2002-20_aanvullingen-beplanting-waterkeringen

stowa

hting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Aanvullingen op de rapportages beplanting op en nabij waterkeringen

2002 20

stowa

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Aanvulling op de rapportages beplanting op en nabij waterkeringen

2002 20

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon: 030 - 232 11 99
Fax: 030 - 232 17 66
E-mail: stowa@stowa.nl
http://www.stowa.nl

Publicaties en het publicatie-overzicht
van de STOWA kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Fulfilment
Postbus 1110
3300 CC Zwijndrecht
Telefoon: 078 - 629 33 32
fax: 078 - 610 42 87
E-mail: hff@wxs.nl
o.v.v. ISBN- of bestelnummer
en een duidelijk afleveradres.

ISBN 90-5773-174-6

Colofon:

Utrecht, 2002

Uitgave:
STOWA, Utrecht

Projectleider:
Theo Stoutjesdijk

Projectbegeleider:
Hans Dekker

Overige leden projectteam:
Lucie van der Laar (BRO), Luc Noordman (Bomenstichting Utrecht),
Edwin Koot (Bomenstichting Utrecht)

Foto omslag:
Bomenstichting, Luc Noordman

Druk:
Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2002-20

ISBN nummer 90-5773-174-6

Ten geleide

Het voorliggende technisch rapport 'Aanvullingen op de rapportages beplanting op en nabij waterkeringen' vormt een aanvulling op de in januari 2001 verschenen STOWA-handreikingen 'Beplanting op en nabij boezemkaden' (2000-05), 'Beplanting op en nabij primaire waterkeringen' (2000-06) en het achtergrondenrapport 'Bomen op en nabij waterkeringen' (2000-04).

Deze rapportage geeft nadere uitwerking op de volgende kennislacunes:

- Hoe moet de stabiliteit van een dijklichaam inclusief beplanting die wordt belast met windbelasting worden gemodelleerd;
- Het verschil tussen toetsen van bestaande beplanting en de eisen bij aanbrengen van nieuwe beplanting worden ervaren als groot;
- Restricties ten aanzien van beplanting kunnen genuanceerder, bij voorbeeld bij beplantingen op voorland;
- De handreikingen gaan over beplanting, maar er wordt veelal gesproken over bomen en er wordt weinig gezegd over struiken;
- De veiligheidsbeoordeling is te veel toegeschreven op kleidijken en te weinig op zanddijken;
- Er is te weinig onderscheid in regionale verschillen bij boezemkaden.

Dit onderzoek maakt deel uit van het STOWA onderzoeksprogramma waterkeren en is voor 50% gefinancierd door de waterschappen en voor de andere helft door de Dienst Weg en Waterbouw van Rijkswaterstaat.

De werkzaamheden zijn verricht door dhr. T. Stoutjesdijk van GeoDelft, dhr. L. Noordman en dhr. E. Koot van de Bomenstichting Utrecht (de benodigde kennis over bomen en beplanting), en mw. L. van der Laar van adviesbureau BRO (de invulling van LNC-aspecten).

De werkzaamheden zijn gecoördineerd door een begeleidingscommissie, bestaande uit:

ing. L. C. Vendrik (voorzitter)	Dienst Waterbeheer en Riolering (HHRS AGV)
dhr. J.C. Everaars	Waterschap De Zeeuwse Eilanden
ing. E. C. Hazenoot	Provincie Utrecht, Dienst Water en Milieu
ir. J. van der Kolff	Hoogheemraadschap van Delfland
ir. L. Linssen	DHV (namens de STOWA)
ir. D. van Ooijen	Rijkswaterstaat, Directie Zuid-Holland
ir. P. Wondergem	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
ing. B. van Zutven	Waterschap De Groote Waard
ir. L. R. Wentholt	STOWA.

ir. J.M.J. Leenen **Utrecht**

Directeur **mei 2002**

De STOWA in het kort

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. In 2002 waren dat alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen, de provincies en het Rijk (i.c. het Rijksinstituut voor Zoetwaterbeheer en de Dienst Weg- en Waterbouw).

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van behoefte-inventarisaties bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties.

De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n vijf miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030-2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

Inhoudsopgave

Ten geleide
De STOWA in het kort

1 Inleiding 1

2 Inhoudelijke onderwerpen 3
2.1 Stabiliteit bij windbelasting modelleren 3
2.2 Verschil Afweging tussen toetsen en nieuwe beplanting te groot 6
2.2.1 voor nieuwe beplanting maakt onderdeel uit van visie en beleid 8
2.2.2 Visie 8
2.2.3 Inventarisatie 9
2.2.4 Geschiktheid boomsoort in relatie tot groeiplaatsomstandigheden 9
2.2.5 Ontwerp 11
2.2.6 Literatuur 12
2.3 Restricties kunnen genuanceerder 12
2.4 Struiken 13
2.4.1 Definitie struik 13
2.4.2 Struiken en veiligheid 14
2.4.3 Struiken en beleid, beheer en onderhoud 14
2.4.4 Struiken geschikt voor waterkeringen 14
2.4.5 Gevoeligheid voor windworp 17
2.5 Kleidijken versus zanddijken 18
2.6 Regionale verschillen in waterkeringen 19

3 Achtergrondinformatie 20
3.1 Verslag over de stormvloed van 1953, Rijkwaterstaat en KNMI, 1961 20
3.2 Invloed van verwijderen boom 20
3.3 Gehölze Auf Deichen, Informationsberichte Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, december 1990 21
3.3.1 Algemeen 21
3.3.2 Wortelstelsels 21
3.3.3 Storm 22
3.3.4 Samenvatting 23
3.4 Trekproeven 24
3.5 The influence of vegetation on soil strength, V. Operstein and S. Frydman, Ground Improvement (2000) 4, 81-89 24
3.6 Bomendijk, Waterschap Veluwe, Neerslag 2001/VI 25

1 Inleiding

In dit rapport worden aanvullingen gegeven op de rapportages:

- Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondenrapport, STOWA 2000-04
- Handreiking voor beplanting op en nabij boezemkaden, STOWA 2000-05
- Handreiking voor beplanting op en nabij primaire waterkeringen, STOWA 2000-06

In de eerste helft van 2000 zijn de (concept) resultaten van het onderzoek 'Bomen op en nabij waterkeringen' in diverse gremia besproken. Zo is er een workshop voor waterkeringbeheerders en ingenieursbureaus geweest en zijn de conceptrapporten behandeld in het IPO vakberaad Waterkeringen en in de TAW. De punten die hier als kritiek en als commentaar bij naar voren kwamen zijn waar mogelijk verwerkt in de 'Eerste versie' van de rapporten die begin 2001 door de STOWA zijn uitgebracht.

Niet alle genoemde punten waren hierin mee te nemen. De rapporten zijn opgesteld op basis van bestaande kennis. Deze kennis heeft beperkingen. Zo bleek de veiligheidsbeoordeling bij gebrek aan kennis aan de conservatieve (veilige) kant. De keerzijde hiervan is dat er wellicht ten onrechte situaties met beplanting uit veiligheidsoverwegingen zouden worden afgekeurd.
Om een betere beoordeling mogelijk te maken van de werkelijke invloed van beplanting op de waterkering is een fundamenteel onderzoek nodig. De mogelijkheden hiervoor worden momenteel onderzocht. De STOWA en Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, hebben al aangegeven hier in beginsel positief tegenover te staan.

Een punt dat met name vanuit de zijde van de waterkeringbeheerders naar voren werd gebracht was de vraag of de methode die in de handreikingen werd beschreven in de praktijk wel 'werkt'. Omdat de STOWA bijzondere waarde hecht aan de verankering van haar producten in de praktijk is in november 2000 besloten het onderzoek een vervolg te geven. Dit vervolg heeft voor een groot deel bestaan uit het uitvoeren van een viertal pilotprojecten, waarbij praktijk-situaties zijn bekeken.

Als aanvulling hierop zijn een aantal onderwerpen uit de commentaarrondes geselecteerd, waarvan de verwachting was dat hier met een relatief beperkte inspanning een verbetering van de handreikingen en het achtergrondenrapport kon worden gerealiseerd. Deze onderwerpen vormen het onderwerp van hoofdstuk 2.

Het betreft de volgende zes vragen:

- hoe moet de stabiliteit van een dijklichaam inclusief beplanting die wordt belast met windbelasting worden gemodelleerd. In de handreikingen is hier geen antwoord op gegeven, maar wordt alleen geconstateerd dat dit een lastig probleem is (paragraaf 2.1);
- het verschil tussen toetsen van bestaande beplanting en de eisen bij het aanbrengen van nieuwe beplanting werd ervaren als groot. Eigenlijk is dit een vraag om beter aan te geven onder welke voorwaarden nieuwe beplanting wel kan (paragraaf 2.2);
- restricties ten aanzien van beplanting kunnen genuanceerder, bijvoorbeeld bij beplanting op voorland: dit is in zekere zin een vergelijkbare vraag als de voorgaande opmerking, maar er is ook de vraag: waar eindigen strenge restricties op voorland en achterland? Is dat bij 10 meter, bij 20 meter? Dit wordt behandeld in paragraaf 2.3.
- de handreikingen gaan over beplanting, maar er wordt veelal gesproken over bomen en er wordt weinig gezegd over struiken (paragraaf 2.4);
- de veiligheidsbeoordeling is te veel toegeschreven op kleidijken en te weinig op zanddijken (paragraaf 2.5);

- er is te weinig onderscheid in regionale verschillen tussen boezemkaden. Zo bestaan er boezemkaden waar onder normale omstandigheden geen water tegenaan staat. Ook kunnen er ruime profielen aanwezig waarop beplanting geen probleem is. De beoordeling is te veel toegespitst op een smalle kade met een binnentalud van enkele meters hoog, zoals die in het westen van het land worden aangetroffen (paragraaf 2.6).

