-	-	-	-	+ / -
Vernageling	+ / -	+ / -	+	+ / -	+	+ / -	+ / -
Dijkdeuvels	+ / -	+ / -	+	+ / -	+	+ / -	+ / -
Ontlastbron	+ / -	+ / -	+	+ / -	+	-	+ / -
Geokunststoffen	+ / -	-	-	+	+	+ / -	-
Verticaal zanddicht geotextiel	+ / -	+ / -	+	+ / -	+	-	+ / -
Soilmixwand	+ / -	+ / -	+ / -	-	+ / -	-	-
Grondstabilisatie	+ / -	+ / -	-	-	+ / -	-	-
Zand- en grondkolommen	+ / -	+ / -	+ / -	-	+	+ / -	-
+ voordelig							
+ / - neutraal, of in sommige gevallen positief en sommige gevallen negatief							
- / - onvoordelig							

Deze tabel heeft als doel om een globaal overzicht te geven van de verschillende constructieve oplossingen. De tabel is uitdrukkelijk niet bedoeld om een algemene totaalafweging te maken tussen methodes. Dit heeft een aantal redenen:

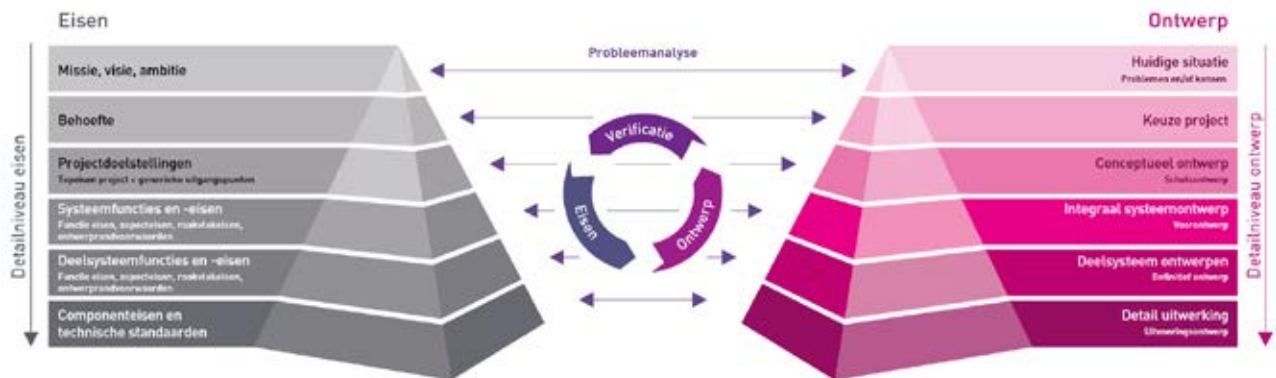
1. De waardering is een gemiddelde voor alle typen dijken en kan voor een specifiek geval anders zijn.
2. Bij de totaalafweging draait het niet alleen om de uitvoering. Deze is mede afhankelijk van de geschiktheid van een methode om een faalmechanisme te voorkomen, de duurzaamheid van de gerealiseerde constructie, de robuustheid en nevenfuncties. Daarnaast spelen niet-technische eisen een rol bij de keuze van een constructieve oplossing, zoals beeldvorming door de omgeving, de bekendheid met een bepaalde leverancier, de landschappelijke inpassing of de beschikbaarheid van materieel bij een aannemer.
3. Bij sommige projecten stimuleert een dijkbeheerder de toepassing van innovatieve technieken, terwijl bij andere projecten juist alleen bewezen technieken worden toegestaan.
4. De tabel is een momentopname. Veel technieken zijn nog in ontwikkeling. Als bepaalde uitvoeringsproblemen bij een techniek als knelpunt worden ervaren zal een daarin gespecialiseerde aannemer deze met prioriteit proberen op te lossen door de techniek gericht te verbeteren.

10.1 Gekozen contractvorm

De keuze van de vorm van het contract is normaliter al gemaakt voor de start van de realisatiefase. De afweging ten aanzien van de contractvorm, contractbepalingen en aanbestedingsvoorwaarden vindt plaats in de planvormings- en voorbereidingsfase. Bij deze afweging speelt de inkoopstrategie van de opdrachtgever een rol (bijvoorbeeld: de strategie om ook lokale kleinere partijen uit de regio kansen te bieden). Bij de start van de realisatie staat de contractvorm dus al vast. De vraag is dan: "Hoe gaan partijen er in de uitvoeringsfase mee om?".

De keuze voor het type contract hangt af van welke verantwoordelijkheden er bij de markt neergelegd worden en welke ontwerpvrijheid wordt gehanteerd. Een van de belangrijkste zaken hierbij vormen de risico's. Bij risico's is het van belang bij wie welke risico's het beste neergelegd kunnen worden. Het is belangrijk om in het voortraject goed de risico's te inventariseren, dit aan de verschillende contractvormen te relateren (bijv. welke risico's worden geïntroduceerd met een type contract) en te bepalen welke beheersmaatregelen of mitigerende maatregelen nodig zijn en hoe dit kan worden opgenomen in het contract. Het contract moet daarom duidelijke afspraken bevatten over waar risico's worden neergelegd, hoe wordt omgegaan met afwijkingen, tegenstrijdigheden en conflicten en hoe wordt geëscaleerd en gedeëscaleerd. Het contract vormt daarmee uiteindelijk een uitvalsbasis waar partijen op terug kunnen vallen tijdens momenten met frictie. Frictie kan bijvoorbeeld ontstaan wanneer een opdrachtnemer tijdens de uitvoering afwijkt van de afspraken die tijdens de planvorming zijn gemaakt. Oftewel, het contract en de contractvorm zijn integraal verbonden met het onderdeel risicomangement dat in Hoofdstuk 4 is besproken.

Naast de keuze voor de contractvorm dient de inhoud van het contract bepaald te worden. Hierbij kunnen de principes uit of werkwijzen van Systems Engineering (SE) helpen. In Figuur 10-1 is te zien hoe de diverse detailniveaus van eisen versus ontwerp zich tot elkaar verhouden. De werkwijze en aanpak worden niet verder beschreven, maar voor verdere informatie zie <https://www.leidraadse.nl/>.



Figuur 10-1 Piramide model Systems Engineering (bron: 2nd Sense, 2018).

10.2 Contractvormen

Een opdrachtgever kan kiezen tussen veel verschillende contractvormen. De variatie in contractvormen is weergegeven in Figuur 10-2. De opdrachtgever kan bijvoorbeeld zelf veel verantwoordelijkheden op zich nemen wanneer hij exact weet wat hij hebben wil en geen creativiteit uit de markt nodig heeft. In die gevallen zal er vaak gekozen worden voor een RAW-contract (UAV 2012 wordt dan meestal van toepassing verklaard). Wil men veel verantwoordelijkheden, risico's en/of ontwerp vrijheden aan de markt overlaten of heeft de opdrachtgever de innovativiteit uit de markt nodig t.b.v. een goede oplossing, dan wordt er meestal gekozen voor een D&C contract (UAV-gC 2005 wordt dan meestal van toepassing verklaard; deze is hier specifiek voor ontwikkeld).



Figuur 10-2 Bandbreedte van soorten contractvormen (bron: Twynstra Gudde, 2017).

Bij dijkversterkingen kunnen verschillende typen contracten worden gekozen. De manier van aanbesteden en gunnen (gunningscriteria) passende bij de contractvorm is bijna een aparte discipline, deze informatie wordt daarom slechts beperkt in dit handboek besproken. In Tabel 10.1 wordt een overzicht gegeven.

Tabel 10.1 Soorten contractvormen.

Contractvorm	Toelichting voor de impact van de contractvorm voor de realisatie
Traditioneel contracteringsmodel	<p>Bij het traditionele contracteringsmodel (met bijv. bestek & RAW) heeft de OG bepaald wat er gebouwd moet worden, ofwel het ontwerp gemaakt en bepaalt de ON hoe de dijk gebouwd wordt. De ontwerprisico's liggen in deze vorm bij de OG.</p> <p>Deze bepaalt met de inzet van een directievoerder en toezichthouder of het werk juist wordt uitgevoerd, of risico's optreden en beheersmaatregelen getroffen moeten worden. Contract wordt uitgevoerd onder de UAV 2012 (Uniforme administratieve voorwaarden).</p>
Geïntegreerde contracteringsmodel	<p>Belangrijke contractvormen hierbinnen zijn Design and Construct (D&C) en Engineering and Construct (E&C). Bij deze contractvormen wordt zowel (een deel van) het ontwerp als de realisatie van het object aan één opdrachtnemer (marktpartij) overgelaten. De mate van ontwerpvrjheid maakt het verschil tussen D&C en E&C. De opdrachtgever heeft bij een E&C, in tegenstelling tot een D&C, langer invloed op het ontwerp.</p> <p>Bij de geïntegreerde contracten geeft de OG de ruimte aan waarbinnen het ontwerp gemaakt moet worden. De OG stuurt op functionele eisen en legt deze vast in de Vraagspecificatie Eisen (VSE). De ON levert het ontwerp en de aanleg van de oplossing. Het kan voorkomen dat voor bepaalde onderdelen detaileisen worden opgenomen, dit gebeurt op basis van een risicoafweging of vanwege uniformiteit (met name i.v.m. aspect B&O).</p> <p>De keuze voor een dergelijke D&C of E&M contractvorm legt echter niet alleen de contractverhouding vast, het heeft ook grote gevolgen voor de samenwerking tussen partijen. Het gaat er om dat ON overtuigend en expliciet kan aantonen dat de gekozen oplossing voldoet aan de functionele eisen, zonder in systemen te verdwalen of vast te lopen in technische discussies.</p> <p>Bij een alliantie of bouwteam wordt door OG en ON samen bepaald wat en hoe er gebouwd wordt. In deze contractvorm worden de risico's gedeeld over de verschillende partijen met een verdeelsleutel meestal op basis van het oordeel over welke partij het risico het beste kan beheersen. Vaak worden ook innovatieve doelen in het contract opgenomen.</p> <p>Specifieke aandachtpunten zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zorgdragen dat er kwaliteitsdoelstellingen komen met positieve prikkels voor ON. • OG heeft minder invloed op keuzes die gemaakt worden.

Life-cycle contracteringsmodel	<p>Belangrijke contractvormen hierbinnen zijn DBM (Design, Build & Maintain) en DBFM (Design, Build, Finance & Maintain). Bij DBM geeft de OG de ruimte aan (middels programma van eisen) waarbinnen het ontwerp gemaakt moet worden en de ruimte waarbinnen het object na oplevering onderhouden moet worden (zowel technische kaders als omgevingskaders en processen). De ON bepaalt wat hij gaat bouwen, hoe hij het gaat bouwen en hoe hij het gaat onderhouden. Bij DBFM zit ook een financieringscomponent.</p> <p>Het life-cycle contracteringsmodel wordt vooralsnog voor waterkeringen weinig toegepast. Uitzondering hierop is onder andere Hondsbossche zeekering. Er wordt weinig voor DB(F)M gekozen omdat het beheer en onderhoud van keringen vaak intensief is en verbanden heeft met de andere beheerstaken van de organisatie zoals waterlopen, watersysteem etc. Om te borgen dat beheer en onderhoud niet ontaardt in een lappendeken wordt vaak niet voor deze contractvorm gekozen. Bij unieke onderhoudsintensieve puntobjecten zoals een sluis wordt deze contractvorm wel vaker toegepast.</p> <p>Een belangrijk onderdeel bij het life-cycle contracteringsmodel is de kwaliteitscontrole bij oplevering. ON moet namelijk bij inschrijving aangeven hoe hij aantoont dat hij aan de geformuleerde kwaliteitseisen voldoet en blijft voldoen (met B&O). Bij Maasvlakte2 en Hondsbossche zeekering zijn hiermee positieve ervaringen opgedaan.</p>
--------------------------------	--

De RAW systematiek wordt bij dijkversterkingen vaak toegepast als het project relatief klein is of bij grotere projecten met een eenvoudig ontwerp en het ontwerp voornamelijk uit grondwerk met beperkte hoeveelheden bestaat. Bij dit type contracten voert OG de directie. De OG bepaalt of de kwaliteit goed is. De OG controleert zelf intensief of aan de contractvoorwaarden/ontwerp voldaan wordt.

Bij D&C/UAVGC-contracten liggen meer verantwoordelijkheden en meer risico's bij de markt. Er is dan sprake van een andere risicoverdeling. De controle op het leveren van de gevraagde kwaliteit ligt hier in eerste instantie bij ON. De ON moet de kwaliteit borgen en voorafgaand aan het uitvoeren van processen plannen maken en aangeven op welke wijze aan de eisen van de OG wordt voldaan en hoe dit wordt aangetoond. ON dient zelf aan te tonen dat hij de processen juist heeft doorlopen, indien nodig heeft bijgestuurd (Plan-Do-Check-Act cyclus) en uiteindelijk de gevraagde kwaliteit heeft geleverd. Hiertoe wordt gewerkt met het kwaliteitssysteem van ON en zal hij zichzelf auditeren. OG toetst risicogestuurd de systemen, processen en producten van ON.

In de praktijk blijken waarnemingen op de bouwplaats en zo gewenst controles in het veld bij elke contractvorm relevant te zijn. Dit om niet te veel op afstand te blijven en discussies bij oplevering als er niet meer kan worden bijgestuurd te voorkomen. Het verdient aanbeveling om onafhankelijk van de contractvorm bij aanvang van het werk sluitende afspraken te maken over vorm en inhoud van de interim- en eindrapporten.

Werken met innovatieve contracten betekent een andere inrichting van een organisatie en het vergt andere kennis, ervaring en attitude van een groot deel van de organisatie dan bij werken met RAW-contracten.

10.3 Gunnen

Gunnen kan op basis van de laagste prijs of een bepaalde prijs-kwaliteitsverhouding (EMVI) of Beste Prijs-Kwaliteit Verhouding (BPKV). De gunningscriteria of EMVI-bepalingen ten behoeve van het bouwen van dijken dienen bij voorkeur gericht te zijn op het effectief beheersen van de (ontwerp- en uitvoerings-) risico's en het verkrijgen van een goed beheerbare dijk die kort na aanleg in staat is om water te keren (grasmat ontwikkeling).

Bij een gunning op basis van kwaliteit is controle nodig dat de meerwaarde die beloofd wordt door de opdrachtnemer als onderdeel van het contract ook tijdens de realisatie geleverd wordt. Deze controle valt onder contractbeheersing. Kwaliteitsaspecten/EMVI-criteria moeten voldoende onderscheidend zijn (ten opzichte van de prijs) om er ook echt op te kunnen sturen binnen de aanbesteding. Het gaat hierbij om de mate waarin de kwaliteitscriteria meetellen in de beoordeling van de aanbiedingen.

10.4 Contractbeheersing

Onder contractbeheersing worden alle activiteiten verstaan die door de OG, in zowel de fase van de contractvoorbereiding als de realisatie, worden uitgevoerd en die gericht zijn om zeker te stellen dat de verplichtingen uit het contract worden nagekomen en dat de opdrachtgeversrisico's aantoonbaar beheerst worden [Van der Lee, 2017]. Voor een goede contractbeheersing is technische deskundigheid in het OG_team onontbeerlijk.

De Technisch, Omgevings- en Contractmanager zijn tijdens de realisatie elk vanuit hun eigen discipline, maar ook zeker in gezamenlijkheid, bezig met beheersing van de uitvoering. Hiertoe behoren beschreven processen, beoordeling van producten, maar ook onverwachte gebeurtenissen en al dan niet optredende risico's, contractwijzigingen of afwijkingen. Bij D&C en E&M kan de OG, aanvullend op de functionele eisen, eisen stellen aan deze werkwijzen die ON moet hanteren. Deze eisen worden verwerkt in het Vraagspecificatie Proces (VSP). De contractmanager van de OG heeft een drietal toetsen tot zijn/haar beschikking om een beeld te krijgen van de projectbeheersing van de ON: systeemtoetsen, processtoetsen en producttoetsen.

Ten aanzien van het navolgbaar aantonen kan ON gebruikmaken van twee belangrijke en veel gebruikte werkwijzen: het kwaliteitsmanagement en systems engineering (SE). Het toepassen hiervan is zeker niet exclusief voor de EC of DC contractvormen, het kan bij alle contractvormen worden toegepast. Bij EC/DC contracten is het specifiek van belang omdat het de navolgbare verbinding legt tussen de functionele eisen uit het VSE en de uiteindelijke keuringen op het gerealiseerde werk.

