

NWO bebouwing op regionale keringen



NWO bebouwing op regionale keringen

referentie	projectcode	status
STO194-1/14-008.954	STO194-1	concept01
projectleider	projectdirecteur	datum
ir. G.R. Spaargaren	ir. H.J.M.A. Mols	29 april 2014

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. G.R. Spaargaren	

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Kader	1
1.2. Doel	1
1.3. Leeswijzer	2
2. SAMENVATTING VOORONDERZOEK VOOR PRIMAIRE KERINGEN	3
2.1. Vuistregels beheerdersoordeel	3
2.2. Startdocument handleiding toetsen bebouwing in waterkeringen	4
2.3. SBW-NWO	5
2.3.1. Validatie eenvoudige toets	5
2.3.2. Resultaten vragenlijsten NWO's	5
2.3.3. Bijeenkomst NWO's	6
3. INVLOED VAN BEBOUWING OP BASIS VAN HUIDIGE LITERATUUR	9
4. MOGELIJKE AANSCHERPING VUISTREGELS VOOR REGIONALE KERINGEN	11
4.1. Algemeen	11
4.1.1. Zones 4H en 18ΔH aanscherpen	11
4.1.2. Bewezen sterkte	11
4.1.3. Veiligheidsfactor is al hoog	12
4.2. Macrostabieliteit binnenwaarts	12
4.2.1. Blokkade glijcirkels	13
4.2.2. Gewicht bebouwing	13
4.2.3. 3D-effect	13
4.3. Macrostabieliteit buitenwaarts	14
4.3.1. Blokkade glijcirkels	14
4.3.2. Gewicht bebouwing	14
4.3.3. 3D-effect	14
4.4. Piping/opbarsten	14
4.4.1. Opbouw ondergrond	14
4.4.2. Bebouwing is op staal gefundeerd	15
4.4.3. Piping/opbarsten is eindig	15
4.5. Microstabieliteit	15
4.6. Bekleding	15
5. RESULTAAT WORKSHOP BEBOUWING OP REGIONALE KERINGEN	17
5.1. Denkrichting	17
5.1.1. Voortborduren op bestaande vuistregels	17
5.1.2. Instorten bebouwing	18
5.1.3. Toetsen versus toestaan bebouwing	18
5.1.4. Beheers- en noodmaatregelen	18
5.1.5. Bestaande aanpak primaire keringen	18
5.2. Aanscherping invloedszones voor regionale keringen	19
5.2.1. Hoogte (HT)	20
5.2.2. Stabieliteit bekleding (STBK)	20
5.2.3. Microstabieliteit (STMI)	20
5.2.4. Macrostabieliteit buitenwaarts en binnenwaarts (STBU en STBI)	21
5.2.5. Piping en Heave (STPH)	21
5.2.6. Conclusie aanscherping invloedszones	21
5.3. Voorstel aanscherping vuistregels	22
5.3.1. Algemeen: bewezen sterkte	22

5.3.2.	Algemeen: veiligheidsfactor is al hoog	23
5.3.3.	STBU/STBI: 3D-effect 3	23
5.3.4.	STBU/STBI: Blokkade glijcirkels	24
5.3.5.	STBU/STBI: Gewicht bebouwing	24
5.3.6.	STPH: Bewezen sterkte	24
5.3.7.	STPH: Bebouwing is op staal gefundeerd	24
5.3.8.	STPH: Piping/opbarsten is eindig (bebouwing is op palen gefundeerd)	25
5.4.	Aangepast stroomschema vuistregels bebouwing bij regionale keringen	25
6.	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	27
7.	REFERENTIES	29
	laatste bladzijde	29
BIJLAGEN		aantal blz.
I	Aangepast stroomschema	1

1. INLEIDING

1.1. Kader

De toetsing van niet-waterkerende objecten in primaire keringen levert met het huidige toetsinstrumentarium (Leidraad Toets op Veiligheid Regionale Waterkeringen [ref. 1.] inclusief Addendum [ref. 2.] en VTV2006 [ref. 3.]) vaak als resultaat 'geen oordeel' op. Hiervoor zijn de volgende redenen te noemen:

- het verzamelen van gegevens van de grote aantallen NWO's is een te grote inspanning;
- de problematiek wordt in verstedelijkte gebieden gedomineerd door in de waterkering aanwezige bebouwing en pijpleidingen;
- de bepaling van het beoordelingsprofiel wordt als ingewikkeld ervaren;
- het ontbreken van gedetailleerde toetsmethoden.

In 2009 zijn daarom 'Vuistregels voor het beheerderoordeel bij de toetsing van niet-waterkerende objecten' [ref. 5.] opgesteld, waarin vuistregels gebruikt kunnen worden om tot een beheerdersoordeel te komen. Deze vuistregels, en het toetsen van NWO's in het algemeen, zijn verder beschouwd in SBW (Sterkte Belastingen Waterkeringen) voor nadere invulling voor het WT12017 (Wettelijk Toetsinstrumentarium). Hierbij is de focus vooral gelegd op bebouwing in primaire keringen.

Resultaat van deze actie is dat onder andere voor de NWO 'bebouwing', de huidige vuistregels niet toereikend blijken te zijn. Bovendien is de situatie voor regionale keringen anders dan de situatie voor primaire keringen. STOWA is voornemens, het huidige onderzoek voor de NWO bebouwing uit te breiden naar de regionale keringen. De insteek is dat niet niet rekenkundig, maar juist meer kwalitatief een waardeoordeel gegeven kan worden over bebouwing in de regionale waterkering.

STOWA heeft Witteveen+Bos gevraagd om de invloed van de bebouwing op de stabiliteit van regionale keringen te beschouwen. Uitgangspunten hierbij zijn de verschillende faalmechanismen die falen van de dijk tot gevolg kunnen hebben, met als basis de reeds opgestelde vuistregels voor het beheerdersoordeel voor primaire keringen en de onderzoeken naar aanleiding van de actie SBW-NWO.

1.2. Doel

Doel van deze beschouwing is eenvoudige regels te definiëren waarmee bebouwing in regionale keringen beoordeeld kan worden. Deze regels kunnen worden toegepast met minimale informatie over de bebouwing. Uitgangspunt is dat de regels op basis van toetsresultaten van aangrenzende kadelichaam, Luchtfoto's/GBKN en GIS-data kunnen worden toegepast.

Indien bebouwing met deze eenvoudige regels niet goedgekeurd kan worden, zijn er twee keuzemogelijkheden. De eerste mogelijkheid is een gedetailleerde toets zoals is opgesteld voor de primaire keringen [ref. 6.]. De tweede mogelijkheid is beheermaatregelen voor te schrijven. In deze notitie worden mogelijke beheersmaatregelen geïnventariseerd en nader uitgewerkt.

De eenvoudige regels en de beheermaatregelen zijn in een workshop (13 maart 2014) voorgelegd aan de begeleidingsgroep. Hieruit zijn een aantal conclusies gekomen met betrekking tot de kansrijkheid van verschillende aanpakken. Deze conclusies worden in dit rapport beschreven. Vervolgens wordt een eerste aanzet gedaan tot een stroomschema

voor de toetsing van de NWO bebouwing in regionale keringen. Tot slot worden een aantal aanbevelingen gedaan voor nader onderzoek.

1.3. Leeswijzer

Dit rapport heeft een chronologische opbouw. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 een samenvatting gegeven van de huidige literatuur die beschikbaar is over de NWO bebouwing in waterkeringen. De focus van deze literatuur ligt op de primaire keringen.

In hoofdstuk 3 is vervolgens in een tabel en een figuur weergegeven wat de invloed van bebouwing kan zijn wanneer deze op een bepaalde locatie in de kering staat. De tabel en de figuur in hoofdstuk 3, zijn gebaseerd op de bevindingen van hoofdstuk 2 en zijn daarom vooral geldig voor primaire keringen. Ze dienen daarom als startpunt voor verdere aanscherpingen van de invloedszones en de vuistregels voor de NWO bebouwing in regionale keringen.

In hoofdstuk 4 zijn een aantal mogelijke aanscherpingen beschreven. Deze zijn middels een vragenlijst en een workshop voorgelegd aan de beheerders van de regionale keringen.

In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van de vragenlijst en de workshop gegeven. Deze resultaten leiden tot een aanscherping van de invloedszones en van de vuistregels. In hoofdstuk 6 is daarom een voorstel gedaan voor een stroomschema voor de beoordeling van bebouwing in regionale keringen. Sommige vuistregels dienen nog te worden gevalideerd, in hoofdstuk 5 is aangegeven hoe deze validatie aangepakt kan worden. Aanbevelingen voor dit verdere onderzoek zijn aansluitend op de conclusies gedaan in hoofdstuk 6.