Afgezien van de eerste vraag, die vakinhoudelijk van aard is, zijn dit vragen om verduidelijking. In hoofdstuk 2 wordt getracht deze verduidelijking te verschaffen, maar zonder te pretenderen voor iedere vraag een pasklaar antwoord of 'recept' te bieden. De handreikingen zijn inderdaad wat door de naam gesuggereerd wordt, namelijk een hulpmiddel. Bij het toepassen van de handreikingen (en van de tekst in deze notitie) wordt een gezonde mate van kritisch vermogen verondersteld. Er wordt steeds 'veralgemeniseerd' naar gemiddeld voorkomende situaties.
De gestelde vragen geven al aan dat op iedere algemene regel die in de handreikingen is gegeven nuancering mogelijk is. Daarom is het zeker bij het onderwerp van beplantingen op en nabij waterkeringen noodzakelijk naast de 'regeltjes' ook het gezonde verstand te gebruiken: klopt dit allemaal wel voor deze specifieke situatie.

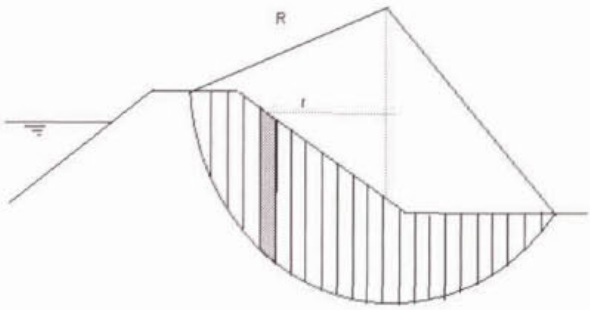
Naast de genoemde onderwerpen wordt deze notitie ook gebruikt als addendum bij de reeds uitgebrachte rapporten. In het afgelopen jaar is ook aanvullende achtergrondinformatie verzameld. Dit wordt in hoofdstuk 3 behandeld.

2 Inhoudelijke onderwerpen

2.1 Stabiliteit bij windbelasting modelleren

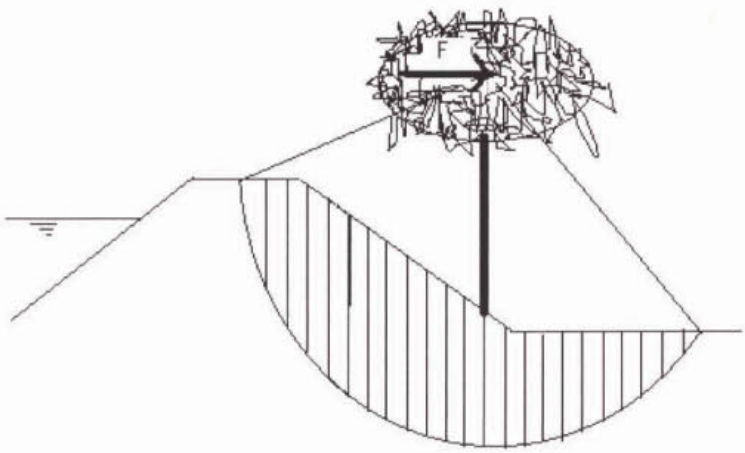
Het meest gebruikte rekenmodel voor het beoordelen van de macrostabiliteit van waterkeringen is MStab. MStab rekent met cirkelvormige glijvlakken. In het verleden is op verschillende manieren getracht om de windkracht op een goede manier in rekening te brengen, maar dat is nooit naar tevredenheid opgelost. In deze paragraaf wordt aan de hand van de schematisatie van MStab uitgelegd waarom dit niet goed gaat en hoe het probleem wel op een goede manier kan worden opgelost.

Als de theorie achter MStab (zonder beplanting) nader wordt beschouwd, dan blijkt dat deze met verticale lamellen grond rekent. In figuur 1 is dit weergegeven. Stel dat de gearceerde lamel een gewicht G heeft. Dan geeft dat ten opzichte van het middelpunt van de glijcirkel een moment G.r (kracht maal arm).
Langs het glijvlak werkt een schuifkracht τ. De grootte van de schuifkracht wordt bepaald door de cohesie c, de hoek van inwendige wrijving ϕ en de korrelspanning σ'. De korrelspanning wordt mede bepaald door het gewicht G van de lamel.
De schuifkracht geeft ten opzichte van het middelpunt een bijdrage aan het moment ter grootte van τ.R. Het totale moment kan worden bepaald door de som van alle momentbijdragen bij elkaar op te tellen. Afschuiven treedt theoretisch op als het aandrijvend moment groter is dan het tegenwerkend moment. De stabiliteitsfactor n wordt bepaald door de sterkte-eigenschappen met een factor n te reduceren totdat afschuiven optreedt.



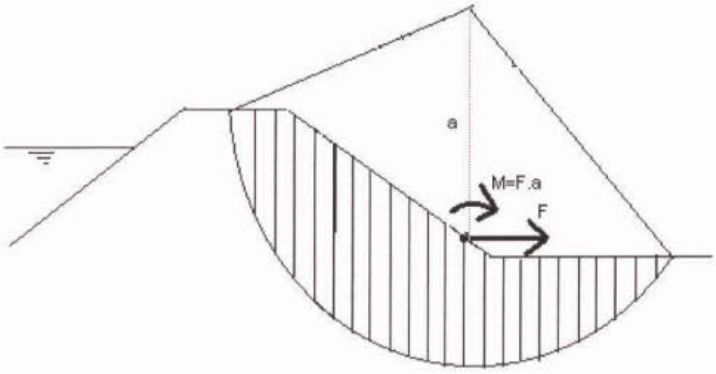
Figuur 1 *Modellering in MStab*

Waarom dit bij het berekenen van de invloed van windbelasting mis gaat wordt duidelijk als we een bijzonder geval van een boom bekijken waarbij het middelpunt van de windbelasting F op de boom precies samenvalt met het middelpunt van de glijcirkel: zie figuur 2.



Figuur 2 Windbelasting op boom die precies door het middelpunt van de glijcirkel gaat

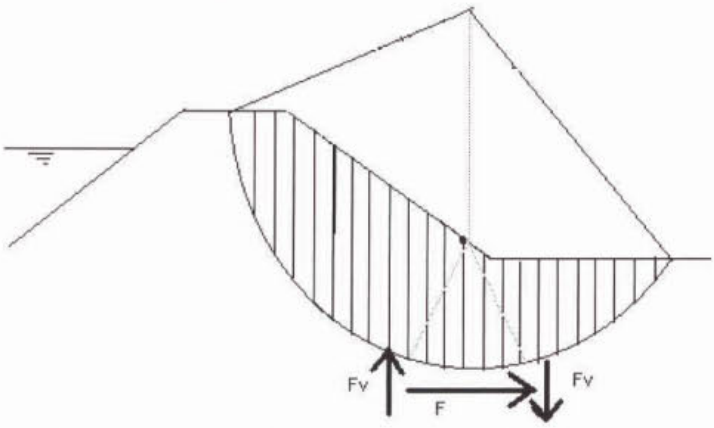
De bijdrage van de windbelasting aan het momentenevenwicht is dan nul. Deze boom heeft geen invloed op het berekende momentenevenwicht. Dat dit ook niet correct is kan worden aangetoond door in twee stappen de kracht op de boom te vertalen naar krachten in de ondergrond. Stap 1 is om de kracht F naar het snijpunt van de boom met de grond te brengen. De kracht F wordt over een afstand a naar beneden verplaatst. Dit mag, als tegelijkertijd een moment M = F.a wordt aangebracht die ervoor zorgt dat het totale momentenevenwicht niet veranderd. Zie figuur 3.



Figuur 3 Kracht F is verplaatst met introductie van moment M = F.a

De kracht en het moment die de boom overbrengt op de ondergrond zullen daar onder een zekere spreidingshoek verdeeld worden richting de diepte. Dit is in figuur 4 weergegeven. De kracht F vertaalt zich in een aantal kleinere krachten die aangrijpen op de verschillende lamellen. De eis die hieraan wordt gesteld is dat de som van deze horizontale krachten weer precies gelijk is aan F.

Het moment M vertaalt zich in verticale krachten: omhoog gericht aan de linkerkant van de stam en omlaag gericht aan de rechterzijde van de stam. Ook deze verdelen zich over meerdere lamellen in de ondergrond. De eis die hier geldt is dat de som van de momenten die deze verticale krachten opleveren weer precies gelijk blijft aan M = F.a.