Kwaliteitsmanagement

De ON dient het werk met behulp van kwaliteitsmanagement uit te voeren. Het kwaliteitsmanagement is een werkwijze die wordt toegepast op alle werkprocessen. De eisen die hieraan worden gesteld zijn door OG benoemd in het VSP. Bedoeling is dat er wordt gewerkt volgens een systeem van vastgestelde werkprocessen, waarbij kwaliteitsborging (de 'plan-do-check-act cyclus') steeds een prominente rol vervult. Toepassing van de werkprocessen moet leiden tot producten waarvan steeds herleidbaar wordt aangetoond dat het geleverde werk voldoet aan de VSE.

System Engineering

System Engineering is een interdisciplinaire benadering met bijbehorende middelen die zich richt op het realiseren van succesvolle systemen die voldoen aan de klantbehoefte. Het toepassen van SE houdt in dat eisen en objecten zodanig worden gestructureerd dat overzicht wordt gecreëerd en complexiteit kan worden

beheerst. Het structureren begint al in de VSE. OG definieert hier eisen voor systemen en voor (deel)objecten. Indien nodig kan ook de verificatiewijze worden aangegeven. Deze structurering van eisen moet op zodanige wijze worden voortgezet (het ´decomponeren´) dat per object expliciet wordt duidelijk gemaakt welke afgeleide eisen van toepassing zijn en welke verificatiemethoden en -criteria er gelden. ON is verantwoordelijk voor de Verificatie en Validatie (V&V). Hierbij wordt in V&V-plannen, -rapporten en -registers (voorheen ook Eisenboom en Verificatiematrix genoemd), vastgelegd hoe het gekozen ontwerp en de uitvoeringswijze zijn afgestemd op de eisen en zijn geverifieerd en gevalideerd.

Om navolgbaar aan te kunnen tonen dat het werk voldoet aan de VSE wordt ook onderscheid gemaakt naar de verificatie per projectfase: de ontwerp-, werkvoorbereiding- en realisatiefase (eventueel aangevuld met de beheerfase).

Tabel 10.1 Verificatie aan VSE in verschillende fasen.

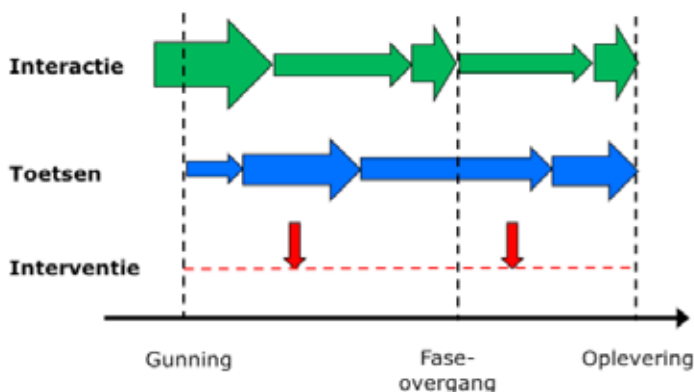
Projectfase	Activiteit	Resultaat
Ontwerp	Aantonen en vastleggen dat het ontwerp voldoet aan de uitgerolde eisen en de VSE met behulp van V&V-plannen of Eisenboom en Verificatiematrix.	Geverifieerd ontwerp.
Werkvoorbereiding	Per object of werkproces wordt een Werk- en Keuringsplan opgesteld. Hierin wordt omschreven op welke samenhangende volgorde wijze het geverifieerde ontwerp zal worden gebouwd. Tevens is er een beschrijving welke keuringen zullen worden uitgevoerd om aan te tonen dat het geverifieerde ontwerp is aangelegd.	Werk- en Keuringsplannen.
Uitvoering	Aanleg conform Werkplan; keuringen conform Keuringsplan.	Keuringsresultaten en Afwijkingendossier.

Toetsing

Waar in het verleden vooral gestuurd werd op de toetsing krijgt nu de interactie een prominente plaats [Van der Lee, 2017]. Wat wordt in het contract geregeld en hoe is de kwaliteit van de uitvoering geregeld in het contract. Dit wisselt per type contract. Het beheersen van het contract en de risico's, is sturen op een beheerste werkwijze bij de ON en het (bij)sturen op basis van risico's als er niet goed wordt gefunctioneerd of aan de verplichtingen wordt voldaan. Een contractmanager heeft hiervoor de volgende maatregelen ter beschikking:

- Interactie aangaan → Preventief afstemmen en samenwerken.
- Toetsing uitvoeren → Reactief vaststellen.
- Interventie uitvoeren → Proactief of reactief ingrijpen bij dreigende afwijkingen of optredende risico's.

Tijdens het contract wisselen de inzet en de intensiteit van deze maatregelen. Dit is geschetst in Figuur 10-3. De inzet van de interactie wordt normaliter beschreven in een contractbeheersingsstrategie. De vaste interactie en toets momenten worden daarin vooral op grote lijnen al ingepland, interventie wordt gebruikt als de situatie daar om vraagt.



Figuur 10-3 Indicatieve mix van contractbeheersinstrumenten. [Van der Lee, 2017].

Bij RAW-contracten is het controleren op het contract vooral een taak van de OG (directievoering en toezicht), terwijl bij UAV-GC-contracten de ON hier primair voor verantwoordelijk is. Bij de UAV-GC-contracten stuurt OG (Contractmanager) risico gestuurd, o.a. op basis van het kwaliteitssysteem dat door ON is aangeboden.

Om risico's in beeld te krijgen zal de OG zelf ook naar buiten moeten (ongeacht welke contractvorm is gekozen) en het werk moeten bekijken. Dit is in het Kader Contractbeheersing Rijkswaterstaat [Van der Lee, 2017] opgenomen als het onderdeel Waarnemingen van het risicodossier. Dit onderdeel is heel specifiek aanwezig in het risicodossier op basis van ervaringen en inzichten van grote infra-werken van de afgelopen jaren. Het doel van uitvoeren van waarnemingen op het werk is om de risico's in het risicodossier scherper te krijgen. Hierbij wil de OG inzicht krijgen in de werkwijze van de ON met betrekking tot vakmanschap, (individueel) menselijk handelen en andere competenties die in de realisatiefase een risico vormen voor onder andere (product-) kwaliteit en zeker ook veiligheid. De resultaten van een terreinbezoek worden vertaald naar risico's en verwerkt in het risicodossier.

Toetsen op risico's

Toetsen kan alleen ten opzichte van een referentiekader. Kwaliteit kan alleen worden getoetst door van te voren eenduidig vast te stellen hoe die in het contract wordt geborgd. Daarvoor moet goed worden nagedacht over de kwaliteit die vereist is en over waar risico's liggen per bouwfase. De opdrachtgever is verplicht ervoor te zorgen dat de minimaal beoogde kwaliteit wordt gehaald. Anders is er sprake van onrechtmatige bevoordeling van de succesvolle inschrijver.

Bij een D&C/UAGVC contract ligt de nadruk van de controle door de OG niet op het product maar kijkt hij vooral hoe de ON aantoont dat hij aan de eisen voldoet en betrouwbare gegevens aanlevert. Belangrijk hierbij is om ervoor te zorgen dat het aantonen niet alleen een papieren werkelijkheid wordt die achterloopt op de werkelijke bouw buiten op de bouwplaats.

De kwaliteitscontrole wordt idealiter vroegtijdig tussen OG en ON geregeld. Echter, op momenten dat (later in het project) toch langdurige discussies dreigen over het aantonen van technische kwaliteitseisen die moeilijk zichtbaar en verifieerbaar zijn, is het handig gebruik te maken van een derde onafhankelijke partij. Deze partij kan als onafhankelijke derde de hoeveelheden nameten of kwaliteit van de grond kwalificeren en beproeven, zoals de kleikwaliteit en erosieklasse, of de kwaliteit van de verdichting van klei of de verdichtingsgraad van een wegfundering. Bij de inzet van een derde partij is het van belang dat de OG en ON zich vooraf committeren aan de uitkomsten. Bij diverse grote werken is ook een Design Board opgericht. Deze kan betrokken worden bij de wijze waarop OG het PVE moet uitrollen om te komen tot een sluitend geheel van kwaliteitsborging. Bij de aanvang van de bouw kan de Design Board overgaan in een Construction Board die op soortgelijke wijze de uitvoering begeleidt en eventueel kan bemiddelen bij het optreden van geschillen.

Maasvlakte 2

Het project Maasvlakte 2 is tussen 2008 en 2013 met behulp van een DCM in opdracht van het Havenbedrijf Rotterdam gerealiseerd door PUMA, een joint venture van Boskalis en Van Oord. Momenteel wordt de zeewering door PUMA tot 2023 onderhouden. Contractmanagement vormde bij dit project een belangrijke pijler. De geboden ruimte in het contract heeft geleid tot vele innovatieve oplossingen voor ontwerp, uitvoeringswijzen en surveytechnieken. Het contractmanagement vanuit OG was daarbij nadrukkelijk vanuit technisch inhoudelijk perspectief ingevuld. Op deze wijze was OG in staat om technisch inhoudelijk dossiers te bespreken, toetsen uit te voeren en waar nodig interventies toe te passen. In de onderstaande kaders staan twee voorbeelden vanuit Maasvlakte 2.

Voorbeeld 1:

Kwaliteitsmanagement ON en Systeem, Proces en Producttoetsen OG

Eén van de eerste activiteiten van ON was het opstellen van het kwaliteitsmanagement met daarin de beschrijvingen van de organisatie, werkprocessen en –systemen. Pas na vaststelling door OG werd daadwerkelijk gestart met het project.

Het kwaliteitsmanagement van ON werd gedurende het werk met regelmaat door OG getoetst op systeem-, proces- en productniveau (Systeemgerichte Contractbeheersing). Vast onderdeel hiervan waren de afwijkingenregisters en de afwikkeling daarvan. Doel van deze toetsen was allereerst om vast te stellen dat het kwaliteitsmanagement actief werd ingezet en werd verbeterd waar nodig. Dit alles om vanuit het perspectief van OG het vertrouwen in de werkwijze van ON te krijgen en behouden.

Belangrijk extra doel van de producttoetsen was de vaststelling dat de geleverde producten voldeden aan het VSE. Op alle belangrijke onderdelen werden producttoetsen uitgevoerd op de ontwerpverificatie, de werk- en keuringplannen én op de keuringsdocumenten van het gerealiseerde werk. Op cruciale onderdelen voerde OG ook steekproefsgewijs eigenstandig producttoetsen in het werk uit. Voorbeelden zijn: de steensorteringen, geodetische en hydrografische metingen, sonderingen etc.

Deze gehele werkwijze was passend bij de opbouw van het team: contractmanagers én technisch deskundigen met een focus op projectresultaat, het beheersen van risico's en een duidelijke samenwerking en contractverhouding tussen OG en ON.

Voorbeeld 2:

Ontwerp, aanleg en keuringen filterlaagconstructie

In het VSE werden de eisen voor de Harde Zeewering zo veel mogelijk functioneel gehouden. De geboden ontwerpruimte werd door ON gebruikt om tot een innovatief ontwerp te komen: een keienstrand met een voorliggende blokkendam van hergebruikte betonkubussen met daaronder een filterlaagconstructie. Een belangrijk onderdeel van het ontwerpproces was het vastleggen van de wijze van verificatie van het ontwerp in de de Eisenboom en Verificatiematrix. Hierbij is heel veel aandacht gegeven aan het kwantificeren en reduceren van onzekerheden. Onzekerheden speelden bijvoorbeeld bij de keuring van filterconstructies: het vaststellen van de minimale laagdikte. Bij project Maasvlakte 2 is de keuringsnauwkeurigheid vergroot door in een testgoot in gecontroleerde omstandigheden nauwkeurig metingen te verrichten met verschillende meetsystemen en steenklassen. Met de onderzoeksresultaten kon de extra toeslag/marge voor onzekerheden worden onderbouwd, en tevens kleiner worden dan gebruikelijk. [De Wilde et al, 2014].

ON kon met zijn gehele aanpak navolgbaar aantonen:

1. Het ontwerp voldeed aan de standzekerheidseisen uit de VSE, want de gebruikte steensorteringen en laagdikten voldeden aan de filterregels uit de EB/VM.
2. In het werk- en keuringsplan werd de wijze en volgorde van aanleg en de te hanteren keuringsmethodiek beschreven en onderbouwd door de onderzoeksresultaten.
3. De realisatie werd volgens werk- en keuringsplannen uitgevoerd en afwijkingen werden hierbij gedocumenteerd en indien nodig hersteld.

OG werd tijdens het gehele ontwerpproces intensief en inhoudelijk betrokken. Voor het opzetten, uitvoeren en evalueren van de testgoot is zelfs op specialistisch niveau intensief samengewerkt. OG heeft formele producttoetsen uitgevoerd op de ontwerpverificatie en –criteria én het werk- en keuringsplan. Specifiek aandachtspunt daarbij was altijd het afwijkingenregister. OG heeft tijdens de uitvoering ook steekproefsgewijs metingen uitgevoerd. Bijvoorbeeld door zelf keuringen op de steenklasse uit te voeren of door zelf laagdiktemetingen uit te voeren. Deze metingen werden vergeleken met de keuringen van ON. Op deze wijze werd vastgesteld dat er sprake was van beheerste werkprocessen én dat het geheel voldeed aan de VSE.

Literatuurlijst

- Anoniem, EuroSoilStab Soft Soil Stabilisation Design Guide, ISBN 1-86081-599-5, BRE Press, Bracknell (UK) 2002.
- Anoniem, Cement bentonietwanden, CUR Aanbeveling 84, CUR, Gouda 2002/2005.
- Anoniem, Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Diep mengen, NEN, NEN-EN 14679:2005en, 2005.
- Anoniem, NEN EN 1538 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Diepwanden, 2010.
- Anoniem (a), Standaard RAW bepalingen 2015, ISBN 9066284439 CROW, Ede 2015.
- Anoniem (b), Normblad NEN 7024-1+C1:2015 nl - Zetsteen - Deel 1: Algemene eisen, Status: Definitief, Gepubliceerd op: 01-11-2015.
- Anoniem, Zoogdierverseniging, Telganger oktober 2017, <http://www.zoogdierwinkel.nl/sites/default/files/imce/nieuwewebsite/Winkel/pdf%20download/Telganger%20oktober%202017%20webversie.pdf>.
- Asperen, L. van et al., Technisch rapport waterkerende Grondconstructies TAW, Rijkswaterstaat (DWW), Delft 2001.
- Bakker, H. et al., Technisch Rapport Kistdammen en Diepwanden in waterkeringen, TAW, Delft 2004.
- Bart, P.J. et al., Publicatie Vernagelingstechnieken (in voorbereiding), POV-Macrostablieiteit, HWBP, Tiel 2018.
- Berendsen, E. et al., Uitvoering van geokunststoffen in de waterbouw, CUR, Gouda 2011.
- Besseling, E. en Ekkelenkamp, H., Handboek Baggerspecie in geotextiele tubes- Het versneld ontwateren en toepassen in de praktijk, SBRCURnet, Delft 2017.
- Bezemer, A.W. et al., Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, VROM, Den Haag 2004.
- Bizarri, A. et al., INSIDE Innovatieve dijkversterking CUR wg 219, CURNET, Gouda 2007.
- Boer, H.E. en Kielman, J.A., Weg- en Waterbouwkunde deel III Rivieren, verdedigingswerken, dijken etc. vijfde druk, Kosmos Amsterdam 1956.
- Bos, J. et al., Eén dijk, zoveel beelden, Hagestein-Opheusden 2014-2017, Waterschap Rivierenland Combinatie dijkverbetering HOP, GMB en Van Oord, ISBN 978-90-811637-0-5, 2017.
- Breen, L.G. van, Hollands Rijshout, Oosterhout & Le Cointre, Goes 1920.
- Calle, E.O.F, Technisch Rapport Zandmeevoerende Wellen, TAW rapport TR-15, Rijkswaterstaat (DWW), Delft 1999.
- Cirkel J. en Van Dam C. (editors), Handreiking dijkbekledingen in 5 delen, Deltares, Delft 2015.
- Dalen, J.H. van et al., Handboek Diepwanden - Ontwerp en Uitvoering, Stichting CUR, Gouda 2010.
- Dekker, H.L.E. et al., Rapport 166 Damwandconstructies 6e druk, ISBN 90 3760 063 8 + 90 3760 073 5, Stichting CUR, Gouda, 2012.

Doorman, W.H.C., De afsluiting van de Zuiderzee, het dichten van het sluitgat, De Ingenieur 1923, no.42, Den Haag 1923.

Engelse, R.F. (2016) Archeologisch onderzoek aan de Emelissedijk (Zandhoekweg) te Wissenkerke (gemeente Noord-Beveland). Opgraving en archeologische begeleiding, Capelle aan den IJssel (ArcheoMedia Rapport A10-001-R).

Ens, B. van et al., Vergelijking warmgewalste en koudgevormde damwand, Land en Water, jaargang 54 nr. 12, BDUMedia, Barneveld 2014.