2. SAMENVATTING VOORONDERZOEK VOOR PRIMAIRE KERINGEN

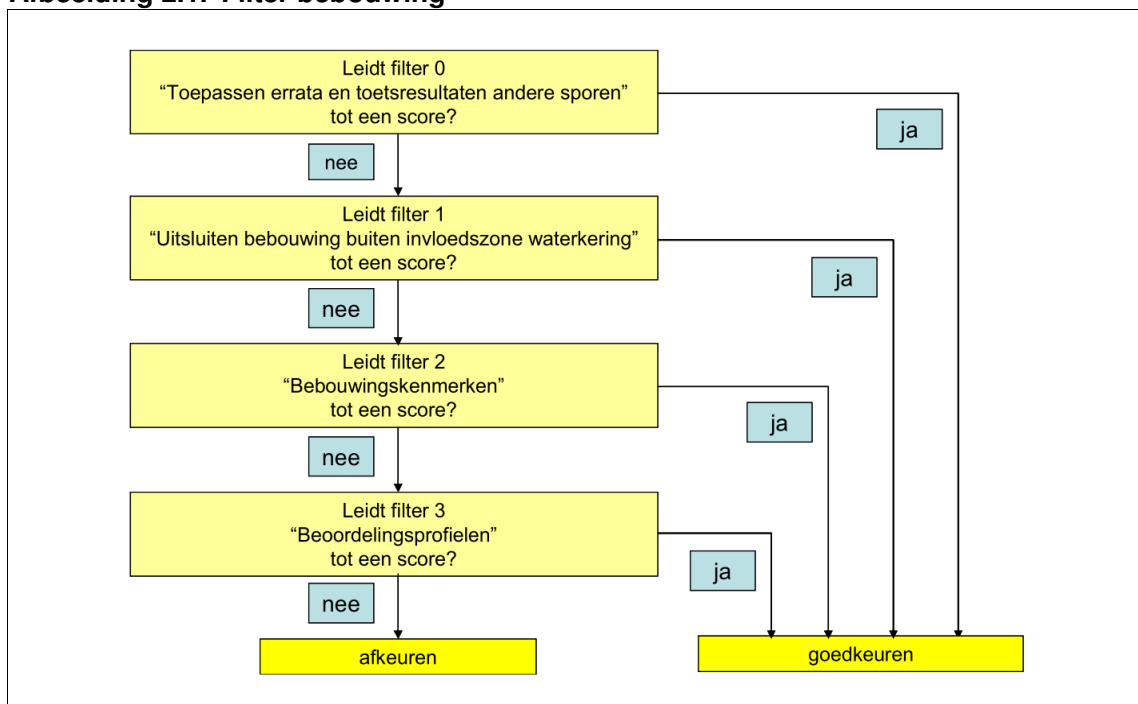
In het kader van het project SBW-NWO is al vooronderzoek gedaan naar het toetsen van bebouwing in de waterkering. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste resultaten samengevat.

2.1. Vuistregels beheerdersoordeel

Allereerst is gebruik gemaakt van vuistregels [ref. 5.] die in 2009 zijn opgesteld door de provincie Zuid-Holland in samenwerking met Deltares om als instrumentarium te dienen bij het toetsen van NWO's in de 3^e toetsronde. Zoals uitgelegd in de inleiding hebben NWO's vaak de score 'geen oordeel' gekregen. Om dit aantal terug te brengen wordt in deze vuistregels getracht de NWO's die geen of slechts beperkte invloed hebben uit te filteren om de inspanning van het toetsen van NWO's te verkleinen.

Voor bebouwing zijn in de vuistregels 4 filters gedefinieerd, filters 0 tot en met 3, zie afbeelding 2.1.

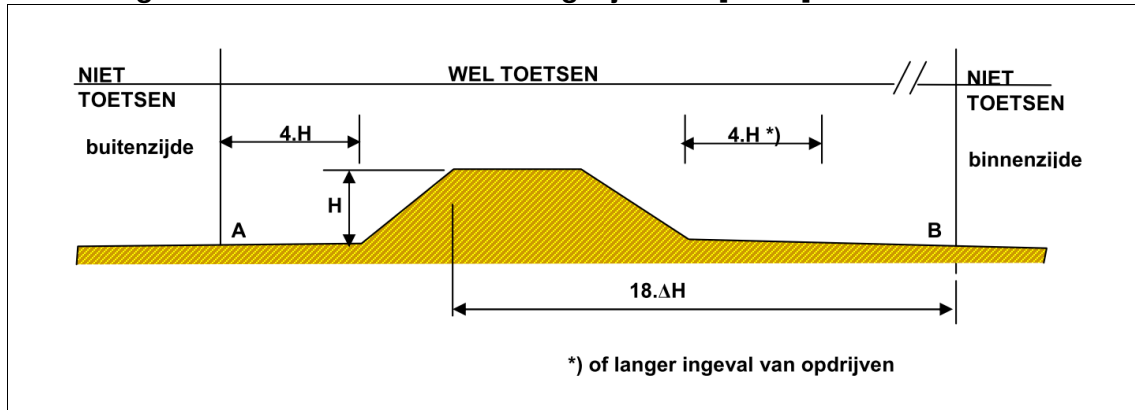
Afbeelding 2.1. Filter bebouwing



Hierbij kan bebouwing op de volgende manieren worden goedgekeurd:

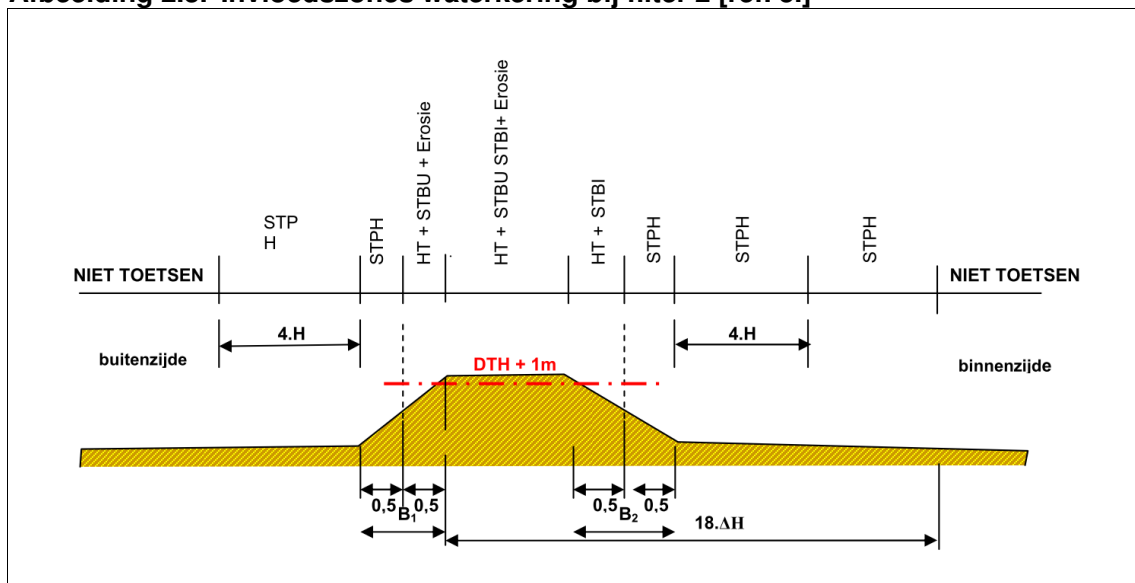
- filter 0: indien de waterkering is afgekeurd op een ander beoordelingsspoor, en het NWO mee wordt genomen in de versterkingsmaatregelen, hoeft het NWO niet nader beschouwd te worden;
- filter 1: de zones waarbinnen bebouwing moet worden getoetst worden gedefinieerd volgens afbeelding 2.2.

Afbeelding 2.2. Invloedszones waterkering bij filter 1 [ref. 5.]



- filter 2: afhankelijk van de locatie van de bebouwing spelen bepaalde faalmechanismen geen rol, zie afbeelding 2.3.

Afbeelding 2.3. Invloedszones waterkering bij filter 2 [ref. 5.]



- filter 3: indien de bebouwing het minimale beoordelingsprofiel niet doorsnijdt kan de bebouwing worden goedgekeurd.

2.2. Startdocument handleiding toetsen bebouwing in waterkeringen

In het startdocument [ref. 6.] worden, samengevat, de volgende stappen gegeven voor de gedetailleerde toetsing.

Uitgangspunten:

- de dijk zelf moet goedgekeurd zijn;
- er is een eenvoudige toetsing van de bebouwing uitgevoerd, met als resultaat 'geen oordeel';
- het beoordelingsprofiel van de dijk is vastgesteld.

De stappen zijn als volgt:

1. breng panden in kaart: situatietekening met waterkering;
2. beperkte opname panden: kelderdiepte, drempelhoogte, fundatietype etc.;
3. beïnvloeding pand op stabiliteit van de kering (zie schema);
4. gegevens verzamelen;
5. plaats en vorm van de bebouwing in een dwarsprofiel van de dijk tekenen;
6. invloed op stabiliteit kering vaststellen. Bij alleenstaande bebouwing driedimensionale effect in de beschouwing meenemen. Bij overschrijding van (bijvoorbeeld) 15 % of meer ten opzichte van de eis: afkeuren, anders volgende stap;
7. beoordeel bij panden in het voorland of het buitentalud de constructie op belastingen uit golf- en stromingskrachten. Controleer grondkerende constructies. Als constructie niet bezwijkt: volgende stap. Als constructie bezwijkt, effect falen met geavanceerde toetsing vaststellen;
8. onderzoek de invloed van (de begrenzing van) het pand op kwelweglengte, piping, grondwaterstand in waterkering. Bij negatieve invloed tot (bijvoorbeeld) 15 %: goedkeuren, daarboven afkeuren.

Geavanceerde toetsing:

11. als panden in het voorland of het buitentalud blootgesteld kunnen worden aan golf- of stromingskrachten: onderzoek de gevolgen bij instorting ervan voor de waterkering.

Stap 9 en 10 zijn niet gedefinieerd in het document.

2.3. SBW-NWO

2.3.1. Validatie eenvoudige toets

Deltares heeft onderzoek uitgevoerd naar de aannames in de vuistregels wat betreft de invloedszones van bebouwing [ref. 7.]. Er is met name gekeken of $4\Delta H$ een veilige aanname is voor de invloedszone voor macrostabiliteit. Dit is gedaan door middel van stabiliteitsberekeningen met een ontgrondingskuil die zich richting de kering verplaatst. Dit is uitgevoerd in de Dijksterkte Analyse Module (DAM) om zo relatief gemakkelijk een groot aantal profielen te kunnen toetsen. De analyse heeft daarmee nog niet geleid tot een eenduidig resultaat, de invloedszone van $4\Delta H$ is daarom nog niet gevalideerd.

2.3.2. Resultaten vragenlijsten NWO's

Uit de antwoorden op deze vragenlijsten kwamen de volgende problemen naar voren bij het toetsen van de NWO bebouwing met de vuistregels:

- ontbreken voldoende veldinzicht;
- kelderpeil niet bekend;
- beschikbaar krijgen benodigde gegevens is een grote inspanning;
- beheer gegevens is een grote inspanning.