Figuur 4 *Vertaling van horizontale kracht en moment in krachten langs het glijvlak*

Onder deze voorwaarden is de vertaling van windkracht op de boom naar krachten in de ondergrond langs het glijvlak nog steeds correct: er is géén nieuwe horizontale kracht of moment geïntroduceerd: deze zijn alleen verplaatst.
Nu komt echter een opmerkelijke sprong in de resultaten. De horizontale krachten F vertalen zich nu in krachten langs het glijvlak en beïnvloeden daar de aanwezige spanningstoestand. De bijdrage aan het momentenevenwicht bedraagt F.R (R is de straal van de glijcirkel). De verticale krachten dragen ook bij aan het moment, deze bijdrage is F.a. Per saldo is de invloed van de boom dus niet nul maar F.(R-a).

Het verschil zit er in dat in de gevolgde redenering de krachten op de boom op een correcte manier worden doorvertaald naar krachten langs de glijcirkel, terwijl in de bestaande Bisshop-redenering geen rekening wordt gehouden met horizontale krachten-evenwicht.

Aanvullende opmerkingen:

- een tweede model dat wordt gebruikt om de stabiliteit van waterkeringen te beoordelen is het Mlift-model: dit model wordt gebruikt in situaties waar sprake is van opdrijven. In de situatie met opdrijven is in het deel van het achterland dat opdrijft voornamelijk sprake van horizontale krachten. Dit wordt ook als zodanig in de modellering meegenomen: bij de dijk is een cirkelvormig gedeelte dat af wil schuiven, in het achterland is een cirkelvormig gedeelte waar de glijcirkel uittreedt en hiertussen zit een horizontaal (opdrijf)gedeelte dat wordt gemodelleerd als een drukstaaf. In de drukstaaf wordt gerekend met horizontale krachten. Omdat de windbelasting eveneens een horizontale kracht levert kan dit in het Mlift model worden meegerekend in het totale evenwicht. Hierdoor geeft de Mlift modellering een grotere invloed van windkracht op beplanting dan volgens de Bisshop-benadering, waar deze horizontale kracht wordt verwaarloosd. Met de gegeven redenering kan dit verschil waarschijnlijk worden gereduceerd of opgeheven.

- in PLAXIS is het nog niet gelukt een bevredigende modellering te vinden. Wordt de grond rond de boom te slap aangenomen, dan valt de boom om (zeer klein glijcirkeltje rond de stam). Wordt de grond rond de boom als zeer stijf gemodelleerd, dan schuift deze moot grond gewoon horizontaal weg. De invloed op de gehele glijcirkel is hiermee dus niet vast te stellen.
- in de redenering wordt vastgesteld dat de huidige modellering niet voldoet om de invloed van de windkracht op bomen op de stabiliteit te kunnen berekenen. Om dit wel te kunnen moet het (computer)model worden aangepast. Dit zal waarschijnlijk binnenkort worden gedaan. Zodra dit is gedaan kunnen vervolgens berekeningen worden gemaakt om de invloed van de grootte van het wortelstelsel en spanningsspreiding in de grond te onderzoeken. Hieruit zal moeten blijken of deze invloed dusdanig is dat het zinvol is in de berekeningen onderscheid te maken in de grootte van de wortelkluit. Daarna kan een verbeterde rekenprocedure worden opgesteld en in de praktijk gebracht. Daarbij kan worden voorgeschreven dat de grootte van de wortelkluit bekend moet zijn (als die parameter veel invloed heeft).

2.2 Verschil tussen toetsen en nieuwe beplanting te groot

De methode waarmee de veiligheid van bestaande beplanting wordt beoordeeld is bij gebrek aan kennis aan de conservatieve (veilige) kant. Bij nieuw aan te brengen beplanting worden nog strengere eisen gesteld. Zo moet naast de eisen die ook voor bestaande beplanting gelden rekening worden gehouden met een mogelijk hogere waterstand (zeespiegelrijzing, grotere rivierafvoer en extremere neerslag) en maaiveldaling met daaraan gekoppeld polderpeilverlaging. Daarnaast wordt gesteld dat ook ingespeeld moet worden op de mogelijkheid van toekomstige dijk- of kadeversterking door geen beplanting binnen toekomstige versterkingsprofielen toe te staan.

Hoewel dit uit veiligheidsoverwegingen voor de hand liggende eisen zijn, geeft dit uiteraard wel voeding aan de vraag wat er dan wél aan nieuwe beplanting acceptabel is. Net zomin als bij het toetsen van bestaande beplanting 'kaalslag' in de lijn der bedoelingen ligt is het de bedoeling om onnodige barrières op te werpen ten aanzien van nieuwe beplantingen. Hoewel er weinig beheerders zijn die actief nieuwe beplanting nastreven zijn er wel de nodige praktijkgevallen bekend waarbij nieuwe aanplant een rol speelt. Zo kan beplanting een rol spelen bij de inpassing van een dijkverbetering in het landschap, en komen vergunningaanvragen binnen die uit landschaps- of cultuurhistorische overwegingen beplanting op de waterkeringen aan willen brengen.

In deze paragraaf wordt daarom vooral over de mogelijkheden gesproken, en minder over de onmogelijkheden. Uitgangspunt hierbij blijven drie zaken:

- de veiligheid mag niet in het geding komen (ook al is dat volgens de huidige beperkte inzichten);
- beleid, beheer en onderhoud moeten mogelijk blijven: landschapsvisie en beplantingenbeleid mogen een rol spelen in de afweging, en over onderhoud en inspecteerbaarheid moeten duidelijke afspraken worden gemaakt;
- duurzaamheid: als er in de toekomst een versterking kan worden voorzien, dan zal hiermee rekening gehouden moeten worden, op zijn minst door zich te realiseren dat dit aspect speelt.

Dit zijn alle drie punten waar men met gezond verstand naar kan kijken en die dus ook niet persé restricties op hoeven te leveren. De vraag is alleen om deze zaken in overweging te nemen.

Bij het veiligheidsaspect zal iedereen duidelijk zijn dat het zeker bij nieuw aan te brengen beplanting geen punt hoeft te zijn om de veiligheid niet in het geding te laten komen.
Er zijn echter verschillende mogelijkheden om dit te bewerkstelligen. In de handreikingen is al aangegeven dat de waterkeringen meerdere functies kunnen hebben, en dat die functies

medebepalend kunnen zijn voor de afmetingen van de waterkering. Dit geeft aan dat nieuwe beplanting op een geschikte plek geen probleem is, anderzijds dat het mogelijk is om voorzieningen te treffen die er voor zorgt dat de nieuwe beplanting op een veilige en duurzame manier wordt ingepast. Afhankelijk van het punt waar de nieuwe aanplant bezwaar zou opleveren zijn oplossingen te bedenken:

- veiligheid:
  - **piping**: houdt de beplanting buiten de pipingzone, of plaats de beplanting binnen de pipingzone op een verhoging of op de waterkering, of, als piping alleen speelt bij het ontstaan van een ontgrondingskuil, zorg er door de juiste soortkeuze bij de gegeven standplaatsfactoren en goed onderhoud voor dat de beplanting weinig windworpgevoelig is.
  - **macrostabiliteit onder de aanname dat de boom blijft staan: windbelasting**. Als windbelasting een dusdanig probleem is dat de stabiliteit hierdoor bedreigd wordt, dan zijn er een aantal keuzes. Hoge bomen vangen veel wind: misschien kan de keuze voor een minder hoog opgaande soort worden gemaakt. Misschien kan het probleem opgelost worden door de beplanting op een andere plaats in het dwarsprofiel te zetten. Tenslotte kan, bijvoorbeeld bij het maken van versterkingsplannen, worden overwogen om het dwarsprofiel aan te passen.
  - **macrostabiliteit onder de aanname dat de boom omwaait: ontgrondingskuil**. Het probleem zit hier in het ontstaan van een ontgrondingskuil op een ongunstige plaats in het dwarsprofiel, die er mogelijk voor zorgt dat de stabiliteit van de waterkering niet meer voldoende is. Er kan dus worden getracht om:
    - een andere plaats in het dwarsprofiel te kiezen
    - te voorkomen dat de boom omwaait (door constructieve maatregelen, zoals verankering)
    - de windworpgevoeligheid van de beplanting te minimaliseren (soortkeuze en regelmatig onderhoud)
    - de stabiliteit te verbeteren door het dwarsprofiel aan te passen
    - de waterkerende functie en de beplanting los te koppelen door een damwandscherm te plaatsen.
  - **microstabiliteit**. Hier ontstaat een probleem bij beplanting op het binnentalud, met name als de beplanting omwaait en een ontgronding achterlaat. Een remedie kan zijn om de beplanting in zoveel extra grond te plaatsen dat deze ontgronding het oorspronkelijke talud niet aantast. Het aanbrengen van drainage kan een andere oplossing zijn. Hierdoor moet ervoor gezorgd worden dat de freatische lijn in ieder geval zo laag blijft, dat deze niet in een eventuele ontgrondingskuil op het binnentalud uittreedt. Een derde optie is om de beplanting te verplaatsen naar een plaats hoger op het binnentalud waardoor ditzelfde bereikt wordt.
  - **erosie**. Van erosie is sprake op het voorland of buitentalud als deze worden belast door golven en stroming, en op de kruin en binnentalud als er significante overslag optreedt. Beplanting op het voorland, bijvoorbeeld in de vorm van grienden of rietlanden, kan overigens ook dienen om golven te dempen. Het idee is hier om ervoor te zorgen dat er ofwel geen erosie optreedt, ofwel dat optredende erosie de waterkerende functie niet aantast. Voorkomen van erosie is het gemakkelijkst door er voor te zorgen dat de belasting laag is: bij een voldoende hoge kruin is er geen overslag, bij een voorland dat (vrijwel) boven maatgevend hoogwater ligt is er evenmin een groot probleem. Bij een voorland beneden de hoogwaterstand, en in de buurt of zelfs in buitentaluds mag rondom de beplanting extra erosie verwacht worden, terwijl ook de mogelijkheid van ontworteling van de beplanting in beschouwing moet worden genomen. Zeker in kleiige gronden vallen deze effecten blijkens de (overigens beperkte) ervaing wel mee. Binnen een afstand van enkele malen de stamdiameter is dit effect niet meer merkbaar.
- beleid, beheer en onderhoud.
  - beplanting strookt niet met landschapsvisie en/of beplantingenbeleid. Wellicht dat in overleg een vergunningaanvraag in de gewenste richting kan worden bijgestuurd.