Groot, B. de en Meuwese, H.D.C., Handreiking Drainagesysteem in de verkenning (HWBP POV Piping), Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. i.o.v. Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Rotterdam, 2017.

Hage, K. Atlas van de Watersnood, Thoth Uitgeverij, ISBN 9789068686531, Bussum 2015.

Halter, W.R. en van der Meer, M.T., Richtlijn ophogen met klei uit baggerspecie, Publicatierreeks Grondstoffen 2005/05, rapport DWW-2003-072, Rijkswaterstaat DWW, Delft 2005.

Havinga, H. et al., Invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling (vastlegging ontwerp, uitvoering en monitoring Dijkvernageling Vianen), Deltares rapport no. 1209112-001-GEO-0005, Delft 2016.

Hoff, J. van 't en Nooy van der Kolff, A. (editors), Hydraulic Fill Manual, ISBN 978-0-415-69844-3 CRC Press/Balkema, Leiden 2012.

Hoffmans, G., Addendum op Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies, ENW (Expertise netwerk waterkeren), Delft 2007.

Huitema, T., Dijken langs zee, rivieren en kanalen, kaden om polders, droogmakerijen enz., Kosmos, Amsterdam 1947.

Huybrechts, N. en Denies, N. Handboek Soilmix-wanden - Ontwerp en uitvoering, SBRCURnet, Delft 2017.

Jansen, H.L et al., Handboek Funderingsherstel, ISBN 978 90 5367545 8, SBRCURnet, Delft 2014.

Jonker, J.F. et al., Verdichting van de zandbaan, CROW 04-04, Ede, 2004.

Jonker, J.H. et al., Rapport C231 Handboek Diepwanden - Ontwerp en uitvoering, Stichting CUR, Gouda, 2010.

Kok, M. et al. (editors), Grondslagen voor hoogwaterbescherming, ISBN 978-90-8902-151-9, Experisennetwerk Waterveiligheid, Utrecht 2016.

Koning, H. de en Vos J. de, Begaanbaarheid van bouwterreinen, ISBN 978 90 5367 639 4, SBRCURnet, Delft 2017.

Koopmans, R. et al., Publicatie Grondverbeteringstechnieken (in voorbereiding), POV-Macrostabieleit, HWBP, Tiel 2018.

Kwakman, L., Plan van aanpak: borging waterkerende veiligheid in de bouwfase zeetoegang IJmond, OPENIJ-1.002.037, Rijkswaterstaat, Utrecht 2016.

Larsen, H. et al., Ontwerprichtlijn in de grond ingebedde stabiliteitsverhogende langs-constructies in primaire waterkeringen, Deltares rapport no.1220811-000, Delft 2016.

- Larsen H. et al., Publicatie Stabiliteitsverhogende langsconstructies (in voorbereiding), POV-Macrostablieiteit, HWBP, Tiel 2018.
- Lee, E. van der, Kader contractbeheersing Rijkswaterstaat, Rapportnummer: GPO1217ZB105, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat Grote Projecten en Onderhoud (RWS GPO), Utrecht 2017.
- Leeuwen, J.L.M. van et al., Rapport 222, Hoogwaardig bouwen met baggerspecie in geotextiele tubes, ISBN 978 90 376 0516 7, Stichting CUR, Gouda 2009.
- Leeuwen, M. van en Braeckman, H., Boorpalen en diepwanden, constructieve oplossingen bij dijkversterking Kinderdijk – Schoonhovense Veer, Civiele Techniek, jaargang 69 no.7, SJP Uitgevers, Gorkum 2015.
- Meer, J.W. van der et al., Handreiking Toetsen Grasbekledingen op Dijken, oktober 2012.
- Meer, J.W. van der et al., Handreiking Dijkbekledingen, deel 5 van [Cirkel en van Dam]: Grasbekledingen, Delft 2015.
- Meurs, G.A.M. van en Kruse, G.A.M., Update inzichten in gebruik van klei voor ontwerp en uitvoering van dijkversterking, aanbevelingen voor ontwerp en uitvoering, Deltares 1220663, Delft 2017.
- Meurs, G. van et al., Publicatie Drainagetechnieken, POV-Macrostablieiteit en POV-Piping, HWBP, Tiel 2018.
- Milder, G.J.W. et al., het Grond-, Water- en Wegenbouwboek, SBW 1999.
- Nohl, W.A. et al., Classificatie van grond volgens de Eurocode Van oude NEN 5104 naar nieuwe NEN-EN-ISO 14688, Geotechniek, jaargang 15 nr. 4, Uitgeverij Educom BV, Rotterdam 2011.
- Ooijen, D. van et al., Technisch Rapport Klei voor Dijken, TAW rapport TR-17, Rijkswaterstaat (DWW), TAW, Delft, 1996.
- Ostendorf, C.J., SBR Trillingsrichtlijn A Schade aan bouwwerken 2017, ISBN 978 90 5367 428 4, SBRCURnet, Delft 2018.
- Peters, M.G.J.M. en Sluis J.J.M., Dijkvernageling Lekdijk Vianen, 2014.
- Pleijster, E.J. et al., Dijken van Nederland, ISBN 9789462081505, nai010 uitgevers/publishers, Rotterdam 2014.
- Reuzenaar, T., Beheervoorschrift graskruidenmengsel voor dijken HHNK, HHNK, Heerhugowaard 2017.
- Rijke, W.G. de et al., Overgangsconstructies in dijkbekledingen, rapport H195.02/N639 voor Rijkswaterstaat DWW (TAW), Deltares (WL), Delft 1992.
- Senhorst, H., Vier quick wins grond en klei, Optimalisaties voor dijkversterkingen, Rijkswaterstaat Programmabureau HWBP-2, Utrecht 2018.
- Sharp, M. et al. (editors), International Levee Handbook, CIRIA C731, ISBN 978-0-86017-734-0, CIRIA, London 2013.
- Taal L., Ontwerp- en Beoordelingsrichtlijn Verticaal Zanddicht Geotextiel, Waterschap Rivierenland, POV-Piping, Tiel 2017.
- Tennaten, H.W. et al., Rapport 162, Construeren met grond, Stichting CUR, Gouda 1992.

Tromp, E. et al., Handreiking Innovaties Waterkeringen, Deltares, Delft, 2016.

Vierlingh, A. (ca. 1578), Tractaet van Dyckagie, uitg. door J. de Hullu en A.G. Verhoeven, Rijks Geschiedkundige Publicatiën, kleine serie no. 20, Martinus Nijhoff 's-Gravenhage 1920, heruitgegeven door Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken, Rotterdam, 1973.

Voskamp, W., Ontwerprichtlijn geotextiel onder steenbekledingen, ISBN 978 90 5367 636 3, SBRCURnet, Delft 2017.

Wilde, D. de et al., Construction and Survey Accuracies for the execution of rockworks, Best Practices from the Maasvlakte 2 Port Expansion Project, ISBN 978-90-5367-592-2, SBRCURnet, Rotterdam 2014.

Begrippenlijst

De Helpdesk Water heeft een begrippenlijst gepubliceerd waar wij naar verwijzen (helpdeskwater.nl). Deze begrippenlijst is echter zo uitgebreid dat wij die niet in dit handboek hebben opgenomen, maar volstaan met een verkorte versie die is toegesneden op de inhoud van dit handboek.

Aanleghoogte	Kruinhoogte van de waterkering onmiddellijk na het gereedkomen ervan.
Actuele sterkte	Huidige werkelijke sterkte.
Afshot	De bovenkant van grondlagen wordt onder een talud van circa 1:20 afgewerkt, zodat neerslag kan afstromen.
Afschuiving	Verplaatsen van een deel van een grondlichaam of bekleding door overschrijding van het evenwichtsdragvermogen.
Afsluitmiddel	Beweegbaar onderdeel van een waterkerende constructie waarmee de doorgang in de waterkering ten behoeve van goederen, voertuigen en/of personen waterkerend kan worden afgesloten.
Afstandhouder	Kunststof of metalen element dat tussen toplaagelementen wordt aangebracht om het openruimtepercentage te vergroten.
Afvoerpiek	Grootste debiet in een afvoergolf.
Aquifer	Grondlagen waarbinnen de relatief (ten opzichte van de omgeving) hoge doorlatendheid aanzienlijk transport van grondwater mogelijk maakt.
Artesisch watervoerend pakket	Afgesloten watervoerend pakket waarin de stijghoogte van het grondwater boven het maaiveld uitkomt.
As-built	In een as-builttekening zijn alle wijzigingen ten opzichte van eerdere ontwerpen opgenomen en worden deze weergegeven zoals ze daadwerkelijk gerealiseerd zijn. In de praktijk worden de termen 'revisie' en 'as-built' door een gebruikt.
Asfalt	Natuurlijk of kunstmatig mengsel van bitumen en minerale stoffen.
Asfaltkleefmiddel	Dun vloeibaar mengsel van bitumen en een vluchtig oplosmiddel.
Asfaltmastiek	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen dat nagenoeg geen holle ruimte heeft.
Asfaltmortel	Mengsel van bitumen met zand en vulstof als component van een asfaltmengsel.
Asverschuiving	Dijkversterking waarbij de kruin van de dijk deels wordt ontgraven en op een andere locatie weer wordt opgebouwd.
Atterbergse grenzen	Vloeigrens en uitrolgrens.
Bandijk	Dijk die het winterbed omsluit.
Basalton	Type betonzuil.
Basaltzuil	Zuilvormig toplaagelement van basalt.
Basismateriaal	Bovenste laag van het grondlichaam onder de bekledingsconstructie.
Beddingconstante	Coëfficiënt die de verhouding aangeeft tussen de door de grond geleverde tegendruk en de zakking van de grond ten gevolge van een bovenbelasting (een parameter die de stijfheid van de ondergrond uitdrukt).
Beheer	Geheel van activiteiten dat noodzakelijk is om te waarborgen dat de functies van de waterkering blijven voldoen aan de daarvoor vastgestelde eisen en normen.
Beheerder	Zie waterkeringbeheerder.
Beheerplan	Document waarin het geplande beheer van een kering is vastgelegd.
Beheerregister	Ook wel Technisch beheerregister. Document met de beschrijving van de voor het behoud van het waterkerend vermogen kenmerkende gegevens van de constructie en de feitelijke toestand van de waterkering.
Bekleding	Afdekking van de kern van een dijk ter bescherming tegen golfaanvallen, langsstromend water, golfoverslag en overloop.
Bekledingsconstructie	Geheel van lagen die tot doel hebben de dijk kern te beschermen tegen erosie door de waterbeweging, bestaande uit een toplaag met daaronder (eventueel) uitvul-, filter- en kleilagen.

Belasting	Op een constructie (een waterkering) uitgeoefende in- en uitwendige krachten, ofwel de mate waarin een constructie door in- en uitwendige krachten wordt aangesproken, uitgedrukt in een fysische grootte.
Belending	Aangrenzend pand bij een bouwproject.
Beloop	Oorspronkelijk Nederlands woord voor talud van de dijk, onderwaterbeloop, buitenbeloop. Het woord laat ruimte voor de variatie in de helling en materialen langs het beloop.
Benedenbeloop	Deel van het talud tussen waterlijn en buitenberm.
Berm	Extra verbreding aan de binnendijkse of buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, zandmeevoerende wellen te voorkomen en de golfslag en /of golfoverslag te reduceren.
Beschermingszone	In de keur beschreven zone ter weerszijden aan het waterstaatswerk waarbinnen een beperkt gebodsregime geldt met als doel aantasting van de waterkering door bijzondere belastingen (delfstofwinning, seismisch onderzoek, explosies van leidingen) te voorkomen.
Betonblok	Blokvormig toplaagelement van beton.
Betonpuin	Restproduct dat wordt gebruikt als granulair materiaal.
Betonzuil	Zuilvervormig toplaagelement van beton.
Beunbak	Plat vaartuig zonder opbouw en eigen aandrijving, dat is bedoeld voor het transport van grond.
Bezwijken	Het optreden van verlies van inwendig evenwicht (bijvoorbeeld afschuiven) en/of het optreden van verlies van samenhang in materiaal (bijvoorbeeld het verweken) en/of het optreden van ontoelaatbaar grote vervormingen van de waterkering.
Bezwijkmechanisme	Wijze waarop een constructie bezwijkt.
Bijzonder waterkerend object	Kering geplaatst en ontworpen ter bescherming van waterstaatswerken in oorlogstijd.
Bijzondere waterkerende constructie	Constructie om, in combinatie met een grondlichaam (dijk) of in plaats van een grondlichaam, water te keren, zoals muralt- of dijkmuren, damwanden, kistdammen, keermuren en kwelschermen.
Binnenberm	Extra verbreding aan de landzijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden en/of om zandmeevoerende wellen te voorkomen.
Binnendijks	Aan de kant van het land of het binnenwater.
Binnenkruinlijn	Lijn die de overgang markeert tussen de kruin en het binnentalud.
Binnentalud	Hellend vlak van het dijklichaam aan de binnendijkse zijde van de dijk.
Binnenteen	De onderrand van het dijklichaam aan de landzijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld).
Bitumen	Een zeer viskeuze vloeistof of vaste stof, in hoofdzaak bestaande uit koolwaterstoffen of hun derivaten, die vrijwel geheel oplosbaar is in zwavelkoolstof.
Bitumenemulsie	Een homogeen mengsel van bitumen en water waarbij bitumen in de vorm van zeer kleine bolletjes is gedispergeerd in water.
Blokken	Toplaagelementen die nauw op elkaar aansluiten en waarbij de spleetbreedte rondom elk element min of meer constant en meestal klein is.
Blokkenmat	Geprefabriceerde toplaagelementen die onderling door kabels of een geokunststof zijn verbonden tot een mat.
Borsteldijk	Grondverbetering onder een dijk met zinkstukken en een palenmatras, gebaseerd op de Indonesische Cerucuk-methode.
Bosmaaier	Grasmaaier voor ruig terrein.
Bovenbeloop	Deel van het talud tussen buitenberm en kruin.
Boventafel	Bovenste gedeelte van de taludbekleding (boven Gemiddeld Hoogwater of boven een overgangsconstructie).
Breuksteenoverlaging	Constructie waarbij op een bestaande, te lichte steenzetting ter versterking een pakket breuksteen is aangebracht.
Buitenbeloop	Taluddeel aan de waterzijde van de dijk boven de waterlijn
Buitenberm	Extra verbreding aan de buitendijkse zijde van de dijk om het dijklichaam extra steun te bieden, om zandmeevoerende wellen te voorkomen en/of om de golfploop te reduceren.

Buitendijks	Aan de kant van het te keren (buiten)water.
Buitenknik	Knik tussen de berm en het benedenbeloop.
Buitenkruinlijn	Lijn die de overgang markeert tussen de kruin en het buitentalud.
Buitentalud	Hellend vlak van het dijklichaam aan de kerende zijde.
Buitenteen	Onderrand van het dijklichaam aan de buitendijkse zijde van de dijk (de overgang van dijk naar maaiveld en/of voorland).
Bulldozer	Een machine die voorzien is van rupsbanden en die grond of zand verplaats door dit materiaal voort te duwen en waardoor het oppervlak geëgaliseerd wordt. Daartoe heeft een bulldozer een krachtige motor en een forse en brede bak.

Caisson	Een betonnen rechthoekige bak die in de waterbouw over het algemeen dienst doet als golfbreker of als hulpconstructie bij de sluiting van dijken en/of dammen.
Calamiteitenplan	Een draaiboek waarin verschillende acties om de dijk te bewaken (in geval van calamiteit) staan vermeld. Volgens de Waterwet zijn waterbeheerders verplicht dit op te stellen.
Cellenwand	Gewichtsconstructie opgebouwd uit damwanden, die tot cirkelvormige of deels cirkelvormige cellen worden geconstrueerd en met grond of een ander materiaal worden gevuld om voldoende massa te krijgen. Door de cellen onderling te verbinden ontstaat een cellenwand.
Colloïdaal beton	Onderwater gestort beton.
Combiwand	Een constructie opgebouwd uit een combinatie van open buispaal-elementen (of H-profielen) die een hoge sterkte en stijfheid bezitten en damwandelementen.
Compactor	Machine voor het samendrukken van stevige klei.
Conditionerende onderzoeken	Onderzoeken die voorafgaande aan de toetsfase, planfase of uitvoeringsfase nodig zijn om die fase zonder onnodige vertraging door ontbreken van benodigde gegevens te doorlopen.
Conditionering	Conditionering van het terrein omvat alle activiteiten die nodig zijn om een bouwlocatie technisch bouwrijp op te leveren voor de uitvoeringsfase.
Consistentie-index	Maat voor de stevigheid van klei. De verhouding tussen enerzijds het verschil van vloeigrens en werkelijk watergehalte en anderzijds de plasticiteitsindex.
Consolidatietijd	Tijdsduur die nodig is om vanaf het aanbrengen van een belasting, de wateroverspanning in de grond te laten afnemen tot deze (vrijwel) geheel is verdwenen.
Constructieve functie (constructies)	Het bijdragen aan het in stand houden van de waterkering, door het afdragen naar de ondergrond van belastingen die niet direct gerelateerd zijn aan de waterkerende functie.
Coupure	Onderbreking in de waterkering voor de doorvoer van een (water)weg of spoorweg die bij hoge buitenwaterstanden afsluitbaar is.
Cunet	Langwerpige ontgraving, die veelal wordt gemaakt om een weg of grondverbetering aan te leggen.