De volgende punten worden in de antwoorden aangedragen ter verbetering van de vuistregels voor bebouwing:

- prioritering zou moeten geschieden op basis van risico;
- dijkverbetering en vergunningverlening zouden als filter moeten worden gebruikt;
- de vuistregels moeten als eenvoudige toets worden opgenomen in het methodische toetsproces;
- erosiebestendigheid van de dijk zou opgenomen kunnen worden in de vuistregel.

In de vragenlijst zijn bovendien een aantal vragen opgenomen over het toetsen van NWO's in het algemeen. Deze vragen gingen in op de wensen en verwachtingen van de waterschappen met betrekking tot een toetsdocument voor het toetsen van NWO's. Hieruit volgden de volgende aandachtspunten:

- er is behoefte aan een discussie of NWO's nu echt een bijdrage leveren aan de veiligheid. Ook wordt bij deze vraag opgemerkt dat het beoordelen van NWO's zoveel mogelijk in de vergunningen en beheerprocessen moet worden ondergebracht;
- beoordeling van NWO's moet zoveel mogelijk in het beheerproces opgelost worden;
- erosiebestendigheid rondom NWO opnemen als filter;
- gedetailleerde toets is niet acceptabel voor NWO's, toets moet op twee A4tjes passen.

2.3.3. Bijeenkomst NWO's

Bij deze bijeenkomst van de werkgroep NWO's hebben Arnold van de Kraan en Pim Schipper een presentatie gegeven over de NWO-bebouwing, Arnold van der Kraan is in verschillende verbanden al ruim tien jaar bezig met bebouwing in de waterkering. Pim Schipper van ingenieursbureau Concretio is sinds de jaren 80 bezig met bebouwing in de waterkering.

De kernpunten van de presentatie waren als volgt:

- bebouwing is vooral een groot risico als water óver de dijk heen gaat. Dit in verband met het grote risico dat gepaard gaat met de uitspoelgaten tussen de bebouwing;
- bebouwing zou wellicht beoordeeld kunnen worden door middel van grondmechanisch onderzoek, dit is echter een zeer grote inspanning;
- er bestaat een grote variatie in de type te toetsen panden. Een goed voorstel is panden in te delen op basis van bouwjaar, omdat dit een indicatie is voor de bouwstijl;
- het idee is een gedetailleerde toets op te stellen die overeenkomt met een grondmechanische benadering;
- er is vanuit Arnold van der Kraan vraag naar ervaringen van beheerder met bebouwing in de dijk. Bestaan er voorbeelden van falen van bebouwing? Hoe ziet de bebouwing er ongeveer uit? Wat zijn de ervaringen met de toetsing?

Op basis van de presentatie zijn vanuit de werkgroep de volgende opmerkingen gemaakt en vragen gesteld:

- 'als zich in een pand bijvoorbeeld een hele dikke muur aan de dijkzijde bevindt, kan er dan nog wel gesproken worden van niet-waterkerend object?' De muur zal immers bijdragen aan de stabiliteit van de kering? *Als de panden worden getoetst als kunstwerk voldoen ze nooit, er moet dus apart naar worden gekeken;*
- 'geldt dit verhaal ook voor regionale keringen?' *Er is vooral gekeken naar primaire keringen. Bij regionale keringen wordt verwacht dat hier andere typen huizen staan, waardoor de conclusies voor huizen op primaire keringen niet één-op-één doorvertaald kunnen worden naar de regionale keringen. Een ander onderscheid met de primaire keringen is dat bij regionale veelal sprake is van normomstandigheden bij dagelijkse situatie waardoor van 'bewezen sterkte' eerder sprake kan zijn;*
- 'kan bebouwing stabiliteit toevoegen?' *In principe zou bebouwing een positief effect kunnen hebben op de stabiliteit van de waterkering. Echter, de overgang van bebouwing naar waterkering zal altijd een probleem vormen in verband met erosie;*
- 'kunt u een indicatie geven van het percentage woningen waarvoor gegevens te vinden zijn?' *Dit is ongeveer 50 %. Voor de andere woningen zou inmeten een optie kunnen zijn;*
- er wordt opgemerkt dat er altijd sterkte aan bebouwing moet worden toegekend, anders is elk gebouw eigenlijk een gat in de dijk. De enige oplossing zou dan zijn om voor elk gebouw een damwand te plaatsen;

- 'bestaat het risico wel? Kent iemand een voorbeeld?' *Geen voorbeeld, risico onbekend;*
- er wordt voorgesteld om voor de verdere uitwerking van een gedetailleerde toets, één risicovol gebouw uit te kiezen. Voor de toetsing van dit gebouw kan dan de diepte ingegaan worden om op die manier uit te zoeken wat de invloed op de veiligheid van de waterkering is;
- 'kunnen we niet iets met bouwperiodes en bijbehorende bouwmethodieken?' *Ja, dit is essentieel. Dit betekent wel dat er een inspanning geleverd moet worden om gegevens te verzamelen;*
- 'zijn er verslagen uit 1953 waaruit de rol van bebouwing naar voren komt?' *Dit betreft een informatievraag richting de waterschappen;*
- 'is het acceptabel om elk huis in te meten?' *Voor sommige waterkeringbeheerders wel, voor sommigen niet. Dit is afhankelijk van de aantallen maar ook van de kosten/baten.*

3. INVLOED VAN BEBOUWING OP BASIS VAN HUIDIGE LITERATUUR

Op basis van de informatie uit hoofdstuk 2, is de (negatieve) invloed van bebouwing op verschillende locaties in het dijkprofiel op de toetssporen HT, STBU, STBI, STPH en STBK/STMI worden bepaald. In Tabel 3.1 is weergegeven wat de invloed per locatie is. Ook zijn kort de voorwaarden benoemd waarop de bebouwing voor ieder toetsspoor kan worden goedgekeurd. Onder de tabel staan een aantal opmerkingen gegeven waarmee rekening moet worden gehouden bij het lezen van de tabel.

Tabel 3.1. Effecten bebouwing per locatie in het dijkprofiel op de verschillende toetssporen

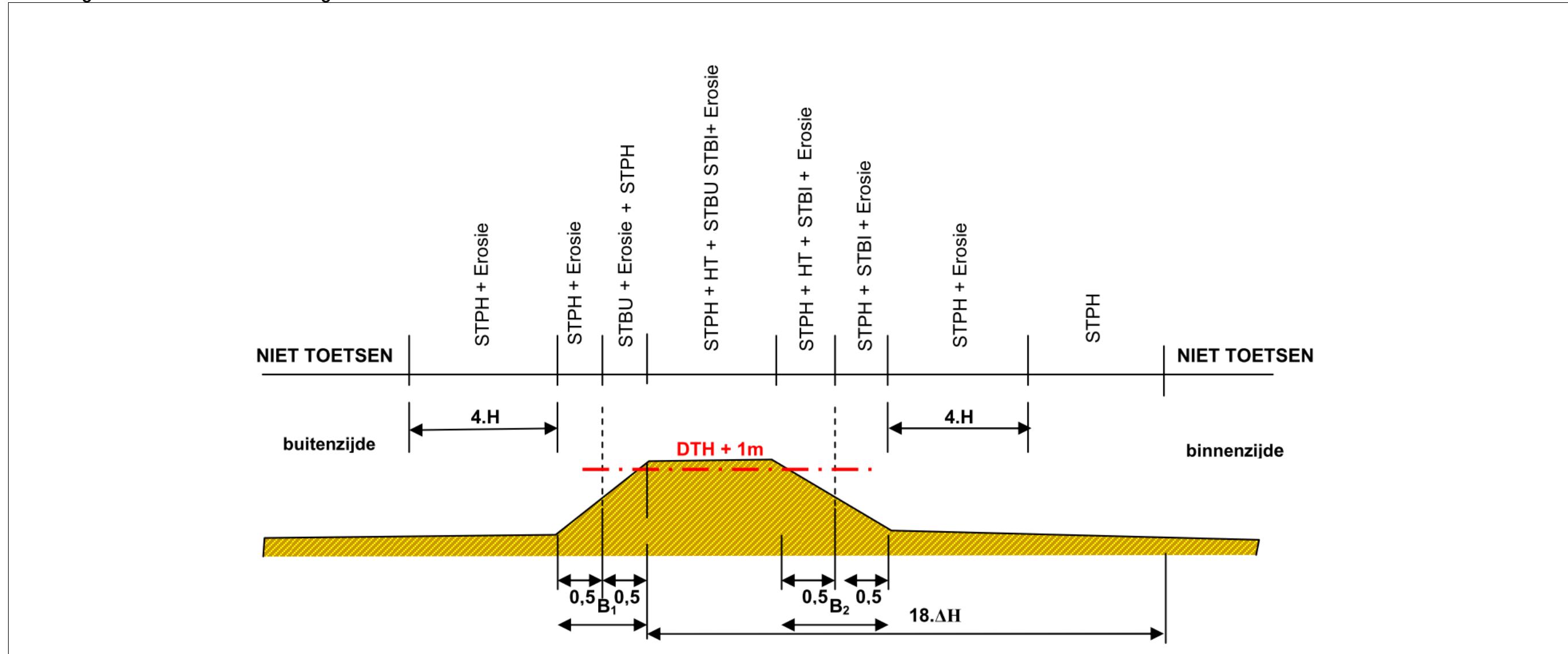
	voorland (1)	buitentalud	binnen/buitenkrui	binnentalud (hoog)	binnentalud (laag)	binnenberm	achterland	
HT	Geen effect	Geen effect	Effect: hoogte reductie. Voorwaarden voor goedkeuren: - buiten minimaal beoordelingsprofiel - onderkant fundering/kelder boven DTH + 1m	Effect: wijziging bekleding (2) Voorwaarden voor goedkeuren: - buiten minimaal beoordelingsprofiel - onderkant fundering/kelder boven DTH + 1m - overslag debiet < 1 l/m/s (kleikern) of < 0.1 l/m/s (zandkern)	Geen effect	Geen effect	Geen effect	HT
STBU	Geen effect (3)	Effect: toename aandrijfgewicht Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op palen - buiten minimaal beoordelingsprofiel - berekening met kelder muur leidt to voldoende stabiliteit - berekening met kelder muur indien kelder aanwezig; bij afwezigheid van een kelder eventueel een nieuw profiel opstellen	Effect: toename aandrijfgewicht Voorwaarden voor goedkeuren: - onderscheid maken tussen smalle of brede kering: bij brede kering bebouwing op binnenkrui goedkeuren. - oppervlakte <15 m2 - fundering op palen - fundering op staal met verheeld achterland van minimaal 40 m breed - buiten minimaal beoordelingsprofiel - berekening met kelder muur indien kelder aanwezig; bij afwezigheid van een kelder eventueel een nieuw profiel opstellen	Geen effect	Geen effect	Geen effect	Geen effect	STBU
STBI	Geen effect	Geen effect	Effect: toename aandrijfgewicht Voorwaarden voor goedkeuren: - onderscheid maken tussen smalle of brede kering: bij brede kering bebouwing op buiten krui goed keuren. - oppervlakte <15 m2 - fundering op palen - fundering op staal met verheeld achterland van minimaal 40 m breed - buiten minimaal beoordelingsprofiel - berekening met kelder muur indien kelder aanwezig; bij afwezigheid van een kelder eventueel een nieuw profiel opstellen	Effect: toename aandrijfgewicht Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op palen - fundering op staal met verheeld achterland van minimaal 40 m breed - buiten minimaal beoordelingsprofiel - berekening met kelder muur indien kelder aanwezig; bij afwezigheid van een kelder eventueel een nieuw profiel opstellen	Effect: toename aandrijfgewicht Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op palen - fundering op staal met verheeld achterland van minimaal 40 m breed - buiten minimaal beoordelingsprofiel - berekening met kelder muur indien kelder aanwezig; bij afwezigheid van een kelder eventueel een nieuw profiel opstellen	Geen effect (3)	Geen effect (3)	STBI
STPH (5)	Effect: aanpassing intredepunt bij aanwezigheid kelder. Voorwaarden voor goedkeuren: - intredepunt ligt niet in voorland - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel - buiten invloedzone	Effect: verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder. (intredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel	Effect verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder (uitredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - de kering heeft een kleikern - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel	Effect: verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder. (uitredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel	Effect: verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder. (uitredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel	Effect: verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder (uitredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel	Effect: verkorte kwelweg bij aanwezigheid kelder (uitredepunt, lekweg). Voorwaarden voor goedkeuren: - oppervlakte <15 m2 - fundering op staal met kleilaag > 1m - buiten minimaal beoordelingsprofiel - buiten invloedzone	STPH (5)
STBK/STMI	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Effect: wijziging aangrijpingspunt erosie Voorwaarden voor goedkeuren: - Goede aansluiting bebouwing op bekleding en kleilaag > 1 m - Erosie beperkende maatregelen (kwelschermen)	Geen effect	STBK/STMI