Het kan zelfs zo zijn dat het landschapsplan aangeeft dat er geen beplanting gewenst is. Ook dan kan het beste in overleg worden gezocht naar andere mogelijkheden.

- beplanting vormt een obstakel bij inspectie of bemoeilijkt anderszins het onderhoud van de waterkering of de toegang bij dreigende calamiteiten. Er kan worden gezocht naar oplossingen in de sfeer van geschikte soortkeuze, andere plaats in het dwarsprofiel, aanpassen dwarsprofiel of constructieve maatregelen. In het uiterste geval, bij dreigende calamiteiten, is de waterkeringbeheerder gemachtigd de beplanting acuut te verwijderen vanwege het hogere belang van de waterkering.
- de beplanting is zelf onderhoudsgevoelig of vormt een probleem door bijvoorbeeld gevaar voor uitwaaiende takken. Ook hier kan worden bekeken of een andere soortkeuze beter is, een andere plaats worden gezocht of dat extra aandacht voor onderhoud van de beplanting mogelijk is. Over de kosten van onderhoud kunnen in een vergunning bepalingen worden opgenomen.

- duurzaamheid. Bedoeld wordt dat de nieuw aan te brengen beplanting in de toekomst een obstakel kan vormen bij een mogelijke nieuwe dijk- of kadeversterking. Een eerste vraag die hierbij gesteld kan worden is of dit in de lijn der verwachtingen ligt, en zo ja, wanneer. Vervolgens zijn oplossingen mogelijk in de zin dat een beplanting met een geschikte omlooptijd wordt gekozen (die bij een volgende versterking aan het eind van zijn levensduur is), een soort wordt gekozen die tegen ophoging rond de stam kan, of een plaats buiten het versterkingsprofiel wordt gezocht. Een laatste oplossing is om dit versterkingsprofiel al (deels) aan te brengen.

2.2.1 Afweging voor nieuwe beplanting maakt onderdeel uit van visie en beleid

Beheerders van waterkeringen staan steeds vaker voor de vraag of en onder welke voorwaarden een beplanting van een waterkering kan en mag plaatsvinden. Daarbij kan het gaan om beplanting in eigen beheer of om beplanting door derden. Er zijn verschillende overwegingen die bij de keuze wel of geen beplanting een rol spelen. In een dergelijk keuzeproces zijn drie fasen te onderscheiden, te weten visie-ontwikkeling, inventarisatie en ontwerp.

Vergelijkbaar met het vaststellen van de LNC waarde van bestaande beplanting is het ook bij de beoordeling 'wel of geen nieuwe beplanting' het meest logisch om van een hoog schaalniveau (macroniveau) naar een laag schaalniveau (microniveau) te werken. Het zwaartepunt zal in deze rapportage liggen bij de overwegingen op microniveau, daar de groeiplaatsomstandigheden essentieel zijn voor een gezond en veilig bomenbestand.

2.2.2 Visie

Het is belangrijk dat een waterkeringbeheerder eerst een visie heeft - of bij afwezigheid daarvan er één ontwikkelt - met betrekking tot de wenselijkheid van beplanting op en nabij waterkeringen. Deze visie kent meerdere aspecten, daar een waterkering meerdere functies vervult.

Indien de beheerder overweegt op een bepaald dijklichaam beplanting aan te brengen is een visie op het landschap noodzakelijk. In eerste instantie moet gekeken worden naar de (wijde) omgeving van het desbetreffende dijklichaam. Wellicht dat het gebied binnen de ecologische hoofdstructuur valt en deze aanknopingspunten oplevert. Andere aanknopingspunten zijn provinciale of gemeentelijke landschapsbeleidsplannen. Zijn dergelijke plannen niet voor handen, dan doet de beheerder er verstandig aan eerst zelf een landschappelijke visie te ontwikkelen alvorens de keuze te maken om wel of geen beplanting aan te brengen op een specifieke locatie. Dit lijkt een omslachtige weg waar het gaat om het al dan niet beplanten van een enkel dijklichaam, maar op deze wijze kan worden voorkomen dat in toekomstige gevallen dezelfde afweging in het luchtledige gemaakt moet worden. Bovendien kan op deze wijze een samenhang tussen de verschillende landschapselementen ontstaan.

Naast een visie op de natuur en de inrichting van het landschap zijn ook andere visies van belang. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de visie op de verkeersgeleiding bij waterkeringen die deze secundaire functie vervullen. Het is een bekend gegeven dat bomenrijen langs wegen door hun tunnelwerking de gemiddelde snelheid van het verkeer verminderen. Maar er is ook een visie nodig op het beheer en onderhoud, want de waterkeringbeheerder moet bijvoorbeeld ook de veiligheid van passerend verkeer kunnen garanderen.

De visie van de waterkeringbeheerder vormt de basis, de grondhouding van waaruit het gehele beleid ten aanzien van beplantingen op en nabij waterkeringen voortkomt. Zonder visie en uitwerking van die visie in samenhangend beleid, blijft de beheerder steken in ad-hoc beslissingen. Het is onwenselijk om in elk afzonderlijk geval een 'nee, tenzij' beleid te moeten hanteren, waar het gaat om het al dan niet aanbrengen van nieuwe beplanting. Wanneer de beheerder een duidelijke visie heeft geformuleerd kan ook bij die keuze gezegd worden: Ja, mits..... aan de beleidsuitgangspunten wordt voldaan!

2.2.3 Inventarisatie

Wanneer overwogen wordt op of nabij een bepaald dijklichaam beplanting aan te brengen moeten zoveel mogelijk relevante gegevens worden verzameld.

Het waarborgen van de veiligheid van de waterkering heeft voor de beheerder uiteraard de eerste prioriteit. Dat betekent dat nieuwe aanplant deze veiligheid op geen enkele wijze in gevaar mag brengen. Bekeken kan worden hoeveel ruimte er is voor beplanting buiten het beoordelingsprofiel van de waterkering voor nieuwe beplanting. Bij een geringe overhoogte kan bijvoorbeeld gekozen worden voor beplanting met een relatief oppervlakkig wortelstelsel. Maar er kan natuurlijk ook gezorgd worden voor voldoende overhoogte of andere (technische) aanpassingen. De beschikbare ruimte (zowel bovengronds als ondergronds) is een doorslaggevende factor bij de keuze voor een bepaalde beplantingsvorm.

Wanneer de waterkeringbeheerder te maken heeft met een dijklichaam die periodiek moet worden opgehoogd, dan is dit ook een belangrijk gegeven dat meegenomen moet worden bij de uiteindelijke keuze van beplanting.

2.2.4 Geschiktheid boomsoort in relatie tot groeiplaatsomstandigheden

Indien op grond van de visie op het landschap besloten wordt tot aanplant van bomen op of nabij de desbetreffende waterkering, dan zal moeten worden nagegaan welke boomsoorten geschikt zijn. Sommige boomsoorten gedijen goed in verschillende groeiplaatsomstandigheden, terwijl andere soorten veel meer eisen stellen aan de omstandigheden. De belangrijkste verschillende groeiplaatsomstandigheden zijn:

a *kalkhoudende gronden*
b *zandgronden*
v *vochtige natte gronden*
k *kuststreek*
z *zware, kleiachtige gronden,*
d.w.z. meer dan 50% lutum (mineraal delen kleiner dan 2 mu)

Wanneer uitgegaan wordt van de lijst met boomsoorten zoals deze is opgenomen in STOWA-rapportnr. 2000-04 Bomen op en nabij waterkeringen, achtergrondenrapport op pagina 52 en 53, kan per boomsoort de geschiktheid voor de verschillende groeiplaatsomstandigheden worden aangegeven.