Dam	Waterbouwkundige constructie met aan twee zijden water. Kan zijn aangelegd om de golfhoogte er achter te reduceren, als havendam, of als (voorliggende) primaire waterkering.
Damwand	Een damwand is een verticale grond- en/of waterkerende constructie, die bestaat uit een rij losse de grond in gedreven wandelementen (planken of panelen) die door middel van een gronddichte en in sommige gevallen ook waterdichte messing-en-groefverbinding (genoemd 'slot' bij stalen damwanden) met elkaar zijn verbonden.
Decimeringshoogte	Absoluut verschil in hoogte tussen een waterstand met een bepaalde overschrijdingsfrequentie en een waterstand met een overschrijdingsfrequentie, die een factor 10 hoger of lager is.
Dekzand	Door de wind afgezet zand, dat als een dek op oudere zanden of afzettingen ligt in een laag, variërend van enkele decimeters tot meerdere meters dikte.
Dicht steenasfalt	Een licht overvuld mengsel met een gap-graded aggregaat, waardoor verdichting door eigen gewicht optreedt.
Dichtheid	Verhouding tussen massa en volume van het materiaal (volumieke massa, soortelijke massa).
Dichtingslaag	Een laag bindmiddel aangebracht op een oppervlak van waterbouwasfaltbeton.

Diepwand	Doorgaande (meestal onverankerde) wandconstructie, die is opgebouwd uit (trillingvrij) in de grond vervaardigde betonnen panelen voorzien van wapening.
Dijk	Waterkerend grondlichaam.
Dijkdeuvels	Dijkdeuvels zijn zware stalen ankerstangen, omhuld met grout, die door het kritieke afschuifvlak van een dijk worden gestoken tot in de onderliggende draagkrachtige ondergrond. Het grout wordt om de ankerstangen ingebracht via een boorcasing die wordt teruggetrokken. Door de toepassing van dijkdeuvels wordt de weerstand tegen afschuiven van het dijktalud aan landzijde vergroot.
Dijkenmengsel	Graszaad voor dijken.
Dijkkern	Grondlichaam van zand en/of klei in een dijk dat moet worden beschermd tegen de inwerking van de waterbeweging.
Dijkmuur	Constructie op een dijk aangebracht om golfoverslag over de dijk te beperken.
Dijkringlijn	Lijn die de ligging van de primaire waterkering aangeeft.
Dijksmateriaal	Materiaal waar een dijk uit is opgebouwd.
Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering, dat afzonderlijk genormeerd is.
Dijkvak	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting. Zie ook vak.
Dijkvernageling	Techniek om een dijk te versterken. Hierbij worden nagels met een kern van staal of kunststof in de dijk geplaatst. De kern is omhuld met een schil van grout (cement en water) die zorgt voor een goede hechting tussen de nagels en de grond in de dijk. Hiermee worden potentiële afschuifvlakken van de dijk gestabiliseerd.
Dilatant gedrag	Volumetoename ten gevolge van een opgelegde schuifvervorming van grond.
Doorgroeisteen	Platte betontegel of betonblok met gaten er in die begroeiing mogelijk maken (grasbetonstenen).
Doorlatendheid	Het vermogen van de grond om vloeistof door te laten. Verhouding tussen specifiek debiet en verhang. Darcy doorlatendheid, afhankelijk van de viscositeit van het water.
Doornikse steen	Blokvormig toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Doornik, België.
Dragline	Graafmachine met een aan een kabel bevestigde schepbak.
Dumper	Kipkar voor grondtransport.

Ecotop	Ruw laagje op de bovenkant van toplaagelementen ter bevordering van flora en fauna.
Elastocoast	Type gelijmde steenslag, dat in het verleden als harde bekleding wordt gebruikt.
Emulgator	Een stof die een emulsie stabiel houdt (er voor zorgt dat de geëmulgeerde stof niet samenklontert).
Erosie	Het proces waarbij grond, gesteente en dergelijke verplaatst worden door c.q. wegspoelen onder invloed van wind, stromend water of bewegende ijsmassa's.
Erosiecategorie	Categorie om de erosiebestendigheid van klei en leem aan te geven.
Erosie van de onderlagen	Faalmechanisme van bekledingen dat zich voordoet als de beschermende werking van de toplaag weggevallen is.
Erosiescherm	Een in het buitentalud aanwezige wandconstructie, die bij een geërodeerd buitentalud samen met het resterende deel van de dijk de waterkerende functie overneemt.

Faalkans	Kans op overschrijden van de uiterste grenstoestand van een waterkering of een onderdeel daarvan. De uiterste grenstoestand wordt vastgelegd door een faaldefinitie.
Faalmechanisme	De opeenvolging van gebeurtenissen die leidt tot falen.
Falen	Falen van een technisch systeem of onderdeel ervan houdt in dat het zich bevindt in een toestand waarbij een of meer functies daadwerkelijk niet meer (kunnen) worden vervuld. In de beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen is dat de waterkerende functie.
Fauna-uitstapplaats	Een voorziening langs een steile oever van een waterweg, waar (te water geraakte) dieren aan land kunnen komen.
Flugsand	Bimszand, een loskorrelig, poreus en licht materiaal van vulkanische oorsprong (puimsteen).
Fluïdisering	Proces waarbij fijne vaste deeltjes door een stromend gas of vloeistof in beweging worden gebracht.
Foutenboom	Schematische weergave van combinaties van oorzaken die tot bepaalde ongewenste gebeurtenissen, topgebeurtenissen genoemd, aanleiding kunnen geven.

Fractie	Verzameling korrels die de grootste van twee nader aangeduide zeven (nominale fractiegrenzen) passeert en blijft liggen op de kleinste. De ondergrens kan daarbij ook nul zijn.
Gebiedseigen grond	Grond afkomstig uit het gebied waarin een dijk wordt gemaakt of versterkt.
Gefreesd maaiveld	Voor het aanbrengen van een ophoging is het zaak om het bestaande maaiveld op te ruwen, te frezen om de ophoging één te laten worden met de ondergrond.
Geokunststof	Kunststof doek dat bijvoorbeeld op zand of klei wordt toegepast om uitspoeling ervan te voorkomen.
Geometrisch dicht	Criterium voor grond dichtheid van een filter, waarbij materiaaltransport fysiek onmogelijk is doordat de openingen in het filter kleiner zijn dan de korrelafmetingen van het basismateriaal.
Geo-risicomanagement	Het expliciet, gestructureerd, communicerend en continue omgaan met geotechnische risico's, onder andere geohydrologische risico's, geo-milieukundige risico's en ondergrondse obstakelrisico's.
Geotube	Met grond gevuld langwerpige element van geotextiel.
Gepenetreerde steenzetting	Steenzetting waarbij tussen de toplaagelementen beton of asfalt is aangebracht om de sterkte te vergroten.
Geschakelde steenzetting	Blokkenmat of interlock-elementen.
Geschiktheidsonderzoek	Onderzoek waarbij een proefproductie (veelal een dagproductie, volgens de RAW-standaard: 40 ton van waterbouwasfaltbeton of 16 ton in geval van open steenasfalt) bereid en verwerkt wordt op de door de aannemer voorgestelde werkwijze, met als doel aan te tonen dat de beoogde werkwijze tot de vereiste kwaliteit leidt.
Gesloten seizoen	Zie stormseizoen.
Gewapende grond	Bij kerende constructies met een steile of verticale begrenzing in gewapende grond wordt de inwendige stabiliteit verzekerd door meerdere lagen van wapening (strippen, roosters of grids) die, door interactie (wrijving) tussen grond en wapening, trekkracht kunnen overdragen.
Gewichtsmuur	Op staal gefundeerde grondkerende constructie die zijn algehele stabiliteit ontleent aan zijn eigen gewicht (inclusief eventueel door de muur ondersteunde volumes aanvulling).
Gietasfalt	Warm bereid asfalt met een mengsel van gegradeerd grind (of steenslag) en een overmaat aan asfaltmastiek, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft.
Glijvlak	Het vlak waarlangs een afschuivende grondmoot afschuift over het stabiele deel van een grondlichaam en waarlangs door de grond schuifsterkte wordt gemobiliseerd.
Golfbelastingen	Golfcondities die worden gebruikt voor het toetsen en ontwerpen van de diverse faalmechanismen.
Golfcondities	Weergave van de toestand van een golfveld op een bepaald moment, veelal in termen van significante golfhoogte, (gemiddelde of piek)periode en gemiddelde golfrichting.
Golfhoogte	De verticale afstand tussen dal en top van een golf.
Golfklap	Korte drukstoot op het talud die ontstaat doordat de watermassa van een brekende golf het talud met grote snelheid treft.
Golfklapzone	Deel van het talud dat door golfklappen wordt belast.
Golfploop	Het tegen het talud oplopen van golven.
Golfploophoogte	Hoogste niveau ten opzichte van de stilwaterlijn tot waar een golf het talud nat maakt.
Golfverslag	Situatie waarbij de waterstand lager is dan de hoogte van de waterkering en waarbij golven over de waterkering heen slaan.
Golfverslagdebiet	De hoeveelheid water die door golven per strekkende meter gemiddeld per tijdseenheid over de waterkering slaat.
GPS	Global Positioning System, wordt gebruikt voor plaatsbepaling via satellieten.
Gradiënt	Verloop van een grootte per eenheid van lengte. Zie: verhang.
Granietblok	Blokvormig toplaagelement van graniet.
Granulaire laag	Laag van korrelig materiaal van beperkte dikte die onder de toplaag kan liggen, fungerend als filterlaag en/of uitvullaag.
Gras	Individuele plantensoort (enkelvoud) of begroeiing met een grasachtig uiterlijk (meervoud; dan ook 'grasland', 'grasvegetatie'). Echte grassen (Poaceae) of verwante eenzaadlobbige soorten zijn dominant of beeldbepalend. In de meeste dijkgraslanden komen echter ook kruiden voor.

Graszode	Het intensief doorwortelde bovenste deel van de toplaag, bestaande uit substraat plus wortels. In de zode zijn de wortels van individuele spruiten meestal sterk vervlochten. De zode is gewoonlijk 5 tot 10 cm dik.
Grenslaag	Onderste deel van het afdekkende pakket. Bij hoogwater wordt de waterspanning in de grenslaag beïnvloed door de stijghoogte in de onderliggende aquifer.
Grindasfaltbeton	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van grind, zand en vulstof, dat een laag percentage holle ruimte heeft.
Grof zand	Aanduiding voor zanden met een gemiddelde korrelgrootte van de zandfractie tussen 210 en 2000 μm .
Grondlagen	Grond wordt in dunne horizontale lagen aangebracht. Dit is enerzijds om de grond goed te kunnen verdichten. Daarnaast is een geleidelijke laagsgewijze ophoging om de wateroverspanningen in de ondergrond niet te snel te laten oplopen.
Grondbreuk	Zie hydraulische grondbreuk.
Grondstabilisatie	Grondverbetering door middel van opmenging van grond met een kleine hoeveelheid bindmiddel.
Grondverbetering	Dit is een verbetering van slappe lagen onder de dijk door afgraving en vervanging door vaste grond, of door bijmenging met een materiaal.
Grondverzet	Het geheel van ontgraven, transport, inrijden-sputten, spreiden en onder profiel brengen van grond.
Grondwaterstand	Hoogteligging van het freatisch vlak.

Haringmanblok	Type betonblokken met inkeping ter beperking van golfoploop.
Heterogeen	Van punt tot punt belangrijke verschillen in eigenschappen bezittend.
Hoogwatergolf	Tijdelijk verhoogde waterstanden in een rivier (met een golfvorm) door een vergrote rivierafvoer. De hoogwatergolf kan enkele uren tot enkele dagen aanblijven.
Hybride kering	Primaire kering, bestaande uit een combinatie van een zandlichaam (duin) en een harde waterkeringsconstructie.
Hydraulisch dicht	Criterium voor grond dichtheid van een filter, waarbij materiaaltransport onmogelijk is doordat de weerstand tegen uitspoeling voldoende groot is bij de maatgevende belasting.
Hydraulisch materiaal	Granulair materiaal dat kan samenkiten.
Hydraulische belasting	Belasting op de waterkering als gevolg van de lokale waterstand en bijbehorende golven.
Hydraulische condities	De condities die bepalend zijn voor de hydraulische belasting. Het betreft onder meer waterstanden, stroming, golfhoogten en golflengten.
Hydraulische grondbreuk	Verlies van korrelcontact in de grond als gevolg van te hoge wateroverspanningen; in geval van een cohesieve afdekkende grondlaag leidt dit tot opdrijven en opbarsten, in geval van een niet-cohesieve grondlaag tot heave.
Hydraulische waterspanning	(Grond)waterspanning in een punt in de (onder)grond die overeenkomt met de waterspanning als gevolg van een kolom water vanaf dat punt tot aan de vrije grondwaterspiegel.
Hydraulische weerstand	Karakterisering van de doorlatendheid van grondlagen. Weerstand die een bepaalde laag biedt tegen (meestal verticale) grondwaterstroming. Bij een homogene laag is deze grootte gelijk te stellen aan het quotiënt van laagdikte D en (verticale) doorlaatcoëfficiënt k .
Hydroseeding	Inzaaien van gras door het zaadmengsel met een kleefmiddel op een talud te spuiten.
Hydrostatische waterspanning	(Grond-)waterspanning in een punt in de (onder-)grond die overeenkomt met de waterspanning als gevolg van een kolom water vanaf dat punt tot aan de vrije grondwaterspiegel.

In de grond ingebedde grondkering	Relatief dunne wanden van staal, gewapend beton of hout, ondersteund door ankers, stempels en/of passieve gronddruk. De buigweerstand van dergelijke wanden speelt een significante rol in de ondersteuning van het materiaal, terwijl het gewicht van de ingebedde wand zelf onbelangrijk is.
Infiltratie	Indringen van water in de dijk of ondergrond.
Infiltratiecapaciteit	Het vermogen van de grond om water te laten indringen ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^2$).
Ingegoten steenzetting	Steenzetting waarbij tussen de toplaagelementen van boven af tot meer dan de helft van de toplaagdikte beton of asfalt is aangebracht ("vol en zat" gepenetreerde steenzettingen).

In-situ	Op de projectlocatie.
Instandhouding	Het behouden van de veiligheidstoestand conform de vigerende eisen van de waterkering.
Interne instabiliteit	Migratie van de fijne fractie van een filter door de poriën van het filter.
Intreepunt	(Theoretisch) punt waar het buitenwater tot de aquifer toetreedt, als gevolg van het verval over de waterkering.
Intreeweerstand	Weerstand veroorzaakt door een slecht-doorlatend sliblaagje ter plaatse van het intreepunt.
Invloedszone	De zone waarbinnen de invloed van een bepaald faalmechanisme aanwezig is.
Inwasmateriaal	Granulair materiaal dat in de spleten tussen de stenen wordt aangebracht om de interactiekrachten tussen de blokken te vergroten.
Inwendige stabiliteit	Mate van weerstand van een asfaltmengsel tegen blijvende en ongewenste vervormingen ten gevolge van het eigen gewicht of externe belastingen (bijvoorbeeld walsen).
Inzanding	De ophoping van zand in de toplaag en de granulaire laag, afkomstig van bijvoorbeeld het voorland (zie ook inslibbing).