Opmerkingen bij bovenstaande tabel:

1. hoog en laag voorland zijn samengevoegd omdat dit onderscheid voor regionale keringen niet relevant is. Bij verhoogd voorland kan bebouwing doorgaans worden goedgekeurd omdat dit vaak op een terp is (maar dit komt in de praktijk eigenlijk niet voor bij regionale keringen, uitzondering zijn regionale rivierensystemen, zoals bij waterschap Brabantse Delta);
2. aangenomen wordt dat bij instorten van bebouwing met kelder, de kelder wordt gevuld met puin. Het gewicht van bebouwing met kelder is hiermee groter of gelijk aan het gewicht van het verwijderde grondlichaam [ref. 6].

Bovenstaand tabel leidt tot de invloedszones zoals gegeven in afbeelding 3.1.

Afbeelding 3.1. Invloedszones bebouwing o.b.v. tabel 3.1



4. MOGELIJKE AANSCHERPING VUISTREGELS VOOR REGIONALE KERINGEN

Op basis van de beschreven literatuur kan worden geconcludeerd dat de toetsing van NWO's op een aantal punten kan worden aangescherpt. Enerzijds om grote aantallen NWO's snel en zonder veel informatie te kunnen toetsen en anderzijds omdat een aantal van de huidige aannames nog niet met zekerheid is vastgesteld. In dit hoofdstuk wordt per toetsspoor beschreven welke aanscherpingen er mogelijk zijn en wat voor onderzoek hier nog voor nodig is. Allereerst worden de algemene punten besproken die invloed hebben op meerdere faalmechanismen. Daarna worden respectievelijk de faalmechanismen macrostabiliteit binnenwaarts, macrostabiliteit buitenwaarts, piping/opbarsten, microstabiliteit en bekleding besproken.

De aanscherpingen zoals beschreven in dit hoofdstuk, zijn in de workshop van 13 maart 2014 voorgelegd aan de beheerders. Voorafgaand aan de workshop is door de beheerders een vragenlijst gestuurd om de inhoud van de workshop te bepalen. De resultaten van de workshop zijn beschreven in hoofdstuk 5. Met deze resultaten is vervolgens een eerste stap gemaakt naar aangescherpte vuistregels voor toetsing van de NWO bebouwing in regionale keringen.

In onderstaande paragrafen worden mogelijk aanscherpingen beschreven die voorafgaand aan de workshop zijn gedefinieerd.

4.1. Algemeen

In deze paragraaf worden algemene aanscherpingen beschreven die op alle faalmechanismen van toepassing zijn.

4.2. Zones 4H en 18ΔH aanscherpen

Zoals is gebleken uit SBW-NWO Validatie eenvoudige toets [ref. 7.], kan nog niet met zekerheid worden gezegd of 4H en 18ΔH veilige afmetingen van de invloedzones zijn. Deze zones kunnen worden aangescherpt door lokale toetsresultaten (bijvoorbeeld van STBI en STPH berekeningen) in acht te nemen. De maatgevende glijcirkel kan hierbij als criterium worden gehanteerd.

Extra onderzoek dat moet worden gedaan is erg arbeidsintensief wanneer je dit specifiek voor het NWO doet en niet gebruik gemaakt wordt van beschikbare aangrenzende profielen zonder NWO. Er moet namelijk voor verschillende locaties van de ontgrondingskuil worden bepaald wat de invloed is op de maatgevende glijcirkel. Er wordt niet verwacht dat aanscherping mogelijk is en gevalideerd kan worden. Deze optie is daarom niet in de workshop besproken.

4.3. Bewezen sterkte

Omdat in de boezemwateren het verschil tussen maatgevende omstandigheden en dagelijkse omstandigheden vaak klein is (+/- 30 cm) kan een deel van de bebouwing wellicht gemakkelijk worden goedgekeurd door gebruik te maken van het principe 'bewezen sterkte' [ref. 9.]. Hierbij wordt beschouwd welke belastingen de bebouwing al schadevrij heeft doorstaan. Indien de maatgevende belastingen al schadevrij zijn doorstaan, kan de bebouwing goedgekeurd worden.

Deze redenering kan worden toegepast onder de volgende voorwaarden [ref. 9.]:

- het verloop van het historisch opgetreden hoogwater omhult het maatgevend hoogwater waarmee de dijk getoetst moet worden in zijn geheel;
- de dijk heeft het historisch opgetreden hoogwater zonder noemenswaardige schade gekeerd;
- de dijk zelf alsmede het invloedsgebied van de dijk sinds het historisch opgetreden hoogwater hebben geen veranderingen ondergaan die de stabiliteit mogelijk in ongunstige zin hebben beïnvloed. Hierbij valt onder andere te denken aan substantiele bodemdaling, polderpeilverlaging, veranderende intreeweerstand enz.;
- al deze gegevens met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden vastgesteld.

Onderzoek moet uitwijzen in welke mate bij regionale keringen aan deze voorwaarden kan worden voldaan. In samenwerking met de beheerders van de regionale keringen moet worden onderzocht of de benodigde gegevens beschikbaar zijn. Indien aan alle voorwaarden kan worden voldaan kan bebouwing direct op basis van bewezen sterkte worden goedgekeurd.

Indien niet goed aan de voorwaarden kan worden voldaan, kan conform TRAS [ref. 9.] een correctie op de stabiliteitsfactor worden toegepast. Voor de methode 'bewezen sterkte' moet dan de veiligheidsfactor ter plaatse van de bebouwing bekend zijn. Dit is beduidend meer arbeidsintensief. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.3.1. Veiligheidsfactor is al hoog

Bebouwing op het boventalud of de kruin kan zorgen voor een extra aandrijvend gewicht voor STBU of STBI. Hierdoor gaat de veiligheidsfactor (SF) voor STBI omlaag. Indien de veiligheidsfactor zonder bebouwing veel hoger ligt dan de eis, is een verlaging van de veiligheidsfactor als gevolg van bebouwing acceptabel. Om deze vuistregel toe te kunnen passen moeten de veiligheidsfactor en de eis voor STBU/STBI bekend zijn. In de vuistregel wordt dan een minimale veiligheidsfactor gegeven waaraan de doorsnede zonder bebouwing moet voldoen. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen locaties op de waterkering.

Een zelfde aanpak kan gevolg worden voor de overige faalmechanismen. Voor piping geldt dan bijvoorbeeld dat bebouwing in het achterland kan worden toegestaan als de veiligheid tegen piping toch al hoog is omdat bijvoorbeeld het intredepunt ver weg ligt.

Om een vuistregel op te kunnen stellen, moet nader onderzoek worden gedaan naar wat de invloed van de bebouwing is op de veiligheidsfactor. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.4. Macrostabiliteit binnenwaarts

Uit tabel 3.1 kan worden geconcludeerd dat bebouwing een negatieve invloed heeft op macrostabiliteit binnenwaarts als:

1. de bebouwing in het binnentalud of op de kruin staat, als gevolg van het extra aandrijvende gewicht;
2. de bebouwing op het binnentalud staat en infiltratie van regenwater veroorzaakt.

Daarnaast blijkt uit opmerking 3 bij tabel 3.1 dat bebouwing op het achterland en op het ondertalud, voor een afname van het tegenwerkend gewicht kan zorgen. Dit geldt voor

situaties waarin het gewicht van de bebouwing lager is dan het gewicht van de afwezige grond als gevolg van een kelder. Deze optie wordt meegenomen in verder uitwerking van de invloed van bebouwing op macrostabiliteit binnenwaarts.