Bomen met een min of meer vlakwortelend wortelstelsel:

Populieren:	
• Canadese populier (Populus canadensis)	a, k, v, z
• Zwarte populier (P. nigra)	a, k, v, z
• Witte en Grauwe abeel (P. alba, P. canescens)	b, k, v
Berk (Betulus)	b
Paardekastanje (Aesculus hippocastanum)	a, b
Haagbeuk (Carpinus betulus)	a
Hemelboom (Ailanthus altissima)	a, b
Krentenboompje (Amelanchier laevis)	a, b
Zilveresdoorn (Acer sacharinum)	a, b
Trompetboom (Catalpa speciosa)	a, b
Struikhazelaar (Corlylus avellana)	a, v
Meidoorn:	
• Tweestijlige meidoorn (Crataegus laevigata)	a, b, k
• Eènstijlige meidoorn (C. monogyna)	a, b, k
Gewone beuk (Fagus sylvatica)	a, b
Amberboom (Liquidambar styraciflua)	a, b

Bomen met een diepgaand wortelstelsel:

Eiken:	
• Zomer eik (Quercus robur)	b, k
• Moeraseik (Q. palustris)	b
• Amerikaanse eik (Q. rubra).	b
• Wintereik (Q. petraea)	b
Iep (Ulmus vele soorten en variëteiten)	a, b, k
Elzen:	
• Zwarte els (Alnus glutinosa)	a, b, k, v
• Hartbladige els (A. cordata)	a, b, k, v
• Grijze els (A. incana)	a, b
• Els variëteit (A. x spaethii)	a, b, k, v
Gewone es (Fraxinus excelsior)	a, b, k
Esdoorns:	
• Veld esdoorn (Acer campestre)	a, b, k
• Noorse esdoorn (A. platanoides)	a, b
• Gewone esdoorn (A. pseudoplatanus)	a, b, k
Tamme kastanje (Castanea sativa)	b
Netelboom (Celtus australis)	a, b
Boomhazelaar (Corylus colurna)	a, b
Valse Christusdoorn (Gleditsia triacanthos)	a, b
Walnoot (Juglans regina)	a, b, z
Tulpenboom (Liriodendron tulpiferum)	a, b
(Sier)appel (Malus hybriden)	a, b
Watercypres (Metasequioa glyptostroboides)	b, v
Hopbeuk (Ostrea carpinifolia)	a, b
Plataan (Platanus acerifolia)	a, b
Ratelpopulier (Populus tremula)	b, k
Prunussen:	
• Zoete kers (Prunus avium)	a, b
• Vogelkers (Prunus padus)	a, b
Vleugelnoot (Pterocarya fraxinofolia)	a, b, v
(Sier) peer (Pyrus diversen)	a, b

Valse acacia (Robinia pseudoacacia)	b
Wilgen:	
• Schietwilg (Salix alba)	a, b, k, v
• Boswilg (Salix caprea)	a, b, v
• Laurierwilg (Salix pentandra	b, v
• Treurwilg (Salix sepulcralis "Chrysocoma')	a, b, v
Honingboom (Sophora japonica	a, b
Lijsterbes (Sorbus aucuparia)	b, k
Linde (Tilia diversen soorten)	a, b, k

Naast de vijf verschillende groeiplaatsomstandigheden zijn er uiteraard meer omstandigheden die van invloed zijn op de groei van bomen. Al deze plaatsspecifieke omstandigheden zullen in de overwegingen van soort- en beplantingskeuze meegenomen moeten worden.
Wanneer bijvoorbeeld een te dunne deklaag is aangebracht op een min of meer ondoordringbare ondergrond, dan zal deze deklaag snel uitdrogen, met als gevolg uitdroging van de beplanting die geplaatst is in deze deklaag.
Sterk wisselende waterstanden vormen voor veel boomsoorten een probleem. Het wortelstelsel is niet in staat zich adequaat aan de deze wisselingen aan te passen. Wanneer de wortels voor langere tijd onder water komen te staan, geldt voor de meeste boomsoorten dat deze wortels zullen afsterven en dat heeft negatieve gevolgen voor de conditie van de desbetreffende boom.
Sterk gescheiden grondlagen binnen het dijklichaam hebben voor de wortels van beplanting tot gevolg dat ze deze scheiding niet of nauwelijks zullen overschrijden. Wanneer beplanting gewenst is en de toplaag te dun voor beworteling, dan zullen deze grondlagen moeten worden gemengd.

2.2.5 Ontwerp

Wanneer alle relevante gegevens geïnventariseerd zijn en duidelijk is dat beplanting op of nabij een waterkering gewenst is, volgt de ontwerpfase. In deze fase wordt de uiteindelijke beplantingsvorm uitgedacht. Er zijn een aantal beplantingsvormen te onderscheiden:

- Door bomen bepaalde beplantingsvormen
- Door struiken bepaalde beplantingsvormen
- Door bomen en struiken bepaalde beplantingsvormen

Binnen deze vormen zijn uiteraard nog vele variaties mogelijk. Te denken valt aan eenrijige of meerrijige beplanting, aan bosjes of aan solitaire bomen of struiken. Belangrijk is bij het vaststellen van de beplantingsvorm en de daaraan gekoppelde soortenkeuze, het beoogde eindbeeld van de beplanting duidelijk is. De beheerder moet een eindbeeld, dat wil zeggen een verschijningsvorm voor ogen hebben, met een nagenoeg volwassen beplanting. Wanneer dit eindbeeld duidelijk is, wordt ook duidelijk welk beheer noodzakelijk is om dit eindbeeld te kunnen realiseren.

De afstand waarop bomen van elkaar geplant worden bijvoorbeeld, heeft gevolgen voor de ontwikkeling van de kronen. Bomen in een een rij-plantverband zullen meer omhoog groeien wanneer ze op zes meter van elkaar geplant zijn, dan wanneer ze op acht meter van elkaar geplant worden. Bomen in een plantverband van acht bij acht zullen langere tijd begeleidings-snoei nodig hebben, omdat ze vanwege de lagere lichtconcurrentie zwaardere ondertakken vormen. Het kost derhalve meer moeite om deze bomen door snoei te dwingen een takvrije stam te ontwikkelen, zodanig dat verkeer er veilig onderdoor kan rijden. In een plantverband van zes bij zes worden de onderste takken minder dik en zullen in sommige gevallen zelfs afsterven.

De keuze voor een bepaald ontwerp - een bepaald plantverband - heeft derhalve gevolgen voor enerzijds het beheer en onderhoud en anderzijds het eindbeeld van de beplanting dat gerealiseerd kan worden. Beheer en onderhoud is een essentieel onderdeel dat moet worden meegenomen in de ontwerpfase. Wordt dit aspect onvoldoende belicht, dan zal het eindbeeld van de beplanting nooit optimaal gerealiseerd kunnen worden.

2.2.6 Literatuur

Van Beplantingsplan tot Eindbeeld; ir. P.J.H.M. Reuver; 1989
Nederlandse Ecologische Flora; drs. E.J. Weeda; 1985
Stadsbomen Vademecum deel 2 & 3 en 4; IPC Groene ruimte; 1994

2.3 Restricties kunnen genuanceerder

In de workshop van februari 2000 werd ook de opmerking gemaakt dat de restricties in de handreikingen genuanceerder kunnen. Restricties liggen vooral in het vlak van de veiligheidsbeoordeling. In mindere mate kunnen er ook restricties liggen in het toelaten van beplantingen met het oog op gewenste landschappelijke ontwikkeling. In deze paragraaf wordt echter vooral gesproken over restricties ten aanzien van de veiligheidsbeoordeling. De handreikingen ademen hier de sfeer uit van 'geen afwijkingen van genoemde regels, tenzij verdere maatregelen genomen worden of er een goed onderbouwde studie wordt verricht ten aanzien van de veiligheid'. In de voorgaande paragraaf is al aangegeven dat hier ten aanzien van nieuw aan te brengen beplanting inderdaad de nodige speelruimte aanwezig is. In de inleiding van deze aanvulling is ook gewezen op de noodzaak de regels uit de handreiking met gezond verstand te hanteren.

Om dit te verduidelijken kan een beschouwing worden gehanteerd die uitgaat van 'werkelijk aanwezig risico'. Omdat het 'werkelijk aanwezig risico' pas uitgerekend (of benaderd) kan worden na uitvoering van het fundamenteel onderzoek is dit voorlopig nog een 'dikke duimbenadering', maar het gaat hier om de gedachtengang. Bij ieder van de gegeven faalmechanismen kan worden bedacht dat er een aantal gebeurtenissen zijn die op moeten treden voordat er sprake is van daadwerkelijk falen van de waterkering. Bijvoorbeeld:

- boom waait om
- er ontstaat een significante ontgronding
- er ontstaan vervolgmechanismen, zoals afschuiving binnentalud of uitbreiding van de ontgronding door erosie en kwel
- er blijft onvoldoende kerende breedte over om hoogwater te keren
- door overslag, secundaire afschuiving of erosie door kwel verdwijnt de restkruinbreedte
- dit alles treedt op tijdens een hoge waterstand.