Kade	Kleine dijk.
Karakteristieke waarde	Waarde met een voorgeschreven onder- of overschrijdingskans, bepaald op grond van een statistische analyse van beschikbare gegevens.
Kerende hoogte	Laagste punt van de bovenrand van de waterkering, het niveau waarbij overloop optreedt als de buitenwaterstand dit niveau overschrijdt.
Keileem	Door landijs gevormde afzetting, die kan bestaan uit stenen, grind, zand en/of klei.
Kernzone	Zie waterstaatswerk.
Keur	Verordening met strafbepaling van een waterschap.
Keurgebied	Gebied waarop de keur van toepassing is.
Keurzone	Zie keurgebied.
Kielspit	Een kielspit is een verlenging van de kleideklaag in de ondergrond. Dit is bedoeld om de deklaag stevig te verankeren en om de waterdichtheid te garanderen bij de gestructureerde toplaag.
Kistdam	Set damwandschermen verbonden door één of meerdere ankers waarbij de ruimte tussen de schermen gevuld is met grond.
Klei	Grondsoort met een hoog percentage lutumdeeltjes (<math><2 \mu\text{m}</math>).
Kleibekleding	Laag klei, inclusief een eventueel aanwezig laagje teelaarde, die dient ter bescherming van het onderliggende kernmateriaal van een dijk of dam.
Kleideklaag	Op dijken dient een erosiebestendige kleilaag te worden aangebracht om de waterdichtheid te garanderen en om de dijk te beschermen tegen verweering en tegen erosie door golfoverslag en neerslag.
Kleikist	Een kleikist is een ingegraven, brede, verticale muur van klei. Deze wordt in sommige dijklichamen aangebracht om de waterdichtheid te garanderen.
Klemming	Bijdrage aan de weerstand tegen toplaaginstabiliteit doordat naast elkaar liggende toplaagelementen onderlinge beweging onmogelijk maken.
Klink	Dikteafname van een grondconstructie of -laag ten gevolge van autonome verdichting van het materiaal.
Klinker	Toplaagtype.
Koperslakblok	Blokvormig toplaagelement, gemaakt van het restmateriaal koperslakken.
Kopsloot	(Polder)sloot die dwars op de dijk of kade is gesitueerd.
Korrelverdeling	Verdeling van de korrels naar afmeting in de diverse fracties binnen een korrelgroep.
Kraagstuk	Zinkwerk of zinkstuk van rijshout dat zowel de oever als een deel van de bodem beschermt.
Krammat	Laag stro of riet die tegen de helling van een dijk is aangebracht en met strobeugels bevestigd, om hem tegen de golfslag te beschermen.

Kreukelberm	Flexibele overgang tussen nat werk (kraagstuk met bestorting) en droog werk (steen-zetting of asfalt), met ieder hun eigen maattoleranties en opsluiting van teenschot. Tevens bescherming tegen erosie door inwerking van golven en stroom rond de dagelijkse, normaal voorkomende waterlijn. Het kraagstuk wordt in verband met het rijnshoutmateriaal tot maximaal "een halve vloed" opgetrokken om het nat en duurzaam werkend te houden. De stortstenen "golfkreukelzone" kan verder op het talud naar boven worden doorgezet.
Kritiek verval	Waarde van het verval, of de lengte van de maatgevende kwelweg, waarbij juist geen piping of heave optreedt.
Kritieke kwelweglengte	De lengte van de maatgevende kwelweg waarbij wel zandtransport, maar juist geen piping of heave optreedt.
Kruiden	Tweezaadlobbige plantensoorten, vaak gekenmerkt door een weinig 'grasachtig' uiterlijk en – in vergelijking met grassen – veel opvallender bloemen. In natuurlijke graslanden en ook op de meeste dijkgraslanden komen naast grasachtigen ook kruiden voor.
Kruin	1. Strook tussen buitenkruinlijn en binnenkruinlijn; 2. Hoogste punt in het dwarsprofiel van het dijklichaam; 3. Buitenkruinlijn.
Kruinhoogte	Hoogte van de waterkering.
Kruip	In de tijd doorgaande vervorming van een materiaal ten gevolge van een belasting.
Kunstwerk (waterkerend)	Constructie die onderdeel uitmaakt van een waterkering en over een beperkte lengte de waterkerende functie van het grondlichaam geheel of gedeeltelijk overneemt, maar is aangelegd ten behoeve van een andere (utilitaire) functie die de waterkering kruist (zoals schutten en spuien). In verband met deze utilitaire functie zijn deze waterbouwkundige constructies meestal voorzien van één of meer beweegbare afsluitmiddelen.
Kwel	Het uittreden van grondwater (water dat door of onderdoor een waterkering stroomt) als gevolg van het te keren verval over de waterkering (waterstandsverschil). Doorsijpelen van water onder de dijk door. In het algemeen: het diffuus uittreden van grondwater. In het bijzonder: het uittreden van grondwater onder invloed van grotere stijghoogten elders in het hydrologische systeem.
Kwelkade	In het direct aan de dijk grenzende achterland aangebrachte kade om afstromen van kwelwater te verminderen waarmee wordt getracht het optreden van pipingverschijnselen te voorkomen alsmede wateroverlast binnendijs tijdens hoge rivierafvoeren te beperken.
Kwelscherm	Een ondoorlatende, in de regel verticale, constructie voor verlenging van de kwelweg.
Kwelsloot	Sloot aan de binnenzijde van de dijk die tot doel heeft kwelwater op te vangen en af te voeren.
Kwelweg	Mogelijk pad in de grond dat het kwelwater aflegt, van het intreepunt naar het uitreepunt.
Kwelweglengte	Lengte van de kwelweg, dit is de afstand die het kwelwater ondergronds aflegt voordat het weer aan de oppervlakte komt.

Lagedrukleiding (vloeistof, gas)	Leiding deel uitmakend van een systeem waarin een bedrijfsdruk kleiner dan 1 MPa (10 bar) wordt aangehouden.
Langsconstructie	Type constructie in een waterkering waarvoor geldt dat de onzekerheden gerelateerd aan de (relatief) grote lengte in de richting van de as van de waterkering (ten opzichte van de lengte loodrecht op de as van de waterkering) in de beoordeling moeten worden meegenomen zoals kademuren en stabiliteitsschermen.
Langsstroming	Stroming van water over het talud evenwijdig aan de as van de dijk.
Langsvoeg	Spleet tussen blokvormige toplaagelementen aan de lange zijde van de blokken.
Leem	Grondsoort met relatief veel deeltjes met een diameter tussen 2 µm en 63 µm.
Leendertse blokken	Type interlockelementen.
Legger	Kaart met juridische status die waterkeringbeheerders op grond van artikel 5.1 van de Waterwet moeten opstellen. Hierop staat de ligging, vorm en afmeting van de waterkeringsconstructie en de daarin te onderscheiden zones (waterstaatswerk, beschermingszone en buitenbeschermingszone). Ter bescherming van de dijk worden aan deze gronden gebruikbeperkingen opgelegd. Deze beperkingen zijn opgenomen in de keur en, indien van toepassing in overeenkomsten voor de aan- of verkoop van gronden.
Lessinese steen	Blokvormig toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Lessine, België.

Levensduurfactor	Factor om de invloed van het gecorreleerd zijn van faalkansen in afzonderlijke jaren binnen de levensduur op de faalkans voor de gehele levensduur in rekening te brengen.
Liquefactie	Zie verweking.
Lokale opstuwing	Lokale waterstandsverhoging ter plaatse van de waterkering als gevolg van obstakels in het rivierbed.
Lokale opwaaiing	Opwaaiing tussen de locatie waarvoor de hydraulische randvoorwaarde wordt gegeven en de waterkering.
Lutum	Gronddeeltjes kleiner dan 2 μm .
L-wand	Al dan niet verankerde grondkerende constructie in de vorm van een L, waarvan de verticale wand primair is om de grond te keren en het horizontale deel om de stabiliteit van de constructie te waarborgen.

Maatgevende afvoer	De afvoer die bepalend is gesteld voor het ontwerp of een deel ervan.
Maatgevende Hoogwaterstand	De waterstand met een kans van voorkomen gelijk aan de normfrequentie van het dijktraject waar de waterkering onderdeel van uitmaakt.
Maatgevende waterstand	Waterstandsniveau waarbij de bekleding volgens de berekening zal bezwijken.
Macro-instabiliteit	Het afschuiven van grote delen van het grondlichaam van een dijk langs rechte of gebogen glijvlakken, dan wel het evenwichtsverlies ten gevolge van het ontstaan van grote plastische zones.
Macrostabiliteit	Weerstand tegen het optreden van een glijvlak in het talud en de ondergrond.
Mastiek	Warm bereid asfalt met een continu gegradeerd mengsel van zand en vulstof en een overmaat aan bitumen, dat nagenoeg geen holle ruimte heeft (asfaltmastiek).
Materiaaltransport	Faalmecanisme waarbij uitspoeling vanuit onderlagen leidt tot ondermijning van de toplaag.
Microstabiliteit	Weerstand tegen erosie van het talud als gevolg van uittredend water.
Middenkruinlijn	Midden van buiten- en binnenkruinlijn.
Mijnsteen	Restproduct van mijnbouw bestaand uit breed gegradeerd granulair materiaal.
Milieueffectrapportage (m.e.r.) en Milieueffect-rapport (MER)	Een milieueffectrapportage levert onderbouwing voor besluitvorming over de dijkversterking. Hiermee krijgt het omgevingsbelang een volwaardige plaats in de besluitvorming, immers het voorkeursalternatief in het Projectplan is mede op basis van de m.e.r. gekozen.
Mineraal aggregaat	Mengselcomponent in asfalt, bestaande uit grind of steenslag, zand en vulstof of een combinatie hiervan.
Mobiele kering	Demontabele of tijdelijk keermiddel dat niet permanent aanwezig is en apart moet worden opgebouwd bij een (dreigend) hoogwater.
Monitoring	Het volgen van veranderingen met behulp van meting met als doel om een situatie te kunnen beheersen en indien nodig tijdig bij te sturen met maatregelen.

NAP-daling	Daling van het NAP-vlak als gevolg van onderlinge bewegingen in de aardkorst. Wegens het ontbreken van een meetbaar referentiepunt kan deze daling niet zelfstandig, maar alleen in combinatie met de getijhoogwaterstijging worden gekwantificeerd.
Niet-waterkerend object	Objecten op of in de dijk die geen waterkerende functie hebben, zoals leidingen, woningen en andere opstallen, gemalen en bomen.
Noorse steen	Verzamelsnaam voor stenen die in de ijstijd door ijsmassa's zijn meegenomen en die in de 19e en begin 20e eeuw in Midden- en Noord-Nederland als bekleding op de dijk zijn aangebracht (Noordse steen, Drentse steen, Poolse steen, flinten).
Norm	Toelaatbare overstromingskans van een dijktraject. De norm wordt uitgedrukt in de ondergrens of signaleringswaarde.
Normfrequentie	Nog net toelaatbare overstromingskans van een dijktraject.
Normtraject	Waterkeringstraject of (in juridische termen) dijktraject waarvoor in de Waterwet een faalkans is gegeven (ook traject).
Nulfractie	Fractie van granulair materiaal met kleine diameter, globaal kleiner dan 10 mm (nulfractie).
Nulmeting	Meting van de initiële situatie voorafgaand aan werkzaamheden.
Numeriek model	Model dat door middel van discretisatie de differentiaalvergelijkingen oplost, die de fysische processen beschrijven.

Oeverwal	Zandige rug nabij rivieroever. Zie omschrijving komgronden.
Omgevingsbeïnvloeding	Verzamelterm voor alle mogelijke invloeden van een bouwproject op haar omgeving.
Ondergrondmodel	Een ondergrondmodel geeft de ruimtelijke verdeling van geologische, geotechnische of hydrologische eenheden in de ondergrond, vaak in 3D.
Ondergrondprofiel	2D dwars- of langspiegel waarin de opbouw van de ondergrond wordt weergegeven. Meestal grotendeels gebaseerd op een extrapolatie van informatie uit ondergrondgegevens.
Ondergrondschematisering	Een schematische weergave van (een deel) van de ondergrond voor een bepaald gebied.
Onderlagen	Alle lagen tussen de dijk kern en de toplaag.
Onderloopsheid	Lekstroom onder een constructie door.
Onderloopsheid (faalmechanisme)	Het ontstaan van holle ruimten onder een constructie als gevolg van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd. Hierbij loopt de kwelstroom onder de constructie door op het grensvlak van constructie en zand.
Ondertafel	Onderste gedeelte van de taludbekleding (onder Gemiddeld Hoogwater of onder een overgangsconstructie).
Onderwaterbeloop	Het talud dat zich onderwater uitstrekt en overgaat in de natuurlijke bodem van rivier, zee of meer. In veel gevallen nog vastgelegd met zinkstukken en steen voor de buitenwaartse standzekerheid van de dijk
Onderwateroever	Zie vooroever.
Ongebluste kalk	Calciumoxide. Wit poeder dat wordt gemaakt met kalksteen en nog niet met water in aanraking is geweest (geblust).
Ongesorteerd	Aanduiding van granulair materiaal waaruit de nulfractie niet is uitgesorteerd.
Ontgroning	Erosie van de waterbodembodem of vooroever als gevolg van stroming en golfbeweging.
Ontlastbron	Een techniek waarmee de freatische lijn of stijghoogte in een dijk tijdens hoog water wordt verlaagd om de stabiliteit te verhogen.
Opbarsten	Scheuren (bezwijken) van de binnendijks gelegen afdekkende laag die is opgedreven als gevolg van een te grote wateroverspanning in de daaronder gelegen watervoerende laag. Algemeen: Bezwijken van de grond door het ontbreken van verticaal evenwicht in de grond, onder invloed van wateroverdrukken.
Opdrijfveiligheid	Verhouding tussen het gewicht van het afdekkend pakket slecht doorlatende lagen (klei/veen) en de opwaartse waterdruk direct er onder, uitgedrukt in de parameter 'n'.
Opdrijfzone	Zone achter de dijk waar de grenspotentiala wordt bereikt.
Opdrijven (asfalt, bekledingen)	Onder extreme omstandigheden optredende neiging tot oplichten van een bekleding langs het talud door een wateroverdruk onder de bekleding die groter is dan de component van het eigen gewicht loodrecht op het talud.
Opdrijven (piping, macrostabiliteit)	Vorm van hydraulische grondbreuk waarbij een cohesieve afdekkende laag wordt opgelicht ten gevolge van wateroverspanning in de onderliggende watervoerende laag. Opdrukken van het afdekkende pakket door het bereiken van de grenspotentiala.
Open steenasfalt	Warm bereid asfalt met een mengsel van grof en uniform gegradeerd steenslag en een ondermaat aan asfaltmastiek, dat een hoog percentage holle ruimte heeft.
Ophoogslag	Laag grond die in één keer wordt opgebracht. Daarna wordt een wachttijd toegepast om de wateroverspanningen te laten afnemen.
Oppervlakbehandeling	Een dichtingslaag en/of een slijtlaag op een bekleding van asfaltbeton.
Overgangsconstructie	Aansluiting tussen twee wezenlijk verschillende type constructies. Het kan gaan om de aansluiting tussen een duin, dijk en/of kunstwerk, maar ook om een overgang tussen twee verschillende typen bekledingen.
Overgoten steenzettingen	Steenzettingen waarbij tussen de toplaagelementen van boven af tot minder dan de helft van de toplaagdikte beton of asfalt is aangebracht (oppervlakkig gepenetreerde steenzettingen).
Overhoogte	De dijk wordt hoger aangebracht dan het ontwerp-profiel om te compenseren voor klink en zettingen.
Overlopen	Het over de waterkering heen stromen van water, als de waterstand hoger is dan de waterkering.
Overslagdebiet	Volume water dat per strekkende meter per seconde door de golfbeweging over de buitenkruinlijn slaat.