In onderstaande paragrafen worden vuistregels voorgesteld waaraan deze bebouwing op eenvoudige wijze kan worden getoetst. Hierbij wordt toegelicht welk extra onderzoek nodig is om een vuistregel op te stellen.

4.4.1. Blokkade glijcirkels

Indien een huis gefundeerd is op palen, dienen deze als blokkade voor de glijcirkel. Op STBI kan de bebouwing dan worden goedgekeurd, ongeacht de invloed op het aandrijvende of tegenwerkende gewicht.

De vuistregel houdt in dat bebouwing gefundeerd op palen, kan worden goedgekeurd op STBI. Hiervoor dient wel te worden aangetoond dat de palen het optreden van een glijcirkel tegengaan. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.4.2. Gewicht bebouwing

De invloed van bebouwing op het aandrijvende of tegenwerkende gewicht, is afhankelijk van het gewicht van de bebouwing en het gewicht van het afwezige grondlichaam (als gevolg van de kelder).

De vuistregel gaat inhouden dat het gewicht van het afwezige grondlichaam wordt vergeleken met het gewicht van de bebouwing. Het gewicht van de bebouwing wordt gebaseerd op het aantal verdiepingen en de soort bouw.

Door Concretio is hier al een voorzet voor gedaan:

- kelder + 1 bouwlaag + zolder: $10 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ vervangt 0,5 m grond;
- bouwlaag + zolder: $20 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ vervangt 1 m grond.

Nader onderzoek voor deze vuistregel houdt in dat het gewicht van de bebouwing verder wordt beschouwd en eventueel wordt gekoppeld aan een bouwjaar. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.4.3. 3D-effect

3D-effecten kunnen de stabiliteit van de waterkering positief beïnvloeden. Op dit moment is er weinig informatie beschikbaar over 3D-effecten. In een aantal rapporten en leidraden staat genoemd dat 3D-effecten kunnen worden meegenomen maar nergens staan hiervoor concrete richtlijnen en methodieken beschreven. In Technisch Rapport Macrostabiliteit bij dijken wordt gesproken over een 3D-EEM-analyse om 3D-effecten te modelleren [ref. 8.]. Deze analyse zou gebruikt kunnen worden bij het opstellen van vuistregels voor 3D-effecten op macrostabiliteit.

Extra onderzoek houdt in dat de 3D-EEM-analyse moet worden uitgevoerd voor een aantal situaties. De vuistregel die hiermee kan worden gevalideerd is dat alleenstaande bebouwing goedgekeurd kan worden, eventueel onder aanvullende voorwaarden. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.5. Macrostabiliiteit buitenwaarts

Uit tabel 3.1 kan worden geconcludeerd dat bebouwing een negatieve invloed heeft op macrostabiliiteit binnenwaarts als:

1. de bebouwing op de kruin/boventalud staat, als gevolg van toename van aandrijvend gewicht;
2. de bebouwing op het buitentalud staat en infiltratie van regen- of buitenwater veroorzaakt.

Daarnaast blijkt uit opmerking 3 bij tabel 3.1 dat bebouwing op het achterland en op het ondertalud, voor een afname van het tegenwerkend gewicht kan zorgen. Dit geldt voor situaties waarin het gewicht van de bebouwing lager is dan het gewicht van de afwezige grond als gevolg van een kelder. Deze optie wordt meegenomen in verder uitwerking van de invloed van bebouwing op macrostabiliiteit binnenwaarts.

In onderstaande paragrafen worden vuistregels voorgesteld waaraan deze bebouwing op eenvoudige wijze kan worden getoetst. Hierbij wordt toegelicht welk extra onderzoek nodig is om een vuistregel op te stellen.

4.5.1. Blokkade glijcirkels

Zie paragraaf 4.4.1.

4.5.2. Gewicht bebouwing

Zie paragraaf 4.4.2.

4.5.3. 3D-effect

Zie paragraaf 4.4.3.

4.6. Piping/opbarsten

Uit tabel 3.1 kan worden geconcludeerd dat bebouwing een negatieve invloed heeft op piping als:

1. de kwelweglengte wordt verkort door bijvoorbeeld palen of door de kelder;
2. de locatie van het intredepunt of het uittredepunt wordt beïnvloed door de bebouwing.

In onderstaande paragrafen worden vuistregels voorgesteld waaraan deze bebouwing op eenvoudige wijze kan worden getoetst. Hierbij wordt toegelicht welk extra onderzoek nodig is om een vuistregel op te stellen.

4.6.1. Opbouw ondergrond

Piping is alleen mogelijk als er sprake is van een relatief ondiepe liggende zandlaag die kortsluiting maakt met het buitenwater. Voor sommige dijkstrekkingen kan op basis van de grondopbouw al worden bepaald dat piping niet op kan treden. Een bijbehorende vuistregel houdt in dat de dikte van het slappe lagenpakket wordt beschouwd.

Nader onderzoek moet uitwijzen of het mogelijk is om een dikte van het slappe lagenpakket te definiëren waarvoor piping niet op kan treden. Deze optie wordt als kansrijk gezien en daarom niet apart besproken in de workshop.

4.6.2. Bebouwing is op staal gefundeerd

Indien een huis op palen is gefundeerd, wordt de kwelweg verkort door de palen. Indien een huis op staal is gefundeerd is deze kwelwegverkorting niet aanwezig. Alleen ter plaatse van de randen van het huis is sprake van kwelwegverkorting. Deze locaties kunnen worden beheerst.

De vuistregel op basis van deze overweging houdt in dat bebouwing die op staal is gefundeerd, kan worden goedgekeurd op piping indien de juiste beheersmaatregelen worden aangehouden.

Nader onderzoek houdt in dat beheersmaatregelen worden gedefinieerd. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.6.3. Piping/opbarsten is eindig

Piping ontstaat doordat de opwaartse waterdruk groter is dan het gewicht van de bovenliggende lagen. Het water barst dan door de lagen heen en komt op maaiveld terecht. Bij piping wordt hierbij ook zand getransporteerd richting maaiveld. Indien het maaiveld over de hele strekking te laag is, kan dit mechanisme over de hele strekking optreden. Bij (alleenstaande) bebouwing is de verlaging van het maaiveld echter lokaal.

Indien piping/opbarsten optreedt bij de bebouwing, is de 'kuil' in het maaiveld na verloop van tijd gevuld met water en zand. Dit werkt als tegenwicht voor de waterdruk, waardoor een nieuw evenwicht ontstaat. Piping/opbarsten op deze locaties is dus eindig.

Een vuistregel gebaseerd op deze overweging kan inhouden dat alleenstaande bebouwing kan worden goedgekeurd. Hiervoor moet verder onderzoek worden gedaan naar het effect van volstromen van de 'kuil' op de stabiliteit van de kering. Deze optie is tijdens de workshop besproken om meer inzicht te krijgen in de mogelijkheden.

4.7. Microstabiliteit

Optreden van het faalmechanisme microstabiliteit (STMI) is het gevolg van erosie of van een hogere freatische lijn. Erosie kan optreden als schade aan de bekleding ontstaat. Een hogere freatische lijn kan optreden indien de bebouwing een intredepunt vormt voor water in de dijk kern. Dit kan worden voorkomen door een goede aansluiting tussen bebouwing en bekleding te realiseren.

De beschouwing van microstabiliteit wordt daarom samen genomen met de toetsing op bekleding.

4.8. Bekleding

Erosie rondom bebouwing is een veel voorkomend mechanisme. Beheersmaatregelen zijn de beste manier om hiermee om te gaan.

Nader onderzoek houdt in dat beheersmaatregelen worden gedefinieerd.

5. RESULTAAT WORKSHOP BEBOUWING OP REGIONALE KERINGEN

Op 13 maart 2014 is een workshop gehouden waarbij een deel van de bovengenoemde aanscherping is besproken. Doel van de workshop was om samen met de beheerders van regionale keringen te bepalen welke aanscherpingen kansrijk zijn en verder onderzoek verdienen. De volgende partijen waren aanwezig bij de workshop:

- hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard;
- Wetterskip Fryslan;
- waterschap Groot Salland;
- waterschap Rivierenland;
- waterschap Hunze en Aas;
- waterschap Stichtse Rijnlanden;
- waterschap Brabantse Delta;
- waterschap Noorderzijlvest;
- waternet;
- provincie Gelderland;
- provincie Utrecht;
- provincie Zuid-Holland;
- STOWA.

5.1. Denkrichting

In de workshop heeft W+B allereerst de denkrichting toegelicht die wordt gebruikt voor de aanscherping van de toetsing van bebouwing op regionale keringen. Deze denkrichting houdt allereerst in dat wordt voortgeborduurd op de bestaande literatuur (zie hoofdstuk 2 en 3), waarin vooral naar primaire keringen wordt gekeken. De verwachting is dat voor regionale keringen andere mechanismen gelden en dat bebouwing daarom makkelijker kan worden goedgekeurd.

Dit sluit aan bij het idee dat bebouwing op regionale keringen eigenlijk helemaal geen risico is voor de waterveiligheid. Zeker de situaties waarbij bebouwing instort, zijn niet reëel aangezien een dergelijk situatie nooit gedocumenteerd is. Omdat het risico van bebouwing klein wordt geacht, is het voor beheerders vaak niet acceptabel om een ingewikkelde geavanceerde toets te doen. De beoordeling van bebouwing op regionale keringen moet daarom zoveel mogelijk zonder grote gegevensverzameling en zonder geavanceerde berekeningen uitgevoerd kunnen worden.

Om de beoordeling van bebouwing in regionale keringen zo simpel mogelijk te houden, is bij de aanscherping (zie hoofdstuk 4) een poging gedaan om de vuistregels zo simpel mogelijk te houden. Als alternatief voor goedkeuren met geavanceerde berekeningen is het idee opgevat om beheer- en noodmaatregelen toe te passen. De NWO is dan niet goedgekeurd, maar de negatieve invloed op de waterveiligheid wordt ondervangen door beheer- en noodmaatregelen.