Dan valt te bedenken dat er verschillende omstandigheden zijn die maken dat deze kans klein is:

- kleine bomen en struiken waaien minder snel om; hopelijk zal er vanuit de bosecologie of door ervaring hier een soort 'ervaringsdatabase van kunnen worden gemaakt.
- niet iedere boom of struik geeft een grote ontgronding; hier kan hopelijk eveneens een 'ervaringsdatabase' voor worden opgesteld.
- bij ruime afmetingen van de waterkering (brede kruin, flauw binnentalud, hooggelegen voorland) kan wellicht gebruik gemaakt worden van zonering.
- er is bijvoorbeeld sprake van een hoog voorland of een hoog achterland waardoor de kans op inundatie klein is, ook al ontstaat er een ontgrondingskuil of een afschuiving.
- het is niet altijd zo dat het omwaaien van bomen of extreme windbelasting gecorreleerd is aan hoge waterstanden. Bij boezemkaden is er wel vaak continu een hoge waterstand aanwezig, maar bijvoorbeeld in het bovenrivierengebied is dit statistisch gezien niet 100 % gecorreleerd. Wel kan het in het bovenrivierengebied zo zijn dat de standzekerheid van bomen bij langdurige hoge (grond)waterstanden minder wordt.

Aan de hand van dit voorbeeld is hopelijk duidelijk gemaakt dat, indien een bepaalde situatie de gedachte oproept dat bepaalde restricties uit de handreikingen genuanceerder uitgelegd kunnen worden, aan de hand van een dergelijke gedachtegang met gezond verstand getracht kan worden om dit aannemelijk genoeg te maken.

Een andere vorm van te strenge restricties komt voor bij de beoordeling van beplanting in het voorland en in het achterland. Is voorland op 20 meter uit de waterkering nog steeds gebonden aan restricties? In een eerdere paragraaf is al geconstateerd dat dit ten aanzien van erosie niet zo is. Ten aanzien van piping moet binnen de pipingzone aan restricties worden voldaan, daarbuiten niet.
Ten aanzien van het achterland zijn iets andere eisen aan de orde. Voor piping geldt eveneens dat voor een begrenzing van de te stellen eisen naar de pipingzone gekeken kan worden. Microstabiliteit speelt alleen op het binnentalud, of langs de slootrand van een binnenteensloot. Bij macrostabiliteit kan gecontroleerd worden aan de hand van de ontgrondingskuil of de beplanting invloed heeft op de macrostabiliteit. Als de beplanting voorbij een binnenteensloot staat dan zal een ontgrondingskuil geen invloed meer hebben als deze sloot dieper is dan de ontgronding van een omgewaaide boom. Dat is de makkelijkste manier om tot een invloedsgrens te komen. Kan dat niet, dan zal er in principe gerekend moeten worden.

2.4 Struiken

2.4.1 Definitie struik

Bomen en struiken zijn beiden houtige gewassen, die veel overeenkomsten vertonen. Er zijn echter ook belangrijke verschillen. Er bestaan verschillende definities voor bomen en voor struiken, alle afhankelijk van het perspectief van waaruit gekeken wordt. Een jurist kan een hele andere definitie hanteren dan bijvoorbeeld een bioloog. Het is belangrijk om stil te staan bij de verschillen tussen bomen en struiken waar het gaat om de veiligheid van waterkeringen.

Er zijn houtachtige gewassen, zoals de vogelkers en de meidoorn, die kunnen uitgroeien tot zowel een boom als een struik, al naar gelang de standplaats en/of de wijze van snoeien. Daarnaast zijn er houtachtige planten als bijvoorbeeld hazelaars waarvan sommige soorten een struikvormige verschijningsvorm hebben, terwijl andere soorten binnen hetzelfde geslacht 'hazelaar' duidelijke bomen zijn. Flora en bomenvakliteratuur bieden vaak weinig uitkomst waar het gaat om eenduidige definities. Taalkundig gezien wordt het fenomeen 'boom' echter als volgt omschreven:

"Een houtachtig gewas met een zeer groot wortelstelsel en een enkele, stevige, houtige en zich secundair (dat is na beëindiging van de hoogtegroei) verdikkende, overblijvende stam die zich eerst op enige hoogte boven de grond vertakt."

Een struik is met andere woorden veelal een meerstammig, houtachtig gewas dat zich ondergronds vertakt. Twee andere duidelijke onderscheiden tussen bomen en struiken zijn de hoogte en de levensverwachting.

In het perspectief van veiligheid van waterkeringen volstaat de volgende definitie van het fenomeen struik:

- Houtachtig gewas;
- Ondergronds vertakt;
- Relatief geringe hoogte;
- Relatief lage gemiddelde leeftijd.

Bij de hogere struiken (hoger dan 6 meter) gaat het om meerstammige groeivormen die op latere leeftijd (ouder dan 15 jaar) een meer boomvormige groeiwijze ontwikkelen. Dit zijn de zogenaamde boomvormende struiken.

2.4.2 Struiken en veiligheid

Struiken vallen onder de 'beplantingen' die in de STOWA handreikingen worden behandeld. Toch zal duidelijk zijn dat in ieder geval een deel van de veiligheidsbeoordeling zich met name richt op bomen, in de zin van hoogopgaande beplanting die veel wind kan vangen en kan omwaaien, waarbij dan ook nog eens een significante ontgrondingskuil ontstaat.

Dit beeld bestaat over het algemeen niet van struiken. In de lijst van geschikte struiksoorten op en nabij waterkeringen (zie verderop in de tekst) komen echter wel een aantal struiksoorten voor die behoorlijke hoogten kunnen bereiken. Over het algemeen echter blijft de hoogte van struiken beperkt, en is het risico van omwaaien klein. Wordt dit bij de beoordeling van de veiligheid van een struik inderdaad van toepassing geacht, dan hoeft niet getoetst te worden op die aspecten waarbij omwaaien en ontgronding aan de orde is.
Dit geeft een veel beperktere beoordeling van de veiligheid, waardoor struiken eerder kunnen worden toegestaan uit oogpunt van veiligheid.

Uit oogpunt van erosiebestendigheid moet worden geconstateerd dat onder laagopgaande beplanting veelal geen goede grasmat tot ontwikkeling kan komen. Aan de buitenzijde boven de golfoploopzone en op de kruin en aan de binnenzijde bij een laag overslagdebiet is dat geen bezwaar. Als er wel een hydraulische belasting kan optreden die mogelijk erosie kan veroorzaken is er reden om hier terughoudend mee om te gaan. De kennis ten aanzien van de wortelstelsels van verschillende soorten struiken die de grond zouden kunnen vasthouden, en daarmee de erosiebestendigheid bevorderen, is nog niet zover ontwikkeld dat hiermee rekening mee gehouden mag worden.

2.4.3 Struiken en beleid, beheer en onderhoud

Vanuit het oogpunt 'beleid' wordt geconstateerd dat struikachtige beplanting vaak een lage landschappelijke waardering krijgt. Wel kunnen struikages een belangrijke functie als habitat en als verbindingszones vervullen voor verschillende diersoorten.
In het beheer en onderhoud gelden vaak de minder goede inspecteerbaarheid, toegankelijkheid en onderhoudbaarheid als minder wenselijke punten. Hiervoor werd ook de minder goede grasmat genoemd. Voorts kan het moeilijk zijn kwel of vervorming waar te nemen.
Hier kan juist ook graverij door dieren die door de struiken worden beschermd een rol spelen.

2.4.4 Struiken geschikt voor waterkeringen

Er zijn verschillende soorten struiken en boomvormende struiken geschikt voor aanplant op en nabij waterkeringen. Uiteraard hebben de grondsoorten en de groeiplaatsomstandigheden grote invloed op de groeimogelijkheden en de groeivorm van struiken. Vandaar dat bij het opstellen van de onderstaande lijsten onderscheid gemaakt is tussen de verschillende omstandigheden.

Vochtige tot natte gronden

Latijnse naam	Nederlandse naam	Hoogte in meters
Cornus alba	witte kornoelje (*)	2-3
Cornus stolonifera `Flaviramea	kornoelje (*)	2-3
Euonymus europaeus	kardinaalsmuts	3-4
Rhamnus frangula	vuilboom	4-5
Salix aurita	geoorde wilg	2-3
Salix caprea	bos- of waterwilg	10
Salix cinerea	grauwe wilg	5-6
Salix eleágnos	grijze wilg	3-4
Salix fragilis	kraakwilg	20
Salix pentandra	laurier wilg	5-10
Salix purpurea	bittere wilg	3-4
Salix triandra	amandelwilg	6-8
Sambucus nigra 'Laciniata'	peterselievlier	5-7
Viburnum rhitydophyllum	wintergroene viburnum (*)	3-4
Sorbus aucuparia	lijsterbes	10-15
Viburnum opulus	geldersche roos	2-3

(*) Sierheesters voor gebruik binnen bebouwd gebied, niet aan te bevelen in landschappelijke beplantingen vanwege lagere ecologische waarde