Overslaggronden	Nabij doorbraken gelegen gronden die heterogeen zijn door de turbulentie van het overstromende water nabij het stroomgat. Hierdoor ontstaan grondlagen die afwijken van het natuurlijke oeverwallen- en komgrondenpatroon. Veel van de overslaggrond komt uit het wiel van de doorbraak, waardoor de kleigronden worden vermengd met zand en grind.
Overstroming	De situatie dat er dusdanig veel water in het gebied achter de (primaire) kering komt te staan dat dodelijke slachtoffers vallen of substantiële economische schade ontstaat.
Pakking of pakkingsdichtheid	Mate waarin korrels in een zandpakket dicht opeen gepakt zitten.
Palenwand	Een palenwand is opgebouwd uit een rij in de grond gevormde, overlappende palen van beton of cementgrout, eventueel gewapend om buigende momenten te kunnen opnemen.
Patroonpenetratie	Penetratie met asfalt of beton van een breuksteenbekleding over een deel van het oppervlak.
Peil	De hoogte van de waterstand.
Peilbuis	Algemene term voor een in de grond geplaatste buis of soortgelijke constructie met een kleine diameter voorzien van een filter, waarin de grondwaterstand c.q. stijghoogte kan worden gemeten.
Perkoenpaal	Een houten ronde paal die onder andere wordt toegepast in rijswerken en in het beschermen van oeverwerken. Vaak wordt een perkoenpaal van eiken- of dennenhout gemaakt.
Perskade	Ringdijk of twee langsdijken waartussen zand wordt opgespoten.
Persleiding	Leidingsysteem waar onder druk een vloeistof of een gas doorheen wordt gepompt.
Piping	Het verschijnsel dat onder een waterkering (dijk of kunstwerk) holle pijpvormige ruimte ontstaan, ten gevolge van een geconcentreerde kwelstroom waarbij gronddeeltjes worden meegevoerd; dit verschijnsel wordt ook onderloopsheid genoemd. In de feitelijke definitie is sprake van piping indien zich een doorgaand open kanaal heeft gevormd van intreepunt tot uitreepunt doordat het erosieproces van een zandmeevoerende wel niet stopt.
Plaatbekleding	Monoliete en waterdichte bekleding.
Plasberm	Zie teenbestorting.
Plasticiteitsindex	Verskil tussen vloeigrens en uitrolgrens. Deze grootte geeft de mate aan waarin klei of leem gevoelig is voor veranderingen van het watergehalte.
Platenbaan	Tijdelijke rijweg op stalen, betonnen of houten platen.
Polderpeil	Peil van het oppervlaktewater binnen een beheersgebied.
Ponton	Plat vaartuig zonder opbouw en eigen aandrijving, dat is bedoeld voor het transport van zware lading of voor het opstellen van materieel.
Porositeit	Verhouding tussen de open ruimte tussen de korrels en het totale volume (open ruimte + korrels) van het granulaire materiaal.
Potentiaal	Stijghoogte ten opzichte van een referentievak.
Proctordichtheid, maximum	Hoogste dichtheid van grond die in een gestandaardiseerde proefprocedure wordt bereikt als het watergehalte wordt gevarieerd.
Projectgebied	Het gebied waar daadwerkelijk de voor de dijkversterking benodigde maatregelen worden genomen. Het projectgebied omvat ook de gebieden waar tijdelijke voorzieningen, zoals tijdelijke laad- en loswallen, depots en opslagterreinen en bouwwegen voor de dijkversterking komen.
Projectplan (Waterwet)	Het Projectplan (Waterwet) geeft een beschrijving van het werk, de wijze waarop het zal worden uitgevoerd en een beschrijving van de voorzieningen om nadelige gevolgen van de uitvoering van het werk ongedaan te maken of te beperken. De term Projectplan volgt uit de Waterwet art. 5.4, maar kan voor een dijkversterking afhankelijk van de context worden vervangen door een Provinciaal Inpassingsplan (PIP) of een Rijksinpassingsplan (RIP).
Provinciaal Inpassingsplan	(PIP) projectplan voor een ingreep op provinciaal niveau. Een projectplan Waterwet voor een dijk kan onderdeel uitmaken van PIP waar de dijkversterking wordt ingepast in een groter geheel van verbeteringsmaatregelen.
Regionale (water)kering	Niet-primaire waterkering.
Relatieve dichtheid	Relatief gewicht van materie onder water, gedefinieerd als het soortelijk gewicht van de materie minus het soortelijk gewicht van het water, gedeeld door het soortelijk gewicht van het water.

Restproduct	Bijproduct van productieprocessen dat als constructiemateriaal wordt gebruikt.
Revisie(tekening)	Tekening die laat zien welke wijzigingen aangebracht worden ten opzichte van het uitvoeringsontwerp of een vorige tekening. In de praktijk worden de termen 'revisie' en 'as built' dooreen gebruikt.
Rijksinpassingsplan	(RIP), zie ook Provinciaal Inpassingsplan en projectplan Waterwet. In dit geval past de dijkversterking in een groter geheel van maatregelen op Rijksniveau.
Rijpen	Stevig worden van klei door uitdroging en hieraan gerelateerde fysische, chemische en biologische processen.
Rijshout	Rijshout is de verzamelnaam voor taaie tenen en twijgen (orde vier jaar oud) veelal van wilgen, maar ook van andere rechtscheutige houtsoorten als elzen en populieren. Oorspronkelijk werden deze geoogst in de grienden langs de rivieren en in de Biesbosch.
Ripper	Een soort ploeg.
Risico	Is kans maal gevolg ofwel een ongewenste gebeurtenis met een kans van optreden door technische, menselijke of organisatorische oorzaken en gevolgen (veiligheid, tijd, geld, hinder en reputatie) voor één of meer betrokkenen. Is dynamisch, d.w.z. kans en gevolgen veranderen in de tijd (van de ene naar de andere projectfase en binnen elke afzonderlijke projectfase).
Risicoanalyse	Het nagaan van de kans op een ongewenste gebeurtenis en de gevolgen daarvan.
Risicomangement	Het expliciet, gestructureerd, communicerend en continue omgaan met risico's, het vinden van een balans tussen risico's nemen en risico's beheersen.
Ruwheidselement	Uitsteeksel op toplaagelementen met als functie het beperken van de golfoploop.

Schaardijk	Dijk die onmiddellijk aan de rivier ligt en niet door uiterwaarden daarvan gescheiden is.
Schapenpootwals	Wals met uitsteeksel om harde kluiten in de grond beter te kunnen verdichten.
Scheve windopzet	Het verschil tussen een maximale hoogwaterstand en astronomisch hoogwater, waarbij een eventueel tijdsverschil tussen beide wordt genegeerd.
Schrle klei	Weinig erosiebestendige klei.
Schroefstraal	Beweging in het water achter de draaiende schroef van het schip.
Schuifsterkte	De sterkte die de grond kan mobiliseren langs het (potentiële) schuifvlak.
Sedimentatie / resedimentatie	(Opnieuw) bezinken van zandkorrels en/of slib in een stroming.
Secundair materiaal	Granulair materiaal dat als restproduct vrijkomen in de industrie.
Sifon	Een duikervormige constructie waarmee, bij een kruising van twee waterlopen, water van de ene waterloop onder een ander waterloop wordt geleid.
Sijpeloppervlak	Deel van het dijktalud waar grondwater uittreedt.
Silex	Restproduct van de cementindustrie, bruikbaar als granulair materiaal.
Slakken	Restproduct, in bepaalde gevallen bruikbaar als granulair materiaal.
Slijterosie	In de loop der jaren geleidelijk dunner worden van de dijkbekleding door afslijten als gevolg van de waterbeweging op het talud of door vorstschade.
Soilmixwand	Versterking waarbij in één vlak de grond wordt verbeterd met een grote hoeveelheid bindmiddel.
Squeezing	Plotseling optredende grote horizontale, van de as van de grondconstructie af gerichte verplaatsingen in de ondergrond onder de grondconstructie.
Stabiliteitsfactor	De verhouding tussen sterkte en belasting (veelal in een stabiliteitsberekening van een waterkering).
Stabiliteitsnorm	De minimale waarde van de stabiliteitsfactor, waaraan een waterkering moet voldoen.
Stabiliteitsscherm	In de waterkering aanwezige al dan niet verankerde verticale wandconstructie die, in combinatie met het grondlichaam, de macrostabiliteit van de waterkering verhoogt en daarmee binnen de waterkerende functie mede de verantwoordelijkheid draagt voor de stabiliteit van de waterkering.
Stabiliteitszone	De terreinstrook naast het waterstaatswerk die wordt bepaald door het faalmechanisme macro-instabiliteit van het waterstaatswerk.
Standaardelement	Toplaagelement van een standaardtype: niet onderling verbonden, zonder gaten, zonder grote uitsteeksels.

Standaardsortering	Sortering van granulair materiaal volgens erkende normen.
Standaardsteen-zetting	Steen-zetting met een toplaag van standaard-elementen.
Standtijd	Tijdsduur van begin van belasting tot aan bezwijken van het betreffende onderdeel van de waterkering.
Steen-slag	Procesmatig gebroken gesteente, waarbij onder gesteente wordt verstaan gesteente van natuurlijke oorsprong en kunstmatig gevormde gesteente zoals slakken, granulaten, gecalcineerd bauxiet, gecalcineerde vuursteen e.d.
Steen-zetting	Bekleding waarvan de toplaag bestaat uit in verband geplaatste elementen.
Stijg-hoogte	Niveau tot waar het water zou stijgen in een peilbuis met filter ter plaatse van het punt; wordt uitgedrukt in meters waterkolom ten opzichte van een referentievlak.
Slijt-laag	Dunne laag vloeibitumen of bitumenemulsie die wordt aangebracht op een asfaltbetonbekleding om de bekleding te conserveren, afgestrooid met steen-slag of grind om het aanzicht te verbeteren.
Stoor-laag	Dunne klei-, leem-, of veen-laag in een overigens dik zand- of grindpakket.
Stoot-voeg	Spleet tussen blokvormige toplaag-elementen aan de korte zijde van de blokken.
Stop-werk	Voegvulling in de vorm van brokken en scherven van toplaag-elementen die in de spleten zijn vastgezet.
Storm-duur	Duur van de storm (niet alleen de stormtop, maar tenzij anders vermeld de gehele storm). Voor constructies: de duur van de tot hoogwaterblok gemodelleerde piek van de storm waarmee het instromende volume van buitenwater kan worden bepaald.
Storm-opzet	Zie windopzet.
Storm-seizoen	Periode waarin geen werkzaamheden aan waterkeringen mogen worden uitgevoerd, meestal 15 oktober-15 april (gesloten seizoen).
Storm-vloed	Hoogwaterperiode waarbij te Hoek van Holland het grenspeil (met een gemiddelde overschrijdingsfrequentie van 0,5 per jaar) wordt bereikt of overschreden (voor het grenspeil: zie getijtafels op www.getij.nl).
Stripping	Degradatieproces van asfaltmengsels onder invloed van water waarbij in de loop van de tijd de hechting tussen het bitumen en de korrels wordt verbroken.
Studie-gebied	Het gebied waarbinnen onderzoek is gedaan naar de diverse milieueffecten van de dijkversterking. Het studiegebied is veelal groter dan het plangebied en wordt bepaald door de reikwijdte van de effecten.

Talud	De schuin aflopende zijden aan de binnen- en buitenkant van een dijk of andere aardenbaan.
Teelaardelaag	De teelaardelaag wordt als afwerking van een dijk aangebracht als goed doorwortelbare ondergrond van de grasmat.
Teenbescher-ming	Constructie die het talud beschermt door ontgroning en/of afslag van de voorliggende oever te voorkomen.
Teenbestorting	Horizontaal gedeelte van een dijk, aan de buitenzijde gelegen, als overgang tussen de harde bekleding en de rest van het talud of de vooroever. Ook wel 'kreukelberm' (Zeeland) of 'plasberm' genoemd.
Teenconstructie	Constructie aan de onderzijde van het talud als overgang naar het voorland of de teenbestorting.
Teer	Een viskeuze zwarte vloeistof met hechtvermogen, verkregen door destructieve destillatie van steenkool, hout, leisteen e.d. Wanneer de oorsprong niet wordt vermeld, houdt dit in dat de teer is verkregen uit steenkool (steenkoolteer).
Tonron-dte	De ronding in het oppervlak van de toplaag (in de verticale dwarsdoorsnede).
Toplaag	Buitenste verdedigingslaag van een taludbekleding.
Toplaagdikte	Het gemiddelde van de elementhoogte over het elementoppervlak (toplaagelementhoogte).
Toplaaginstabiliteit	Faalmecanisme waarbij één of meer toplaag-elementen uit de zetting worden gedrukt door waterdruk onder de toplaag.
Transmissiviteit	Het gemak waarmee water door een granulaire laag kan stromen, gelijk aan het product van de waterdoorlatendheid en de laagdikte.
Trappro-fiel	Bij ophoging tegen een talud worden inkassingen (trapprofiel) aangebracht. Zodoende wordt voorkomen dat tussen de opgebrachte grond en de ondergrond een schuifvlak ontstaat. Het trapprofiel kan gefaseerd worden aangebracht, synchroon aan de fasering van de laagsgewijze grondaanvulling.

Triaxiaalproef	Laboratoriumproef om de schuifsterkte van grond te bepalen.
Trilwals	Wals die niet allen verdicht door haar eigen gewicht, maar ook door het opwekken van trillingen.
Tussenlaag	Constructielaag tussen toplaag en basismateriaal.

Uitloggen	Het proces waarbij water in een materiaal dringt en bepaalde stoffen oplost waardoor deze in de omgeving terecht komen.
Uitrolgrens	Grens tussen de vaste en de plastische toestand van klei of leem. Deze wordt bepaald met de uitrolproef.
Uitspoeling	Transport van materiaal vanuit tussenlaag of ondergrond door de toplaag naar buiten.
Uittreepunt	Locatie aan de landzijde waar kwelwater het eerst aan het oppervlak treedt.
Uitvoeringsstabiliteit	Macrostabiliteit tijdens uitvoering. Deze wordt veelal negatief beïnvloed door wateroverspanningen door ophogen.
Uitvullaag	Dun laagje granulair materiaal, bedoeld om oneffenheden van het oppervlak van de laag eronder op te vullen, zodat een vlak oppervlak voor het plaatsen van de toplaagelementen wordt verkregen.

Vacuümconsolidatie	Grondverbeteringstechniek op basis van bemaling met onderdruk.
Vak	Een deel van een waterkering met uniforme eigenschappen en belasting.
Vegetatie	Begroeiing, in casu op dijken. Een voorbeeld van een dijkvegetatie is een 'grasmat' (bestaande uit grasachtigen en kruiden) of een ruigte.
Veiligheidsmarge	De mate waarin extra veiligheid aanwezig is.
Verborgene bekleding	Bekleding die afgedekt is met grond.
Verdichtingsgraad (van grond)	Verhouding tussen de werkelijk bereikte dichtheid en een referentiedichtheid (bijvoorbeeld de maximum proctordichtheid).
Vacuümconsolidatie	Grondverbeteringstechniek op basis van bemaling met onderdruk.
Verhang	Verhouding tussen het verschil in stijghoogte tussen twee punten en de afstand tussen die punten; wordt ook gradiënt genoemd.
Verkalit	Type zetsteen met interlock.
Verkneding	Afname van de sterkte van klei door overmatige verdichting.
Vermoeiing	Het veranderen van de mechanische eigenschappen van een materiaal ten gevolge van herhaalde belastingen.
Vernageling	Stabiliteitsverhogende maatregel door middel van nagels of klapankers in het talud van een dijk.
Veroudering	Het veranderen van de materiaaleigenschappen onder invloed van licht, lucht en belastingen.
Versprekend	Rijmethode waarbij steeds via een ander spoor wordt gereden om een oppervlakte zo volledig mogelijk te behandelen.
Verstoringszone	Zone om een niet-waterkerend object, waarbinnen de invloed van de aanwezigheid, bezwijken of falen van het niet-waterkerende object in de grond merkbaar is.
Verticaal zanddicht geotextiel	Een verticaal aangebracht geotextiel aan de binnenzijde van een dijk ter voorkoming van piping.
Verval	Verskil in stijghoogte tussen twee plaatsen.
Verweking	Verlies aan samenhang van het korrelskelet als gevolg van toename van de waterspanning (in de poriën).
Verwekingspunt ring en kogel (van bitumen)	De temperatuur waarbij een schijfje van het materiaal, vastgehouden in een ring, onder standaard proefomstandigheden door het gewicht van een kogel een standaardvervorming ondergaat.
Verwekingsvloeiing	Bezwijken van een onderwatertalud door het plotseling wegstromen van verweekt zand.
Verzadigde doorlatendheid	Doorlatendheid van verzadigde grond (m/s).
Vilvoordse steen	Toplaagelement van natuursteen uit de groeven van Vilvoorde, België.
Vingerling	Omringdijk rondom een dijkzate.
Viscositeit	Een maat voor de weerstand tegen vervorming van een vloeistof onder invloed van een belasting (een maat voor de dikvloeibaarheid of stropigheid).

Vlies	Geokunststof van korte vezels die willekeurig georiënteerd aan elkaar zijn gehecht (non-woven).
Vlijlaag	Constructielaag, ook met een filterfunctie, om de daarop liggende laag van bijvoorbeeld de steenbekleding met nauwkeurige maatvoering te kunnen aanleggen. Voorheen bestond deze vaak uit een of meer lagen plat gelegde bakstenen, tegenwoordig een voorgeschreven sortering split.
Vloeibitumen	Een mengsel van een penetratiebitumen (zie NEN-EN 12591) en een aardoliedestillaat.
Vloegrens	Watergehalte op de grens tussen de vloeibare en plastische toestand van klei of leem. Deze wordt bepaald met de Casagrandeproef.
Voegvulling	Granulair materiaal dat in de spleten tussen de toplaagelementen wordt aangebracht om de wrijving en/of klemming te vergroten.
Vol en zat penetratie	Het volledig vullen van de holle ruimten in een laag breuksteen met gietasfalt of asfaltmastiek over de gehele dikte en over het gehele oppervlak van de laag, zodanig dat de steenstukken in de bovenste laag voor ten minste 50% zijn ingebed in het gietasfalt of asfaltmastiek.
Volumetrisch ontwerp	Ontwerpmethode voor de mengselsamenstelling van open steenasfalt waarbij wordt berekend hoeveel mastiek nodig is, uitgaande van de gradering van de steen en een gewenste laagdikte van de mastiekomhulling.
Volumieke massa van droge korrels	De massa per volume van het droge toeslagmateriaal met poriën.
Voorland	Buitendijks terrein tussen de dijk en de rivier, of ondiepe waterbodem voor de teen van de dijk.
Vooronderzoek asfalt	Onderzoek waarin wordt vastgesteld of de te gebruiken bouwstoffen aan de eisen voldoen en in welke mengverhouding deze bouwstoffen moeten worden toegepast om te komen tot een stabiel, goed verwerkbaar en duurzaam asfaltmengsel.
Vulstof voor bitumineuze mengsels	Een homogeen poeder op basis van mineralen, bereid in een daartoe ingerichte installatie volgens een beheerst productieproces.