Bovenstaande denkrichting is in de workshop toegelicht en besproken. In onderstaande paragrafen is per onderwerp beschreven wat het resultaat van de workshop was.

5.1.1. Voortborduren op bestaande vuistregels

Voor de toetsing van bebouwing op regionale keringen wordt voortgeborduurd op de bestaande vuistregels, zie hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3. Dit houdt met name in dat de invloedzones zoals gedefinieerd in de bestaande literatuur worden gebruikt als uitgangspunt voor

verdere uitwerking. Voor de invloedszones op basis van bestaande literatuur, zie afbeelding 3.1.

Tijdens de workshop gaven de beheerders aan dat ze dit een goede aanpak vinden. Daarom is afbeelding 3.1. in dit rapport als uitgangspunt gebruikt in de verder aanscherping van de vuistregels voor bebouwing in regionale keringen.

5.1.2. Instorten bebouwing

Uit de workshop is gebleken dat de waterschappen het erover eens zijn dat de kans op instorten van bebouwing verwaarloosbaar klein is. Bovendien wordt bebouwing die op instorten staat goed in de gaten gehouden, zeker tijdens een hoogwater situatie. In de verdere uitwerking wordt instorten van bebouwing daarom niet als mechanisme meegenomen. Er wordt enkel gekeken naar de invloed van de aanwezigheid van bebouwing op een bepaald faalmechanisme.

5.1.3. Toetsen versus toestaan bebouwing

In de workshop is besproken dat er een spanningsveld is tussen enerzijds het goedkeuren van bestaande bebouwing in de waterkering en anderzijds het niet toestaan van nieuwe bebouwing in de waterkering. Het kan lastig uit te leggen zijn dat bestaande bebouwing in de waterkering geen probleem is, maar dat er tegelijk geen nieuwe bebouwing wordt toegestaan.

In de discussie wordt opgemerkt dat er veelal andere redenen zijn om geen bebouwing in de waterkering toe te staan. Een belangrijk reden is dat er ruimte moet worden vrijgehouden voor eventuele toekomstige dijkversterkingen, zoals wordt gedaan met het profiel van vrije ruimte. Daarnaast staat bebouwing in de waterkering in de weg voor beheer en onderhoud. De argumenten om geen nieuwe bebouwing in de waterkering toe te staan zijn daarmee anders dan de argumenten om bestaande bebouwing goed te keuren.

5.1.4. Beheers- en noodmaatregelen

Het idee om noodmaatregelen te gebruiken als alternatief voor goedkeuring van de kade wordt door de aanwezigen als niet acceptabel gezien. Noodmaatregelen zijn er alleen voor noodsituaties, hier mag niet vooraf op gerekend worden worden. Noodmaatregelen zijn er daarom alleen voor bebouwing die als afgekeurd is. Bebouwing mag niet worden goedgekeurd omdat noodmaatregelen worden toegepast, hiermee accepteert je namelijk dat er een noodsituatie mag ontstaan.

Beheersmaatregelen zoals het inspecteren van de bekleding volgen uit de toetsing en zijn daarmee een integraal onderdeel van de toetsing. Als bebouwing bijvoorbeeld wordt goedgekeurd als de aansluitingen op de dijkbekleding erosiebestendig zijn, moet deze erosiebestendigheid wel worden beheerd.

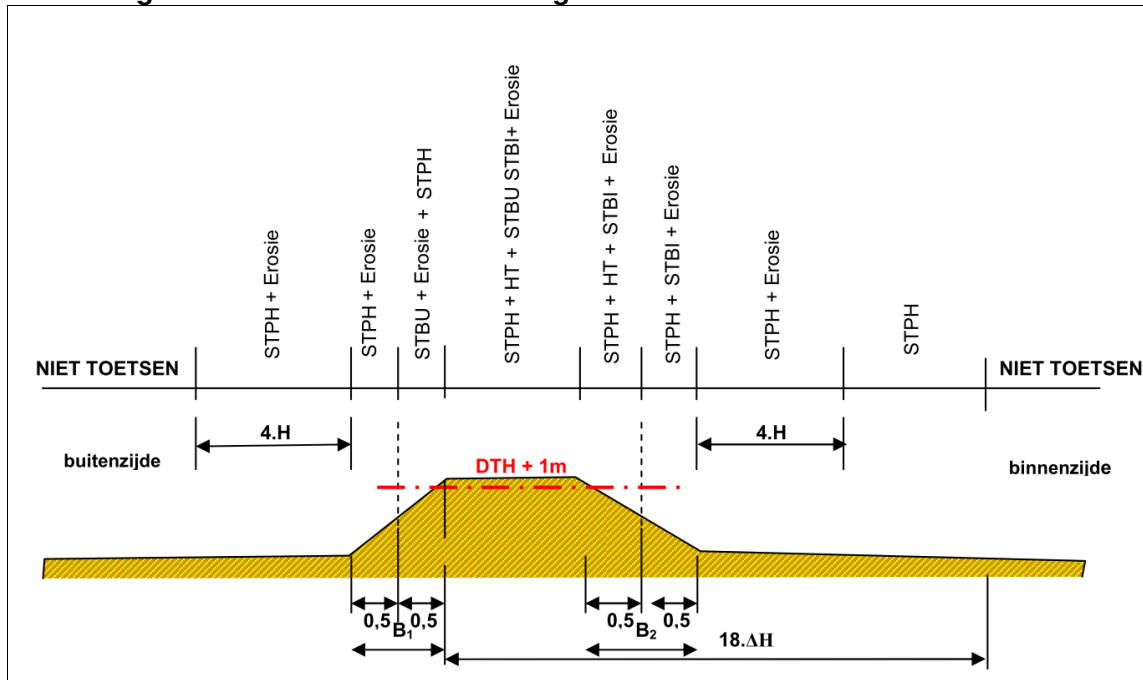
5.1.5. Bestaande aanpak primaire keringen

In de workshop is voorgesteld om de vuistregels te beginnen met invloedszones zoals die zijn gedefinieerd voor de primaire keringen, zie tabel 3.1 en afbeelding 3.1. Deze aanpak wordt geaccepteerd door de aanwezige beheerders. Toepassen van een beoordelingsprofiel wordt gezien als een arbeidsintensieve oplossing. Deze aanpak dient alleen gebruikt te worden voor profielen met bebouwing waar andere vuistregels geen uitkomst bieden.

5.2. Aanscherping invloedszones voor regionale keringen

De invloedszones voor primaire keringen die volgen uit de bestaande literatuur (hoofdstuk 2), zijn weergegeven in afbeelding 5.1. Deze afbeelding is dezelfde als afbeelding 3.1. Voor de aanscherping wordt voorgebordurd op deze afbeelding. De invloedszones kunnen worden aangescherpt voor regionale keringen omdat de belastingen op regionale keringen zijn anders zijn dan bij primaire keringen. In onderstaande is deze aanscherping per faal-mechanisme beschreven.

Afbeelding 5.1. Invloedszones bebouwing obv tabel 3.1



5.2.1. Hoogte (HT)

Bebouwing kan op 2 manieren invloed hebben op het faalmechanisme hoogte:

- erosie langs de bebouwing bij het optreden van overloop/golfoverslag;
- de bebouwing stort in en laat een gat achter in de dijk.

Omdat de kans op instorten van bebouwing wordt verwaarloosd, wordt alleen erosie langs bebouwing beschouwd. In de huidige toetsing- en ontwerpsystematiek van regionale keringen wordt een overslagdebiet van maximaal 0,1 l/m/s toegestaan. Bij een dergelijk overslagdebiet kan geen substantiële erosie ontstaan. Daarom wordt het faalmechanisme 'hoogte' bij regionale keringen, niet beïnvloed door bebouwing.

Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat in het WTI2017 mogelijk hogere overslagdebieten toegestaan worden. Bij >1 l/m/s kan erosie langs de bebouwing optreden. Wanneer deze hogere overslagdebieten worden toegestaan betekent dit een extra opgave voor het beheer, om de aansluitingen van de bebouwing op de bekleding voldoende sterk te houden. Dit geldt ook voor de overige aansluitingen.

Bebouwing heeft op geen enkele locatie in de regionale kering, invloed op het faalmechanisme 'hoogte'. In afbeelding 5.1 kan het faalmechanisme 'HT' daarom uit elke invloedzone worden verwijderd.

5.2.2. Stabiliteit bekleding (STBK)

Bebouwing kan invloed hebben op het faalmechanisme STBK als door de bebouwing erosie van de bekleding optreedt. Uitgaande van het maximale overslagdebiet van 0,1 l/m/s, kan bij regionale keringen erosie op de kruin en het binnentalud niet plaatsvinden.

Op het buitentalud kan wel erosie rondom bebouwing plaatsvinden, door langsstroming of golfaanval. Uit de workshop is gebleken dat dit alleen een risico is bij regionale keringen met een riviersysteem. Hier gelden andere hydraulische randvoorwaarden dan bij boezemsystemen, waar de maatgevende hydraulische belasting bijna gelijk is aan de dagelijkse hydraulische belasting. Langs rivieren gaat dit niet op. Daarom dient bebouwing langs de regionale keringen in riviersystemen, behandeld te worden als bij primaire keringen.

Bebouwing heeft op geen enkele locatie in de regionale kering, invloed op het faalmechanisme 'stabiliteit bekleding'. In afbeelding 5.1 kan het faalmechanisme 'Erosie' daarom uit elke invloedzone worden verwijderd, mits STMI ook geen invloed heeft.

5.2.3. Microstabiliteit (STMI)

Bebouwing kan invloed hebben op het faalmechanisme STMI als door de bebouwing erosie van de bekleding op het binnentalud plaatsvindt, of als de freatische lijn wordt verhoogd. Van erosie van de bekleding is in paragraaf 5.4 bepaald dat bebouwing hier bij regionale keringen geen invloed op heeft.