Kalkhoudende gronden

Latijnse naam	Nederlandse naam	Hoogte in meters
Buddleia davidii	vlinderstruik (*)	2-3
Chaenomeles japonica	Japanse kweepeer (*)(**)	1
Cornus mas	gele kornoelje	5-6
Cornus sanquinea	rode kornoelje	3-4
Corylus avellana	hazelaar	3-6
Crateagus laevigata	tweestijlige meidoorn	6-8
Crataegus lavallei	meidoorn	6-8
Crataegus monogyna	éénstijlige meidoorn	6-8
Euonymus europeus	kardinaalsmuts	3-4
Forsythia intermedia	forsythia (*)	2-3
Hippophae rhamnoides	duindoorn	2-3
Kerria japonica	kerria (*)	2
Ligustrum vulgare	liguster	3-4
Malus sylvestris	wilde apppel	8-10
Mespilus germanica	mispel	4-6
Philadelphus coronarius	boerenjasmijn (*)	3-4
Populus tremula	ratelpopulier	10-25
Prunus padus	inheemse vogelkers	10-15
Prunus spinosa	sleedoorn	4-5
Rhamnus catharticus	wegendoorn	4-5
Ribes alpinum	alpenbes (*)	2
Ribes sanquineum	rode ribes	2-3
Rósa canina	hondsroos	2-3
Rósa corymbifera	heggeroos	2-3
Rósa rubiginósa	egelantier	2-3
Salix eleágnos	grijze wilg	3-4

Salix fragilis	kraakwilg	20
Salix triandra	amandelwilg	6-8
Salix viminalis	katwilg	5-6
Sambucus nigra 'Laciniata'	peterselievlier	6-7
Sambucus racemosa	trosvlier	2-4
Ulex europaeus	gaspeldoorn	1
Viburnum opulus	geldersche roos	2-3

(*) Sierheesters voor gebruik binnen bebouwd gebied, niet aan te bevelen in landschappelijke beplantingen vanwege lagere ecologische waarde
(**) In vele cultuur variëteiten

Zware, Kleiachtige gronden

Latijnse naam	Nederlandse naam	Hoogte in meters
Buddleia davidii	vlinderstruik (*)	2-3
Chaenomeles japonica	Japanse kweepeer (*)(**)	1
Cornus alba	witte kornoelje (*)	2-3
Cornus mas	gele kornoelje	5-6
Cornus sanquinea	rode kornoelje	3-4
Corylus avellana	hazelaar	4-6
Crateagus laevigata	tweestijlige meidoorn	6-8
Crataegus monogyna	éénstijlige meidoorn	6-8
Philadelphus coronarius	boerenjasmijn (*)(***)	3-4
Prunus padus	inheemse vogelkers	10-15
Prunus spinosa	sleedoorn	3-4
Rhamnus cantharticus	wegendoorn	3-5
Ribes sanquineum	rode ribes	2-3
Rósa corymbifera	heggeroos	2-3
Rósa canina	hondsroos	2-3
Rósa rubiginósa	egelantier	2
Salix viminalis	katwilg	5-6
Sambucus nigra 'Laciniata'	peterselievlier	6-7
Viburnum lantana	wollige sneeuwbal (*)	2
Viburnum opulus	geldersche roos	2-3
Viburnum rhytidophyllum	wintergroene viburnum (*)	3-4
Weigela japonica	weigelia (*) (**)	2

(*) Sierheesters voor gebruik binnen bebouwd gebied, niet aan te bevelen in landschappelijke beplantingen vanwege lagere ecologische waarde
(**) In vele cultuur-variëteiten
(***) In verschillende cultuur-variëteiten

Kuststreek

Latijnse naam	Nederlandse naam	Hoogte in meters
Amelanchier lamarckii	krentestruik	5-6
Berberis vulgaris	zuurbes	2
Cornus sanquinea	rode kornoelje	3-4
Crateagus laevigata	meerstijlige meidoorn	6-8
Crataegus lavallei	meidoorn	6-8

Crataegus monogyna	eenstijlige meidoorn	6-8
Elaeagnus x ebbingei	wintergroene olijfwilg	2-3
Elaeagnus angustifolia	olijfwilg	4-6
Euonymus europaeus	kardinaalsmuts	3-4
Hippophae rhamnoides	duindoorn	2
Ilex aquifolium	hulst	10
Ligustrum vulgare	wilde liguster	3-4
Mahonia aquifolium	mahonia (*)	1
Populus tremula	ratelpopulier	10-25
Prunus padus	inheemse vogelkers	10-15
Prunus spinosa	sleedoorn	4-5
Rhamnus catharticus	wegendoorn	4-5
Rósa canina	hondsroos	2-3
Rósa pimpinellifolia	duinroos	1
Rósa rugosa	Japanse bottelroos	1
Rósa rubiginósa	egelantier	2
Salix caprea	bos of waterwilg	10
Salix repens	kruipwilg	1
Sambucus nigra'Laciniata'	peterselievlier	6-7
Sorbus aucuparia	lijsterbes	10-15
Tamarix tetrandra	tamarix (*)	2-3
Ulex europaeus	gageldoorn	2
Viburnum opulus	geldersche roos	2-3

(*) Sierheesters voor gebruik binnen bebouwd gebied, niet aan te bevelen in landschappelijke beplantingen vanwege lagere ecologische waarde
(**) In vele cultuur variëteiten

2.4.5 Gevoeligheid voor windworp

Er is weinig bekend over de windworpgevoeligheid van struiken in vergelijking met dat van bomen. Wellicht dat de bewortelingsdiepte bij struiken er minder toe doet, waar het gaat om windworp. De meeste struiken zijn immers niet zo hoog en deze zullen derhalve minder last hebben van windvang. Bovendien is het bladvolume per stam minder groot.

Het bewortelingspatroon van struiken wordt voor een belangrijk deel bepaald door de plaatselijke omstandigheden. De grondsoort heeft een sterke invloed op de beworteling van struiken. Hierbij kan verwezen worden naar de argumenten genoemd voor het bewortelingspatroon van bomen in het "Achtergronden rapport, Bomen op en nabij waterkeringen" (STOWA-rapportnr. 2000-04, pagina 54). De belangrijkste invloeden zijn de lutum-fractie, de grondwaterstand en grondlagen.

De lutum-fractie ofwel klei-fractie (mineraal-delen kleiner dan 2 mu) in de bodem heeft een grote invloed op de groei van wortels. In zware klei (hoge lutum-fractie) is over het algemeen geen optimale wortelgroei mogelijk, waardoor sprake is van een minder goede verankering en mindere groei van de struik. Maar hierop zijn ook uitzonderingen; er zijn wilgensoorten die het juist beter doen op zware kleigronden, terwijl andere wilgensoorten juist beter gedijen op minder zware kleigronden.
Hoge grondwaterstanden – zeker wanneer deze langdurig aanhouden - hebben een negatieve invloed op de wortelgroei bij struiken die een natte groeiplaats niet verdragen. Hetzelfde geldt voor (sterk) wisselende grondwaterstanden.
Wanneer sprake is van strikt gescheiden grondlagen, bijvoorbeeld klei op een zandige onderlaag, hebben wortels moeite om door de scheiding heen te komen en wordt de wortelgroei in de diepte derhalve geblokkeerd. Het is mogelijk dat dit de verankering van de struik niet ten goede komt.

Veel van eventuele gevaren van struiken op en nabij waterkeringen door windworp hangt tevens af van de wijze van beheer. Worden struiken, met name de boomvormende struiken, regelmatig in hoogte en volume teruggesnoeid, dan wordt daarmee de kans op eventuele gevaarlijke situaties sterk verkleind.

Het beheer heeft eveneens een sterke invloed op de levensverwachting van struiken.
De gemiddelde struik wordt veel minder oud dan een gemiddelde boom. Een leeftijd van 60 -70 jaar van een struik is een uitzondering. Alleen boomvormende struiken kunnen ouder worden, met name in hakhout en knotvorm situaties.

2.5 Kleidijken versus zanddijken

Een commentaarpunt was dat de handreikingen te veel waren toegesneden op kleidijken en te weinig op zanddijken. In principe is dit onderscheid in de beoordeling van de veiligheid beperkt. Alleen bij microstabiliteit kan worden gesteld dat dit bij kleidijken minder een probleem is dan bij zanddijken. Bij piping wordt gesteld dat piping geen rol speelt bij een zanddijk op een zandondergrond. Ten aanzien van erosie en van macrostabiliteit geldt in principe dat dit zowel voor een zanddijk als voor een kleidijk moet worden bekeken. Hierbij moet in gedachten worden gehouden dat zand veel erosiegevoeliger is dan klei.

Toch zijn er wel verschillen aan te wijzen. Dit onderscheid is met name terug te voeren op de beworteling van de beplanting. Bij een kleidijk is er sprake van een min of meer uniform materiaal. De wortels kunnen ongehinderd de ondergrond in groeien. Overigens kan zware, verdichte klei een beletsel vormen voor diepe beworteling. Zanddijken zijn veelal afgedekt met een kleilaag. Er is dus een overgang in bodemmateriaal. Zeker als het zand vastgepakt is kan dit een blokkade vormen voor wortelgroei. Dit betekent dat de wortelgroei zich concentreert in de kleilaag en oppervlakkiger van aard is. Hierdoor kan mogelijk eerder omwaaien van bomen optreden. Soms is er sprake van een zanddijk met een zandig binnentalud. Niet alle beplanting is geschikt om hier stabiel in te wortelen.
Als een boom op een zanddijk omwaait leidt dit vervolgens eerder tot problemen dan bij een kleidijk. Als de boom omwaait inclusief een groot deel van de afdekkende kleilaag, dan komt de zandkern bloot, en is er een kans op vervolginstabiliteiten door uitstromend water. Hierdoor kan relatief gemakkelijk zand uit de kern worden meegevoerd, hetgeen weer tot een secundaire afschuiving kan leiden, et cetera. Bij klei is de kans op dergelijke gevolgen kleiner.