Zakbaak	Een paal met een grondplaat die gebruikt wordt om te meten wat de verandering (zetting) is in de hoogte van een bodemlaag.
Zand	Minerale deeltjes met een korrelgrootte die grotendeels tussen 63 µm en 2000 µm ligt.
Zandasfalt	Warm bereid asfalt met gegradeerd zand en een ondermaat aan bitumen, dat een hoog percentage holle ruimte heeft.
Zand-/grindkist	Een zand- of grindkist is een ingegraven, brede, muur van zand of grind. Deze wordt in de teen van sommige dijklichamen aangebracht als drainage om de grondwaterstand in het dijklichaam te verlagen of om piping te voorkomen. Een zand- of grindkist wordt veelal voorzien van een drainagebuis. Een omhulling met geotextiel voorkomt dat de doorlatendheid van zand of grind wordt aangetast door infiltratie van fijn materiaal (kleideeltjes).
Zand-/grindkolommen	Maatregel waarbij grond wordt verzwaard met kolommen ter verhoging van de stabiliteit of waarbij het risico op piping wordt vermindert door middel van drainage.
Zandmeevoerende wel	Wel, die zand meevoert uit de (onder)grond. Kan zo onbeheersbaar worden dat piping optreedt.
Zandscheg	Een insluiting van zand tussen de kleilaag van de bekleding en de kleikern.
Zate	Ondergrond waarop een dijk wordt gebouwd.
Zetting	Verticale verplaatsing als gevolg van volumeverkleining van samendrukbare lagen in de ondergrond, hoofdzakelijk ten gevolge van een bovenbelasting, de eigen massa en/of het uittreden van water.
Zettingsvloeiing	Een mechanisme waarbij zand in een onderwatertalud schijnbaar spontaan vervloeit, waardoor tot honderdduizenden kubieke meters zand over afstanden van soms honderden meters verplaatst kunnen worden.
Zinkstuk	Vlechtwerk van wiepen op een filterlaag van riet of pakwerk gemaakt (tegenwoordig meestal een geotextiele) dat wordt geballast met steen en afgezonken als bescherming van de bodem tegen erosie.
Zode	Zie graszode.
Zomerbed	Deel van de rivier waar bij normale en lagere waterstanden de rivierafvoer plaatsvindt.
Zonnebrand	Het verschijnsel van incidentele basaltzuilen die sterk verweren.
Zuilen	Veelhoekige toplaagelementen waarbij de spleetbreedte rondom elk element variabel is en meestal relatief groot.

Bijlage 1 Historische literatuur

De literatuurlijst in deze bijlage is bedoeld als hulp voor lezers die op zoek zijn naar informatie over specifieke oude waterstaatswerken.

Anoniem, Driemaandelijks Bericht betreffende de Zuiderzeewerken jaargangen 1-20 1920-1939, in ieder geval doorlopend tot jaargang 53, 1972.

Anoniem (1931), 3e Album van de afsluiting en gedeeltelijke droogmaking van de Zuiderzee, samengesteld met medewerking van het Departement van Waterstaat en de Directie der Zuiderzeewerken en de voorl. Directie der Wieringermeer, Uitg. N.V. Handelsdrukkerij Holdert & Co., Amsterdam.

Anoniem (1940), 11e Album van de afsluiting en gedeeltelijke droogmaking van de Zuiderzee, samengesteld met medewerking van het Departement van Waterstaat en de Directie der Zuiderzeewerken, Uitg. N.V. Handelsdrukkerij Holdert & Co., Amsterdam.

Anoniem (1957-1988), Driemaandelijks Bericht Deltatwerken, nrs 1-124).

Anoniem (1985), Ophogen en uitdiepen, uitgegeven ter herdenking van het 50-jarig jubileum van de Vereniging "Centrale Baggerbedrijf", 's-Gravenhage.

Bakker, G. de (1947) De inundaties in Nederland in 1944 en 1945 en de gevolgen daarvan, in: Tijdschrift van het Kon. Nederlands Aardijkskundig Genootschap, pp 13-17.

Bijker, Prof. dr ir E.W. (1996), History and heritage in coastal engineering in the Netherlands, in: History and heritage of coastal engineering, ed. Nic. C. Kraus, ASCE, New York.

Breen, L.G. van (1945) Het dichten van gaten in dijken, OTAR 30e jaargang no. 3.

Breen, L.G. van (1920) Holland's rijshout, Oosterhout & le Cointre, Goes

Cleintuar, G.L. (1982) Wisselend getij, Geschiedenis van de Zuiderzeevereniging, De Walburg Pers, Zutphen.

Dienst Droogmaking Walcheren (1945?), De dijkbressen op Walcheren, gedenkboek aangeboden aan medewerkers.

Doorman, W.H.C. (1923), De afsluiting van de Zuiderzee, het dichten va het sluitgat, De Ingenieur 1923 no. 42.

Dronkers, J.J. (1946), De waterbeweging op het geïnundeerde Walcheren, De Ingenieur 1946 no. 28 B&W 11.

Ferguson, H.A., (1988) De droogmaking van Walcheren in: Delta-Visie, Een terugblik op 40 jaar natte waterbouw in Zuidwest-Nederland, Rijkswaterstaat publicatie nr. 49.

Ferguson, H.A., (1991) Dialoog met de Noordzee, in: 2000 jaar Deltawerken, AMA boeken, Hippolytushoef.

Ferguson, H.A. (1976) De alma mater, uit: Rijkswaterstaat, De Delta, een alma mater? Verschenen bij het symposium n.a.v. het afscheid van Ferguson.

Geluk, J. (1946a), RWDWW(1), OTAR, 30e jaargang no. 10.

Geluk, J. (1946b), RWDWW(2), OTAR, 30e jaargang no. 12.

Geluk, J. (1946c), RWDWW(3), OTAR, 31e jaargang no. 1.

Geluk, J. (1946d), RWDWW(4), OTAR, 31e jaargang no. 3.

Geluk, J. (1947), RWDWW(5), OTAR, 31e jaargang no. 7.

Hakkeling, B. (1970) Zink- en aanverwante werken, benevens het hoe en de wijze waarop, Bundel van artikelen verschenen in OTAR en uitgegeven door de Nederlandse Vereniging "Kust- en Oeverwerken", Rotterdam.

Huitema, T. (1945), Het dichten van de gaten in den dijk om Walcheren, OTAR 30e jaargang no. 4.

Huitema, T. (1946), Het dichten van de gaten in den dijk om Walcheren, OTAR 30e jaargang no. 9.

Huitema, T., (1947), Dijken langs zee, rivieren en kanalen. kaden om polders, droogmakerijen enz., Amsterdam : z. uitg.

Jansma, K. (1948), Lely, de bedwinger der Zuiderzee, Uitgeverij H.J. Paris, Amsterdam.

Jansen, P.Ph, (1946a), Mededelingen inzake de droogmaking van Walcheren, De Ingenieur 58e jaargang no. 3, pp B9-B16. Ook verschenen in Annales des Travaux Publics de Belgique.

Jansen, P.Ph, (1946b), De droogmaking van Walcheren, de strijd bij Rammekens, De Ingenieur 58e jaargang no. 15, pp B57-B63. Ook verschenen in Annales des Travaux Publics de Belgique.

Jansen, P.Ph. (1946), Enige ervaringen bij de droogmaking van Walcheren en de mogelijkheid van hare toepassing bij de afsluiting van de zandkreek, Intreerede Technische Hoogeschool Delft.

Jansen, P.Ph. (ongedateerd), Caissons en schepen in Walcheren's dijken, tekst lezing, Bibliotheek TU Delft.

Jansen, P.Ph. (1979), Principles of River Engineering, Pitman Books Ltd, London, ISBN 0-273-01139-1, facsimile reprint: Delft University Press 1994, ISBN 90-407-1280-8.

Lintsen, H.W. (red) (1998), Twee eeuwen Rijkswaterstaat, Europese Bibliotheek, Zaltbommel.

Ormeling-ten Hoopen, K.J. (1945), De droogmaking van de Wieringermeer en Marken, Tijdschrift van het Kon. Nederlands Aardrijkskundig genootschap pp 180-184.

Springer, ir. J.F. (1945), De overstroming van het eiland Walcheren, De Ingenieur 1945 no. 5, Alg. 5.

Springer, ir. J.F. (1944) De inundatie en inundatie van Walcheren, De Zeeuwse Polder, 17e jaargang no. 5-8.

Stuvel, H.J. (1956), Het Deltaplan, Scheltema & Holkema N.V., Amsterdam.

Thijssse, J.Th. (1972), Een halve eeuw Zuiderzeewerken, H.D.Tjeenk Willink, Groningen.

Veen, dr.Joh. van (1948), Dredge Drain Reclaim, Martinus Nijhoff, The Hague.

Verheij, J.H. (1945?), De dichtung der Walcherse dijken in Luctor et Emergo, Speciale uitgave van Panorama.

Vierlingh, A. (ca. 1578), Tractaet van Dyckagie, uitg. door J. de Hullu en A.G. Verhoeven, Rijks Geschiedkundige Publicatiën, kleine serie no. 20, Martinus Nijhoff's-Gravenhage 1920, heruitgegeven door Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken, Rotterdam, 1973.

Visser, J.C. (1953), Rijshout-, riet- en stroconstructies, Stam's bouwtechnische serie no. 5, De Technische Uitgeverij H.Stam, Haarlem.

Vogel, C. (1947a), De sluiting van de dijkgangen bij Vlissingen en fort Rammekens, deel 1, Polytechnisch Tijdschrift 2e jaargang no. 19-20.

Vogel, C. (1947a), De sluiting van de dijkgangen bij Vlissingen en fort Rammekens, deel 2, Polytechnisch Tijdschrift 2e jaargang no. 21-22.

Wilderom, M.H. (1968), Tussen afsluitdammen en deltadijken, Litooy & Olthoff, Middelburg.

Wolterbeek, C. (1916), Een ontwerp voor den afsluitdijk der Zuiderzee in gewapend beton, De Ingenieur 1916 no. 39.

Bijlage 2 Handvat voor overdrachtdossier

In de praktijk zien overdrachtdossiers er zeer verschillend uit, afhankelijk van het werk, van specifieke wensen van de opdrachtgever. Onderstaande opsomming van onderdelen die in een overdrachtdossier thuishoren, mogen dan ook niet als voorschrift, maar slechts als handvat worden gelezen. Soms zijn voorbeelden gebruikt om te helpen de gedachten te vormen voor toepassing op de eigen situatie.

De indeling in hoofdgroepen sluit aan bij de beschrijving van overdrachtdossiers in hoofdstuk 5. In de praktijk kan de informatie in verschillende onderdelen passen. Zo zal het onderdeel "kwaliteit van het opgeleverde werk" informatie bevatten die ook heel goed in één document kan zitten met "technische informatie" of "risico's".

Een goede, uitgebreide inhoudsopgave vormt veelal de juiste wegwijzer. In verder gevorderde informatie-overdrachtvormen (zie Bijlage 3 BouwwerkInformatieModellering(BIM)), kan men denken aan het labelen van informatie of eventueel op zoektermen doorzoekbare dossiers, vergelijkbaar met zoekmachines voor het internet.

B2.1 Algemene documentatie en overzicht van informatie

Algemene informatie	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
NAW-gegevens Opdrachtgever Adviesbureau Hoofdaannemer Onderaannemers	locatiegegevens dijkvakgegevens gemeente(n)

Inhoud opleverdossier	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
<ul style="list-style-type: none"> Inhoudsopgave alle onderdelen dossier. Opsomming afzonderlijke afleverdossiers met datum. 	Typen dossiers: <ul style="list-style-type: none"> technisch asbuilt productcertificaten grondstromenregistratie afvalstoffenregistratie vergunningen verificatieplannen en –rapporten met registraties keuringsplannen en –rapporten met registraties afwijkingendossier (bundeling van alle afwijklingsrapporten en verbetermaatregelen) bundeling van alle overeengekomen voorstellen tot wijziging (VTW) handleidingen en beheer- en onderhoudsvoorschriften processen verbaal van opnemng

Format opleverdossier	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Softcopy's en hardcopy's.	<ul style="list-style-type: none"> documenten in Word en PDF tekeningen in DWG en PDF overige eisen voor compatibiliteit met digitale systemen opdrachtgever, geografische informatiesystemen (GIS), afspraken gemaakt in het kader van informatieoverdracht volgens BIM aparte documenten voorlichtingsmateriaal in film, video, tekening speciale afspraken over software, hardware van besturingssystemen voor installaties e.d.
Visueel informatiemateriaal.	<ul style="list-style-type: none"> foto-, video, en overig informatiemateriaal

B2.2 Technische informatieoverdracht

Revisie- en as-builtgegevens	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Tekeningen	<ul style="list-style-type: none"> • tekeningen uitvoeringsontwerp • hulpconstructies, ontlastingsconstructies en drainages in het dijklichaam en gedempte sloten • invloedslijnen stabiliteit en piping op basis van aangelegd profiel volgens definitie van de legger • beoordelingsprofiel bij bebouwing: kelders, woningen en schuren e.d.
Hoogtemetingen	<ul style="list-style-type: none"> • metingen van de definitieve situatie conform meetprotocol (bijv. Mobiel Watis.doc Keringen, versiedatum) • metingen van de definitieve situatie conform "Beschrijving opbouw legger waterkeringen" van de dijkbeheerder (versiedatum) • meting eindsituatie ondergrondse constructies, totaal ontgraving en aan te brengen lagen tijdens uitvoering conform protocol • meting eindsituatie kort voor einde onderhoudstermijn ten behoeve van overdracht naar beheerder conform meetprotocol
Revisiegegevens	<ul style="list-style-type: none"> • revisie van waterkering: ontwerp, bestek en tekeningen • geotechnisch rapport inclusief revisie en nadere briefrapporten of adviezen • revisie zettingsprognose en planperiode • meting over de lengte van de dijk ter plaatse van buitenkruinlijn • revisie dwarsprofielen op basis van digitaal terreinmodel (DTM), hoogtematen t.o.v. NAP en RDcoördinaten (Rijksdriehoekstelsel) • advies monitoring kruinhoogte/zettingen • rapportage geotechnische begeleiding van de uitvoering • revisie van de aangebracht laagdiktes van verschillende grondlagen, soorten materialen incl. (geotechnische) eigenschappen en specificaties • overige materiaalspecificaties
Onderzoeken	<p>Technische onderzoeken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • geotechnisch onderzoek, geofysisch onderzoek rapportage boringen en sonderingen, proevenverzameling, zeefkrommes en daaruit afgeleide grondparameters • resultaten bodem- en waterbodemonderzoeken • asfalt- en (weg)funderingsonderzoek • overig materiaalonderzoek (puin, filter, steenbekleding, overige) • gras- en leeflaagonderzoek • archeologisch onderzoek, inclusief proefsleuven etc. • explosievenonderzoeken • vegetatieonderzoek • overige onderzoeken

Ontwerpnota's en -berekeningen	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Technische ontwerpnota's	<ul style="list-style-type: none"> • alle ontwerpnota's voor dijken, kunstwerken, constructies en hun revisies • soort kunstwerk, toegepaste materialen, sterkteparameters, korrelverdeling, herkomst • levensduur voor het ontwerp, vervangingsperiode • onderbouwing afwijkende profielen of maatwerkoplossingen inclusief de gemaakte onderhoudsafspraken met particulieren bij aanpassingen en aanleg van opritten
Detaileringsberekeningen	<ul style="list-style-type: none"> • sterkte en lengte (diepte) damwanden, soort, materiaal en constructieopbouw • afmetingen keermuurtjes, beschoeiingen, kademuren, coupures • duikers, afsluiters, buisdikte • statische berekening keerwand • wapening hangschotten • constructieve toetsing leidraad kunstwerken • golfbelasting • flowberekening • ankerberekening • sterkte vulputten i.r.t. gronddruk en verkeersbelasting • faalkansanalyses • rapportages voor fabrieksacceptatietesten (FAT), locatieacceptatietesten (SAT) en systeemintegratietesten) SIT
Detaileringstekeningen	<ul style="list-style-type: none"> • werktuigbouw • civiel • elektrotechniek • software

B2.3 Kwaliteit van het opgeleverde werk

Veel elementen in dit onderdeel zullen ook te vinden zijn bij onderdelen in het overdrachtdossier die gaan over techniek en risico's en veiligheid.