Bebouwing heeft op geen enkele locatie in de regionale kering, invloed op het faalmechanisme 'microstabiliteit'. In afbeelding 5.1 kan het faalmechanisme 'Erosie' daarom uit elke invloedzone worden verwijderd.

5.2.4. Macrostabiliiteit buitenwaarts en binnenwaarts (STBU en STBI)

Bebouwing heeft een negatieve invloed op de faalmechanismen STBU en STBI als:

- het aandrijvend gewicht wordt verhoogd;
- het tegenwerkend gewicht wordt verlaagd.

Verhoging van het aandrijvend gewicht vindt plaats als de bebouwing op de kruin of op het boventalud staat en het gewicht van de bebouwing groter is dan het gewicht van het afwezige grondlichaam.

Bebouwing heeft op de kruin en de boventaluds van de regionale kering, invloed op de faalmechanismen 'macrostabiliiteit buitenwaarts en binnenwaarts'. In afbeelding 5.1 kunnen de faalmechanismen 'STBU en STBI' daarom in elke invloedszone blijven staan.

5.2.5. Piping en Heave (STPH)

Bebouwing heeft een negatieve invloed op het faalmechanisme STPH als:

- het intreepunt (aan de buitenzijde) dijkwaarts wordt verplaatst;
- de kwelweglengte wordt verkort door bebouwing aan de binnenzijde.

Het intreepunt aan de buitenzijde wordt verplaatst als de bebouwing de watervoerende zandlaag doorsnijdt. De kwelweglengte kan worden verkort als de fundering de watervoerende zandlaag doorsnijdt en daardoor een intreepunt voor het buitenwater ontstaat.

Omdat regionale kering worden getoetst/ontworpen op een overslagdebiet van 0,1 l/m/s, kan bebouwing op de kruin geen intreepunt vormen. De waterstand komt simpelweg niet tot dat niveau.

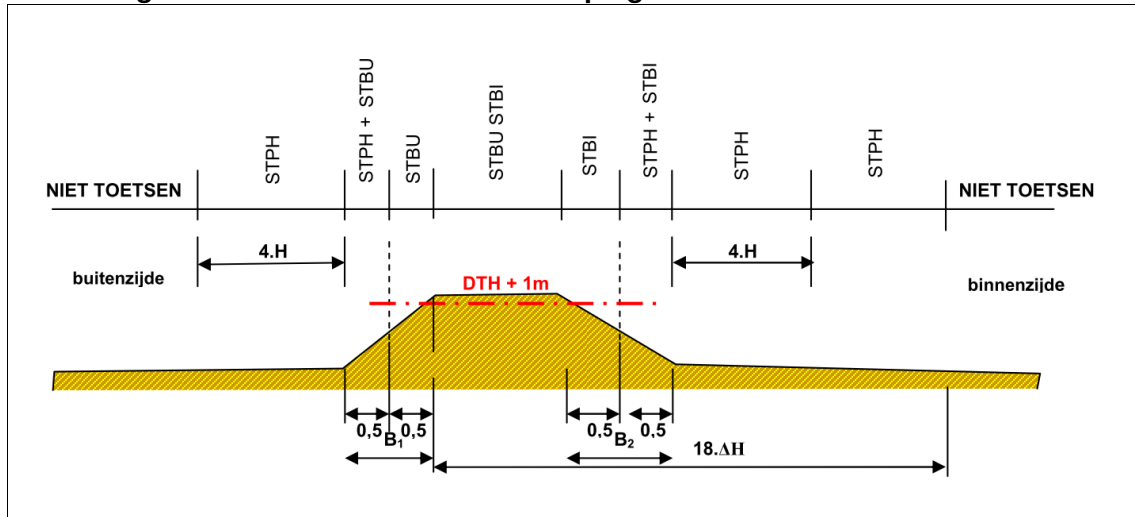
Dit faalmechanisme kan worden verwijderd uit de invloedszone op de kruin en hoog binnentalud en kan blijven staan bij de invloedszones op de overige taluds en het voor- en achterland.

Bebouwing heeft op de kruin en de boventaluds van de regionale kering, geen invloed op het faalmechanismen 'Piping en Heave. In Afbeelding 5.1 kan het faalmechanismen 'STPH' daarom uit deze invloedszones worden verwijderd.

5.2.6. Conclusie aanscherping invloedszones

Op basis van bovenstaande beschouwing zijn de invloedszones uit afbeelding 3.1 aangepast. De nieuwe figuur met invloedszones is gegeven in afbeelding 5.2.

Afbeelding 5.2. Invloedszones na aanscherping



5.3. Voorstel aanscherping vuistregels

In deze paragraaf worden nieuwe vuistregels benoemd die zijn voorgesteld op basis van informatie uit de workshop. De resultaten van de workshop worden ook besproken. Hieruit volgt of een vuistregel kansrijk is. Vervolgens wordt beschreven of extra onderzoek nodig is of dat de vuistregel direct kan worden toegepast.

De vuistregels worden onderverdeeld per faalmechanisme en twee vuistregels zijn algemeen toepasbaar op alle faalmechanismen.

5.3.1. Algemeen: bewezen sterkte

Om deze aanpak toe te kunnen passen moeten inspectieresultaten gebruikt worden. De waterschappen geven aan dat bekend is op welke plekken kwel optreedt. Deze locaties worden door het waterschap versterkt of gemonitord.

Er dient te worden bepaald of het principe 'bewezen sterkte' kan worden toegepast. Hiertoe moet worden bewezen dat de sterkte van de waterkering in de maatgevende en in de dagelijkse situatie gelijk is. Daarvoor moet bekend zijn wat het verschil is tussen beide belastingssituaties en wat voor effect dit heeft op de sterkte.

Er werd in de workshop aangegeven dat een kleine aanpassing in de schematisering er soms al voor kan zorgen dat de waterkering niet voldoet op macrostabiliteit. Het effect van een kleine aanpassing in de waterstand is afhankelijk van de overige karakteristieken van het dijkprofiel. Het is lastig om hier generiek iets over te zeggen. Deze aanpak is dan niet hoopvol. Het is echter wel een aanpak waarbij de NWO's op grote dijkstrekkingen kunnen worden goedgekeurd.

Er wordt aanbevolen om verder onderzoek te doen naar deze aanpak. Dergelijk onderzoek houdt in dat een gevoeligheidsanalyse wordt gedaan waarbij wordt beschouwd wat de invloed is van kleine waterstandsverschillen op de faalmechanismen. Er dienen verschillende representatieve profiel te worden beschouwd, bijvoorbeeld een zanddijk, een kleidijk en een veendijk.

Een mogelijk resultaat van het onderzoek is bijvoorbeeld dat voor kleidijken met een talud van 1:3, een waterstandsverschil van 10 cm geen negatieve invloed heeft op de macrostabiliteit of op piping. Als het verschil tussen de dagelijkse waterstand en de maatgevende waterstand dan 10 cm is, en er zijn geen negatieve inspectieresultaten, kan de bebouwing worden goedgekeurd.

Omdat relatief weinig informatie benodigd is om de bebouwing goed te kunnen keuren, wordt deze vuistregel als eerste stap na het toepassen van de invloedszones voorgesteld. Dit is weergegeven in het stroomschema in hoofdstuk 6.

5.3.2. Algemeen: veiligheidsfactor is al hoog

Om deze aanpak toe te kunnen passen moet worden aangetoond dat een kleine verhoging van de belasting als gevolg van de bebouwing, niet resulteert in het niet-voldoen van de waterkering. Dit is een hoopvolle aanpak als de veiligheidsfactor van het maatgevende profiel in de dijkstrekking al relatief groot is. Het maatgevende profiel is namelijk al maatgevender dan het profiel bij de bebouwing.

Om dit aan te kunnen aantonen moeten voor verschillende dijkgeometriën proefberekeningen worden gedaan. Een voorbeeld is om een kleidijk 1:3 tweemaal door te rekenen, eenmaal zonder bebouwing en eenmaal met bebouwing op de kruin. Er kan dan worden bepaald welke invloed de bebouwing heeft op de veiligheidsfactor, bij een dergelijk dijkprofiel. Daaruit kan dan weer bepaald worden wat de minimale veiligheidsfactor moet zijn van het maatgevende dijkprofiel zonder bebouwing.

De vuistregel houdt dan in dat bebouwing kan worden goedgekeurd, indien de veiligheidsfactor van het maatgevende profiel al een bepaalde waarde heeft. Omdat alleen de huidige veiligheidsfactor benodigd is om de bebouwing goed te kunnen keuren, wordt deze vuistregel als tweede stap na het toepassen van de invloedszones voorgesteld. Dit is weergegeven in het stroomschema in hoofdstuk 6.

5.3.3. STBU/STBI: 3D-effect 3

Alleenstaande bebouwing kan goedgekeurd worden, eventueel onder voorwaarde van maximale kelderdiepte en minimale veiligheidsfactor aangrenzende profielen. Omdat de aangrenzende vakken per definitie als zijn goedgekeurd, als een NWO wordt beoordeeld, zijn de aangrenzende vakken altijd stabiel. Indien het huis dus niet te breed is, kan alleenstaande bebouwing worden goedgekeurd. Dit wordt door de betrokkenen gezien als een kansrijke vuistregels en verdient verder onderzoek.

Er wordt aanbevolen om verder onderzoek te doen naar deze aanpak. Dit onderzoek houdt in dat voor verschillende representatieve profielen (kleidijk, veendijk), moet worden beschouwd wat de invloed is van alleenstaande bebouwing. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat een glijvlak minimaal 30 m breed is en bebouwing maximaal 10 m breed. Het extra gewicht op de kruin en het boventalud of het gebrek aan gewicht in de teen, moet dan door 3 worden gedeeld in het maatgevende profiel. De verwachting is dat dit extra onderzoek een positief resultaat heeft en dat alleenstaande bebouwing goedgekeurd kan worden als gevolg van het 3D-effect.

De vuistregel die hieruit volgt is:

'Indien de bebouwing alleenstaand is, kan voor de toetssporen STBU en STBI, het oordeel 'goed' worden gegeven.'

Deze vuistregel wordt toegepast als de bebouwing niet kan worden goedgekeurd op basis van de invloedszones of op basis van de algemene regels in paragrafen 5.3.1 en 5.3.2. Omdat voor deze vuistregel niet veel informatie nodig is, namelijk alleen of bebouwing alleenstaand is, wordt deze vuistregel bovenaan geplaatst in het stroomschema voor STBI/STBU.

5.3.4. STBU/STBI: Blokkade glijcirkels

Indien een huis gefundeerd is op palen, dienen deze als blokkade voor de glijcirkel. Op STBU/STBI kan de bebouwing dan worden goedgekeurd. Dit wordt door de betrokkenen geaccepteerd als vuistregel. Er wordt opgemerkt dat bebouwing gefundeerd op palen, wel een slechte invloed kan hebben op piping.

De vuistregel die hieruit volgt is:

‘Indien de bebouwing op palen is gefundeerd, kan voor de toetssporen STBU en STBI, het oordeel ‘goed’ worden gegeven.’

Deze vuistregel wordt toegepast als de bebouwing niet kan worden goedgekeurd op basis van de invloedszones of op basis van de algemene regels in paragrafen 5.3.1 en 5.3.2. Voor deze vuistregel moet bekend zijn hoe de bebouwing gefundeerd is. De vuistregel komt daarom wat lager te staan in het stroomschema, zodat de gegevensverzameling alleen gedaan hoeft te worden voor bebouwing die op een andere manier niet kan worden goedgekeurd.

5.3.5. STBU/STBI: Gewicht bebouwing

Bebouwing kan negatieve invloed hebben op de macrostabiliteit van de waterkering, als het aandrijvend gewicht van de glijcirkel wordt vergroot. Het gewicht van de bebouwing is dan groter dan het afwezige grondlichaam doordat de bebouwing in de kering staat. Om hiervoor een vuistregel toe te passen moet het kelderniveau van de bebouwing bekend zijn en moet bekend zijn wat het gewicht van de bebouwing is. Dit vergt een inspanning voor informatieverzameling.

Deze aanpak wordt opgenomen achterin het stroomschema. Vanwege de benodigde gegevensverzameling is het wenselijk dat deze vuistregel alleen wordt toegepast als bebouwing niet op een andere manier kan worden goedgekeurd.

5.3.6. STPH: Bewezen sterkte

Voor STPH wordt bewezen sterkte voorgesteld als nieuwe vuistregel. De waterschappen geven aan dat locaties waar kwel optreedt goed worden beheerd. Deze locaties zijn versterkt of worden bij hoogwater goed in de gaten gehouden zodat maatregelen gelijk getroffen kunnen worden. De vraag is of tijdens de maatgevende situatie, kwel op gaat treden op locaties waar dat nu niet zo is. Voor een aanzet voor verdere onderzoek wordt verwezen naar paragraaf 5.3.1.

5.3.7. STPH: Bebouwing is op staal gefundeerd

Piping is alleen mogelijk als er sprake is van een relatief ondiepe liggende zandlaag die kortsluiting maakt met het buitenwater. Indien de bebouwing op staal is gefundeerd, en er onder de bebouwing een kleilaag aanwezig is, is een dergelijke kortsluiting niet aanwezig. Deze aanpak kan direct worden toegepast als vuistregel. Er wordt aangehouden dat de kleilaag een minimale dikte van 1 m moet hebben.

De vuistregel is als volgt:

‘Indien onder de bebouwing een kleilaag van 1 m aanwezig is, kan voor het toetsspoor STPH, het oordeel ‘goed’ worden gegeven.’

5.3.8. STPH: Piping/opbarsten is eindig (bebouwing is op palen gefundeerd)

Piping ontstaat doordat de opwaartse waterdruk groter is dan het gewicht van de bovenliggende lagen. Het water barst dan door de lagen heen en komt op binnendijkse maaiveld terecht. Bij piping wordt hierbij ook zand getransporteerd richting maaiveld. Indien het maaiveld over de hele strekking te laag is, kan dit mechanisme over de hele strekking optreden. Bij bebouwing gefundeerd op palen is de verlaging van het maaiveld echter lokaal.

Indien piping/opbarsten optreedt bij de bebouwing, is de ‘kuil’ in het maaiveld na verloop van tijd gevuld met water en zand. Dit werkt als tegenwicht voor de waterdruk, waardoor een nieuw evenwicht ontstaat. Piping/opbarsten op deze locaties is dus eindig. Een vuistregel gebaseerd op deze overweging kan inhouden dat alleenstaande bebouwing kan worden goedgekeurd. Hiervoor moet verder onderzoek worden gedaan naar het effect van volstromen van de ‘kuil’ op de stabiliteit van de kering. Dit houdt in dat een aantal pipingberekeningen moeten worden gedaan, waarbij de kuil wordt opgevuld met het volumegewicht van water. Hiervoor moet eerste worden bepaald wat de maximale diepte van een dergelijke kuil is. De verwachting is dat dit extra onderzoek een positief resultaat heeft en dat bebouwing op palen kan worden goedgekeurd op STPH.

De vuistregel die hieruit volgt is:

‘Indien de bebouwing op palen gefundeerd is en aan de binnenzijde staat, kan voor het toetsspoor STPH, het oordeel ‘goed’ worden gegeven.’

Deze vuistregel wordt toegepast als de bebouwing niet kan worden goedgekeurd op basis van de invloedszones of op basis van de algemene regels in paragrafen 5.3.1 en 5.3.2. Voor deze vuistregel moet bekend zijn hoe de bebouwing gefundeerd is. De vuistregel komt daarom wat lager te staan in het stroomschema, zodat de gegevensverzamling alleen gedaan hoeft te worden voor bebouwing die op een andere manier niet kan worden goedgekeurd.

5.4. Aangepast stroomschema vuistregels bebouwing bij regionale keringen

Op basis van bovenstaande bevindingen is een aangepast stroomschema gemaakt voor de beoordeling van bebouwing in regionale keringen. Dit stroomschema is gebaseerd op het stroomschema uit de ‘vuistregels voor het beheerdersoordeel’, zie afbeelding 2.1. Het aangepaste stroomschema is weergegeven in bijlage I.

Filter 0 is behouden gebleven, dit houdt in dat bebouwing alleen wordt getoetst indien de kering nog niet op andere faalmechanismen is afgekeurd. Filter 1 blijft ook behouden, de invloedszones zijn echter wel aangescherpt, zie afbeelding 5.1.

Filter 2 is in het aangepaste stroomschema voor de regionale keringen, volledig uitgewerkt. De aangescherpte vuistregels uit paragraaf 5.3 zijn opgenomen in het stroomschema, in plaats van filter 2. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen het spoor STBU/STBI en het spoor STPH. De bebouwing moet op beide sporen worden goedgekeurd, om goedgekeurd te kunnen worden.

Filter 3 is hetzelfde gebleven. Zoals besproken met de beheerders is het toepassen van het beoordelingsprofiel een laatste optie, omdat dit veel inspanning vergt.

6. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

Er kan worden geconcludeerd dat een aanscherping van de vuistregels voor de NWO bebouwing op regionale keringen mogelijk is. De huidige aanpakken zijn vooral gebaseerd op primaire keringen, zie hoofdstuk 2. Op regionale keringen heeft bebouwing minder invloed. Daarom is een aanscherping van de invloedszones mogelijk zoals beschreven in paragraaf 5.2. Bovendien is het bij regionale keringen een optie om het principe van 'bewezen sterkte' toe te passen. De reden hiervoor is dat de maatgevende waterstand en de dagelijkse waterstand niet veel verschillen.

In dit rapport zijn aanscherpingen gedaan aan de invloedszones zoals gedefinieerd voor primaire keringen. Daarnaast zijn een aantal aanscherpingen van vuistregels voorgesteld en uitgewerkt. Op basis hiervan is een mogelijk stroomschema voor de beoordeling van bebouwing in regionale keringen opgesteld, zie bijlage I.

Om het stroomschema zoals in bijlage I toe te kunnen passen, moet aanvullend onderzoek worden gedaan om de aangescherpte vuistregels uit paragraaf 5.3 te valideren. Dit onderzoek is als volgt:

- bewezen sterkte: gevoeligheidsanalyse waarbij de invloed van een verschil in de buitenwaterstand op de veiligheid wordt bepaald door stabiliteitsberekeningen/pipingberekeningen te doen voor verschillende representatieve profielen;
- veiligheidsfactor is al hoog: gevoeligheidsanalyse waarbij de invloed van bebouwing op de veiligheid wordt bepaald door stabiliteitsberekeningen/pipingberekeningen te doen voor verschillende representatieve profielen;
- 3D-effect: gevoeligheidsanalyse waarbij de invloed van alleenstaande bebouwing op de dijkstabiliteit wordt bepaald door stabiliteitsberekeningen/pipingberekeningen te doen voor verschillende representatieve profielen;
- STPH is eindig: pipingberekeningen waarbij de kuil wordt opgevuld met het volumegegewicht van water. Hiervoor moet eerste worden bepaald wat de maximale diepte van een dergelijke kuil is.

7. REFERENTIES

1. STOWA (2007). Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (LTR). Utrecht.
2. STOWA (2010). Addendum op de leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen betreffende boezemkaden. Amersfoort.
3. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2007). Voorschrift toetsen op veiligheid primaire waterkeringen 2006 (VTV2006). Den Haag.
4. Deltares (2012). Achtergrondrapportage technisch deel VTV.
5. Provincie Zuid-Holland (2009) Vuistregels voor het beheerdersoordeel bij de toetsing van niet-waterkerende objecten, definitief.
6. Ingenieursbureau Concretio (2012). Startdocument Handleiding toetsen bebouwing in waterkeringen, ontwerp. Zwijndrecht.
7. Deltares (2012), SBW-NWO Validatie eenvoudige toets.
8. Deltares (2013), Technisch rapport macrostabiliteit, concept.
9. ENW (2009), Technisch rapport actuele sterkte van dijken.

BIJLAGE I AANGEPAST STROOMSCHEMA