Onderstaande tabel biedt een handvat om in het overdrachtdossier expliciet aandacht te besteden aan belangrijke aspecten van de kwaliteit van de waterkering.

Kwaliteit onderdelen van het werk	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Waterkerend vermogen van het dijklichaam.	<ul style="list-style-type: none"> • hoogte en hoogteontwikkeling van de dijk (verwachte restzetting en monitoring daarvan) • waterdichtheid en erosiebestendigheid (kwaliteit van de klei, geotextiel, steenbekleding): resultaten verdichtingscontrole, materiaalcertificaten, keuringen volgens beoordelingsrichtlijnen (BRL) • aparte aandacht voor overgangen van het ene op het andere materiaal
Milieueisen	Informatie over herkomst en kwaliteit van gebruikte materialen: <ul style="list-style-type: none"> • grondstromenregistratie • keuringen volgens beoordelingsrichtlijnen (BRL)
Kunstwerken (met bewegende delen)	Zie zeker ook veiligheidsdossier: <ul style="list-style-type: none"> • certificaten • gebruikstesten en -resultaten • onderhoudstermijnen en garanties
Europese richtlijnen	<ul style="list-style-type: none"> • CE-markeringen voor Europese productrichtlijnen

B2.4 Informatie voor beheer en onderhoud van het werk

Beheer en onderhoud	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Dijklichaam	Beheer- en onderhoudsadvies: <ul style="list-style-type: none"> • rapportage beheer en onderhoud • kaartmateriaal • grasmatten en teellaag • steenbekleding, inwasmateriaal, vlijlaag/filter • teenschot en kreukelberm • sloten en drainage, eventueel kolken en riolering • (weg)verhardingsmateriaal, (weg)randen • damwand (beschoeiing) of andere waterkerende of stabiliserende wanden
Kunstwerken en constructies	<ul style="list-style-type: none"> • gebruikshandleiding kunstwerken • toegepaste materialen, CT tekeningen, W en E tekeningen • handleiding bediening en garantiebewijzen onderdelen • keermiddelen: sluitprotocollen, bediening, beschrijving materiaal, en software en schema's • onderhoudsadviezen voor alle onderdelen • reserve-onderdelen
Niet-waterkerende objecten	<ul style="list-style-type: none"> • kabels en leidingen: soorten, diepte, diameter, wanddikte en ligging, kwelvoorzieningen, afdichtingen, materiaal, mantelbuizen etc., vastgelegd per beheerder • bebording: soort, locatie, diameter en eigenaar • 'dijkmeubilair': soort, locatie en eigenaar • bouwwerken: soort, materiaal, drempelhoogte, kelderniveau, constructie, voorgeschreven maatregelen (klei onder vloer enz.), vergunningen • begroeiing en bomen: soort, locatie, diameter, rapportage, van 'visuele boombeoordeling' (VTA: visual tree assessment), snoeiadvies
Monitoring	Informatie ten behoeve van monitoring: <ul style="list-style-type: none"> • bouwkundige beginopname en eindopname • zettingsbouten en verplaatsingsgegevens • peilbuizen en peilbuiswaarnemingen • zakbaakgegevens en zakkingsverloop

B2.5 Risico's en gezondheidsinformatie

Risico's veiligheids- en gezondheidsinformatie	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Risicodossier	<ul style="list-style-type: none"> risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&I), ontwerpfase, uitvoeringsfase en geactualiseerd ten behoeve van operationele fase rapportage KAM-coördinator (Kwaliteit, Arbeidsomstandigheden, Veiligheid en Milieu) processtroomdiagram (PFD, process flow diagrams), HAZOP-documentatie (hazard operability)
Dossier veiligheids- en gezondheidsinformatie	<ul style="list-style-type: none"> veiligheids- en gezondheidsplan uitvoeringsfase veiligheids- en gezondheidsplan operationele fase registraties voor veiligheid en gezondheid (veiligheidsaspecten, maatregelen, ongevallen en bijna ongevallen)
Certificaten/verklaringen per installatiedeel	<ul style="list-style-type: none"> civiel (gebouwen, terrein) werktuigbouwkundige installaties elektrische installaties BRL (beoordelingsrichtlijnen om aan opdrachtgever aan te tonen dat producten aan BRL-certificaatseisen voldoen)
Elektrische installaties	Inspecties / keuringen / rapportages / certificaten volgens: <ul style="list-style-type: none"> NEN1010 (deel 6) (voor elektrotechnische laagspanningsinstallaties) NEN3140 (voor werken aan elektrotechnische laagspanningsinstallaties) aarding en bliksembeveiliging IEC 62305
Machines	Verklaring: <ul style="list-style-type: none"> van fabrikant, conform Machinerichtlijn 2006/42/EG van hoofdopdrachtnemer van onderaannemer voor elk installatiedeel
Explosiebeveiliging	Conform ATEX (Europese richtlijn Atmosphères Explosibles): <ul style="list-style-type: none"> (aanvulling) explosieveiligheidsdocument inspecties / keuringen (ATEX-gerelateerd) certificaten ATEX instrumentatie, voorzien van tagcode
Software en besturing	<ul style="list-style-type: none"> technisch ontwerp (TO) / besturingsbladen revisie patchplan glasvezelnetwerk schermafdrukken procesplaatjes, instelpagina's, overzichtspagina's instellingen en wachtwoorden software en documentatie voor besturingssystemen

B2.6 Register voor omgevingsinformatie

Omgevingsregister	Dossiernummer contract: Naam van het werk:
Belanghebbenden	<ul style="list-style-type: none"> stakeholderregister met contactpersonen en NAW-gegevens koppeling met stakeholderanalyse, belangenoverzicht
Vergunningen	<ul style="list-style-type: none"> overzichten vergunningverleners, NAW-gegevens Vergunningenregister: <ul style="list-style-type: none"> vergunningaanvragen verleende vergunningen met vergunningsvoorwaarden aandachtspunten volgend uit vergunningsvoorwaarden
Kabels en leidingen	<ul style="list-style-type: none"> overzicht kabel- en leidingeigenaren, NAW-gegevens leidingtypes, exacte ingemeten ligging, voorwaarden, beheeraspecten e.d. aantoonbare opname in landelijk registratiesysteem KLIC
Bodemverontreiniging	<ul style="list-style-type: none"> raamsaneringsplan dat dient als raamwerk voor een uitgevoerde of toekomstige sanering
Klachten	<ul style="list-style-type: none"> klachtenregister over ingediende, behandelde klachten en de afhandeling daarvan

Bijlage 3 BouwwerkInformatieModellering (BIM)

Een Bouwwerk Informatie Model (BIM) is in zijn ideale vorm een model waarin alle beschikbare data en eigenschappen van een bouwwerk integraal worden beheerd, waardoor dit één unieke vindplaats wordt. Het is een model dat gemaakt wordt om te gebruiken gedurende de levenscyclus van het bouwwerk (van schetsontwerp tot sloop). Wanneer men dit model gebruikt om samen te werken gedurende alle levensfasen van een bouwwerk en om beslissingen voor projecten te nemen en over te brengen, dan spreekt men van Bouwwerk Informatie Modellering. Hiervoor gebruikt men ook de afkorting BIM. In andere fasen dan de uitvoering gaat het vaak over een groter geheel dan het uitvoeringsbouwwerk zelf. Een wat meer generieke benaming zou ook kunnen zijn "Beter InformatieManagement".

In verschillende literatuur wordt een grafische (2D of 3D) weergave van het bouwwerk een vereiste voor BIM genoemd. Hoewel een 3D-omgeving een logische keuze is om de informatie uit de database op een overzichtelijke manier weer te geven en te beheren, kunnen modellen zonder een grafische weergave ook BIM worden genoemd.

De filosofie achter BIM is dat alle data op een centrale plek worden beheerd en dat alle medewerkers van het project deze database gebruiken als "Single Source Of Truth" of SSOT. Dit houdt ook in dat veranderingen in het ene deel van de database ook doorgevoerd worden in de andere delen van de database.

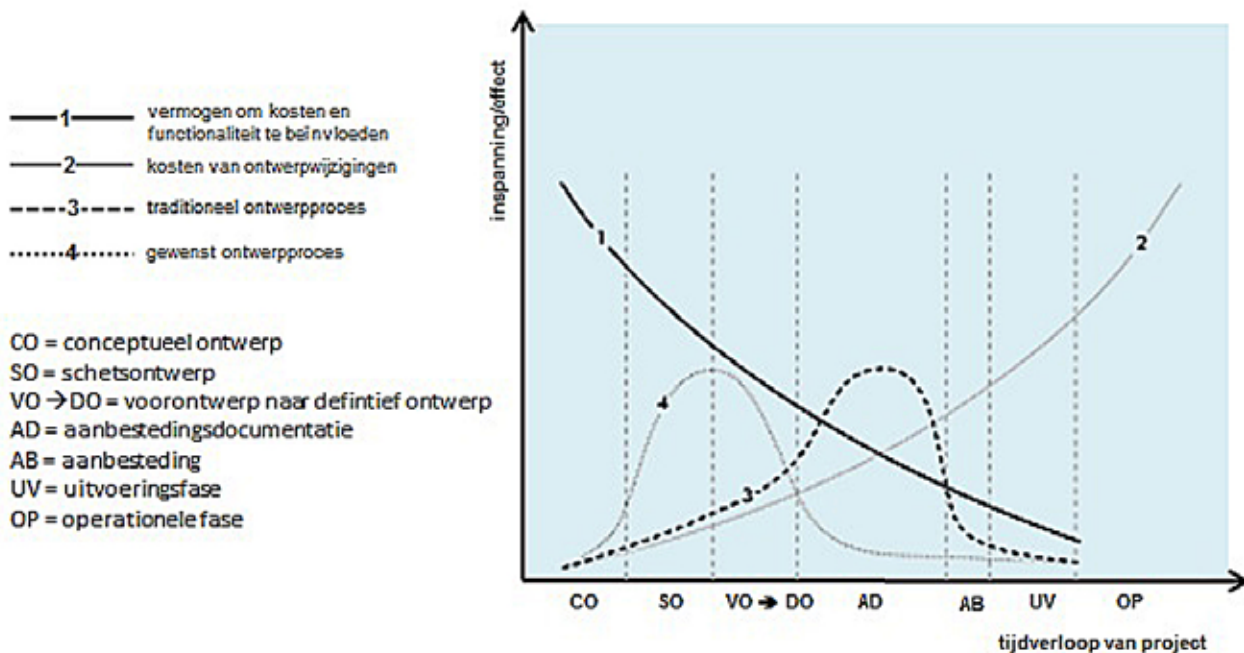
Een Bouwwerk Informatie Model is objectgeoriënteerd: dit betekent dat zich in de database elementen bevinden waaraan de beschikbare informatie over het object wordt gekoppeld. De objecten met de daaraan gekoppelde informatie worden intelligente objecten genoemd. Een object hoeft niet per definitie geometrische gegevens te hebben om te kunnen worden gedefinieerd. Voorbeelden van informatie die aan de objecten kunnen worden gekoppeld zijn: functies, activiteiten benodigd om het object te realiseren, kosten, eisen en ontwerpdocumenten.

Er zijn verschillende manieren waarop men met behulp van BIM met elkaar kan samenwerken. Dit is uitgedrukt in "levels" die in tabel B3.1 zijn beschreven.

Tabel B3.1 De verschillende "levels" van BIM.

Level	Omschrijving
0	Documentgeoriënteerd Er vindt vooral uitwisseling van losse tekeningen en documenten plaats. Dit wordt niet gezien als BIM.
1	Objectgeoriënteerd De informatie wordt zoveel mogelijk gekoppeld aan objecten.
2	Samenwerking Er wordt binnen één organisatie samengewerkt aan de hand van één database. Men wisselt de volledige databases uit met elkaar (file based sharing) en voegt deze samen in één project. In dit niveau worden ook planning en kostencalculaties toegevoegd.
3	Geïntegreerd, levenscyclus Informatie wordt tussen verschillende (onbekende) organisaties gedeeld via open BIM-standaarden, bijvoorbeeld via de cloud. Er is niet een uitwisseling van bestanden, maar men deelt de objecten met elkaar (object based sharing). Het bouwproces is in dit level ook opgenomen in het model.

Doordat het ontwerp met BIM al eerder geconcretiseerd wordt, kunnen beslissingen eerder worden gemaakt. Het wordt bijvoorbeeld sneller duidelijk hoe een ontwerp in de omgeving past, vooral wanneer BIM wordt gecombineerd met een 3D weergave. Vroegtijdig in het ontwerpproces kunnen veranderingen relatief eenvoudig worden doorgevoerd en ook zijn de kosten ten gevolge van deze verandering lager dan die van een verandering die laat in het ontwerpproces wordt doorgevoerd. Deze verschuiving in het zwaartepunt van het ontwerpproces heeft een positieve invloed op de kosten van een project. Dit is geschematiseerd in Figuur B3-1.



Figuur B3-1 De kosten en benodigde moeite ten gevolge van een verandering in het ontwerpproces (bron: Royal HaskoningDHV vrij naar Patrick MacLeamy, CURT, 2007).

Met behulp van BIM wordt het ontwerpproces efficiënter en wordt het eenvoudiger in meerdere iteraties door het ontwerpproces heen te lopen. Dit resulteert in een betere kwaliteit. BIM maakt het ook makkelijker om in de ontwerpfase al met uitvoeringsaspecten rekening te houden. Het gebruik van een centraal beheerde database vermindert bovendien het aantal fouten dat gemaakt wordt in documenten en tekeningen (vooral als de parameters in de tekeningen direct gekoppeld worden aan de database).

Doordat de informatie in BIM gestructureerd is, kan het maken van kostenramingen, plannings, keuringen en ontwerpen worden geautomatiseerd. Dit verhoogt de efficiëntie van het proces en bespaart kosten. BIM heeft voordelen ten behoeve van de informatieoverdracht tussen de verschillende partijen, bijvoorbeeld tussen een ontwerper en aannemer. Normaliter wordt er via een overdrachtdossier een selectie van de informatie overgedragen; de informatie waarvan men denkt dat deze relevant is. Via BIM kan in principe het complete model met de volledige informatie over het bouwwerk in een gestructureerde vorm worden overgedragen waardoor geen informatie verloren gaat of fouten worden gemaakt in de overdracht. Ook de overdracht naar een Beheers Management Systeem (BMS) gaat via BIM eenvoudiger en sneller.

Samenvattend zijn de voordelen van BIM: het verhogen van de efficiëntie én kwaliteit in het ontwerpproces, het overzichtelijk en toegankelijk maken van data, het reduceren van ontwerp-, uitvoerings- en beheerkosten, het vereenvoudigen van het maken van plannings en kostenramingen en het terugbrengen van het aantal overdrachtfouten.

Handboek Dijkenbouw

Al eeuwenlang worden er in Nederland dijken gebouwd; we zijn een volk dat voortdurend werkt aan de bescherming tegen hoogwater. Daarom bestaan er talloze leidraden, handreikingen en handboeken die gaan over de planning en het ontwerpen van dijkversterkingen. De meeste benoemen zijdelings aspecten die te maken hebben met de realisatie van de versterking, maar gaan er helaas zelden dieper op in. Handboek Dijkversterking brengt hier verandering in en concentreert zich juist op die realisatie. Het handboek laat zien wat er allemaal bij komt kijken als er eenmaal besloten is een waterkering te versterken.

De watersnood van 1953 heeft in de tweede helft van de vorige eeuw een golf van dijkversterkingen teweeggebracht. Daarna is het enkele jaren rustig geweest met dijkversterkingen. De bijna overstromingen van 1993 en 1995 waren echter een waarschuwing. Grote waterveiligheidsprogramma's als Ruimte voor de Rivier en de Hoogwaterbeschermingsprogramma's deden hun intrede. Mede door de ingevoerde wettelijke toetsing, nieuwe normen voor waterveiligheid en de klimaatverandering worden er nu weer veel dijkversterkingen uitgevoerd.

Rijkswaterstaat, de waterschappen en het bedrijfsleven staan de komende jaren aan de lat van de grootste dijkversterkingsoperatie ooit. Meer dan 1.100 kilometer dijken en bijna 500 sluizen en gemalen moeten tot 2028 worden aangepakt. Veel kennis over het ontwerpen en het toetsen op veiligheid van dijken is vastgelegd in leidraden en technische rapporten. Maar de uitvoeringskennis zit met name in hoofden van mensen. En de 'uitvoerders' van deze dijkversterkingen gaan na afronding van hun project door naar andere werken. De specifieke uitvoeringservaring zou zomaar verloren kunnen gaan. Dit handboek legt al deze kennis en ervaring vast, zodat het beschikbaar komt en blijft voor alle 'dijkwerkers' in Nederland.