Een volgende onderscheid is de freatische lijn in de waterkering. Bij kleidijken kan de beworteling gemakkelijker de diepte in groeien tot op de grondwaterstand. Het is een bekend feit dat door vochtonttrekking door de beplanting de freatische lijn lager kan komen te liggen. Dit kan gunstig zijn voor de stabiliteit, zowel van de waterkering als van de boom (die dan immers nog dieper zal wortelen).
Beplanting die alleen in de afdekkende kleilaag wortelt zal voor zijn vochtvoorziening vooral afhankelijk zijn van vocht die in de klei wordt vastgehouden. Het effect van een lagere freatische lijn treedt dan niet op.

De grondsoort, grondsamenstelling en verdichting, het type boom en de standplaatsfactoren (onder andere de grondwaterstand) bepalen de beworteling van de beplanting en beïnvloeden daarmee de windworpgevoeligheid. Dit zal veelal van geval tot geval bekeken moeten worden. Algemene regels over de al dan niet grote kans op windworp kunnen met de huidige stand van de kennis niet worden gegeven.

2.6 Regionale verschillen in waterkeringen

In de beoordelingen volgens de STOWA handreikingen is veelal uitgegaan van het beeld van met name boezemkaden die in de westelijke veengebieden voorkomen: door zetting van de kade en maaivelddaling is in de loop der tijd een waterkering ontstaan met een redelijke kerende hoogte (verschil kruin en binnendijks maaiveld enkele meters) en daardoor een duidelijk te onderscheiden binnentalud. Dit kan van gebied tot gebied en van situatie tot situatie nogal verschillend zijn. Soms is een boezemkade een (vrijwel administratieve) landscheiding waarbij de kans dat er water tegenaan komt te staan vrijwel nihil is, en de gevolgen, in het geval er hier iets mis gaat, klein.

Ook de primaire waterkeringen lopen in sommige gebieden langs hoge gronden. In Limburg kan een primaire waterkering meer het karakter van een kade langs de rivier hebben die een bepaald gebied tegen overlast beschermt, terwijl primaire keringen in een ander deel van het land kunnen bestaan uit een groot grondlichaam dat een groot gebied tegen een onafzienbare ramp moet verdedigen.

Het spreekt vanzelf dat niet voor al deze situaties dezelfde veiligheidseisen aan beplantingen moeten worden gesteld. Hoewel dit niet uitdrukkelijk in de handreikingen staat vermeld is dit ook niet de bedoeling. Aan de andere kant kan worden gedacht: 'er is een norm en aan die norm moeten alle waterkeringen voldoen'. Voor primaire waterkeringen is dat formeel juist, voor boezemkaden is zelfs de norm nog onzeker.
In beide gevallen kunnen er in de huidige normstelling gevallen voordoen waarbij de toepassing van de normstelling leidt tot situaties die voor het gevoel bevreemding wekken. Dit heeft te maken met 'risico-perceptie'.

Met 'risico-perceptie' wordt bedoeld dat gedacht kan worden in termen van risico = kans maal gevolg. Bij een evenredige spreiding van het risico over alle waterkeringen van Nederland ontstaat een evenwichtiger beeld. Dan komt men voor een waterkering waarvan de kans op doorbraak heel klein is (bijvoorbeeld omdat er maar een heel kleine kans is dat er water tegenaan komt te staan) tot de slotsom dat hier geen bijzondere eisen hoeven te worden gesteld, ook al zijn de mogelijke gevolgen groot. Als aan de andere kant de gevolgen heel klein zijn (bijvoorbeeld omdat het maaiveld binnendijks maar 10 centimeter lager ligt dan de maatgevende waterstand), dan mag de kans dat er iets mis gaat ook groter zijn.
De verwachting is dat de toekomstige normering, zowel voor primaire als voor boezemwaterkeringen, zich op risico-benadering zal baseren.

Voordat dit geëffectueerd zal zijn kan nog jaren duren. Tot die tijd kan er al wel met enig gezond verstand getracht worden om te gaan met situaties waar dit soort effecten aan de orde kan zijn.

3 Achtergrondinformatie

3.1 Verslag over de stormvloed van 1953, Rijkwaterstaat en KNMI, 1961

Citaat over de IJsseldijk van Rijnland (blz.4.17.2)

"Nabij het terrein van de N.V. Goudse Waterleiding Mij kwam op 1 februari 1953 het dijklichaam, ten gevolge van op de dijk aanwezige bomen, die door de storm in hevige beweging werden gebracht, zodanig in trilling, dat gevaar voor de waterkering ontstond. In allerijl werden zes bomen ter plaatse afgezaagd."

3.2 Invloed van verwijderen boom

Door Waterschap de Groote Waard is de volgende foto ter beschikking gesteld:

Tussen deze twee bomen in is een boom verwijderd door deze net onder maaiveld af te zagen en te bedekken met grond. Hierdoor is het hout onder de grond verrot en zakt de grond in. De grond is erg los.

3.3 Gehölze Auf Deichen, Informationsberichte Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, december 1990

3.3.1 Algemeen

De invloed van bomen op de standzekerheid van rivierdijken is ook in Duitsland onderwerp van discussie geweest. Daarbij speelt de vraag hoe de wortels zich in het dijklichaam ontwikkelen en of zij de stabiliteit positief of negatief beïnvloeden.

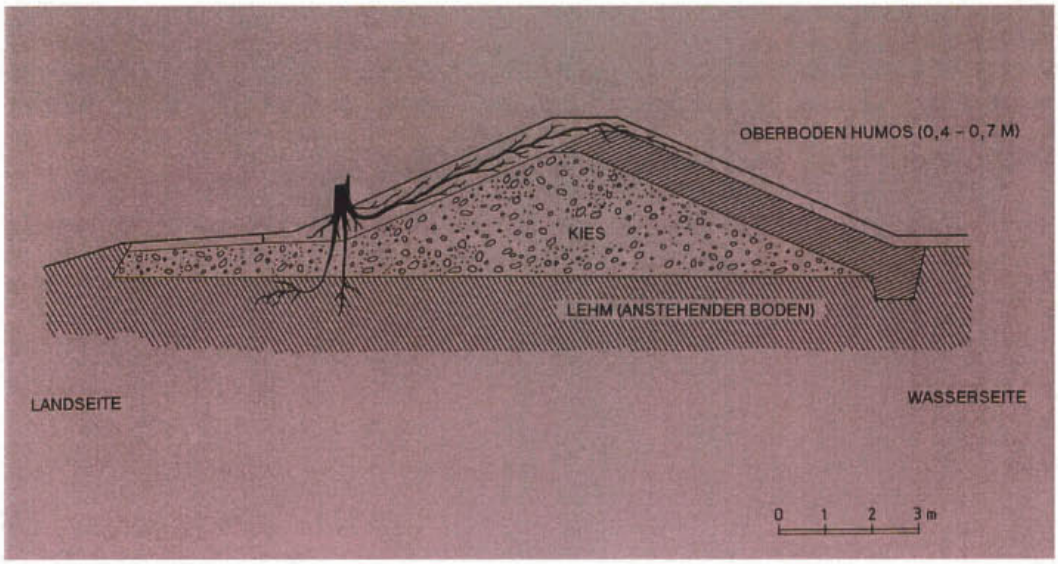
In Beieren zijn in 1989/1990 diverse wortelstelsels van bomen op dijken uitgegraven. Waargenomen werd dat, afhankelijk van de standplaats(omstandigheden) zich zeer verschillende aangepaste wortelsystemen hadden ontwikkeld. Deze resultaten moeten er toe bijdragen dat er beoordelingscriteria kunnen worden ontwikkeld om de, volgens het Informationsbericht veelal gewenste, beplanting op dijken aan te toetsen.

Hiernaast wordt in het Informationsbericht verslag gedaan van de gevolgen van de winterstormen van februari/maart 1990. Er zijn een overzichtstabel en enkele foto's opgenomen. Gedurende de winterstorm werden verschillende boomsoorten van verschillende ouderdom ontworteld.

Op beide onderdelen wordt in deze paragraag beknopt ingegaan. De resultaten zijn zeker interessant, maar de vertaling van de waarnemingen naar de Nederlandse situatie is moeilijk te maken. De Duitse dijken hebben veelal een kern van kiezelstenen, die is afgedekt met een kleilaag. De wortels worden hierdoor gedwongen zich vooral in de kleilaag te ontwikkelen en dringen maar beperkt door in de kern van de dijk.

3.3.2 Wortelstelsels

In Beieren zijn een aantal oudere bomen op dijken uitgegraven om de omvang en ontwikkeling van het wortelstelsel te kunnen bepalen en te vergelijken met de wortelgroei op plaatsen waar de wortels zich ongehinderd hebben kunnen ontwikkelen. Het blijkt dat de wortelgroei wordt 'gemodificeerd' naar gelang factoren als grondwaterstand, voedingsstoffengehalte, bodemsamenstelling, licht, temperatuur en wind variëren. Ook mechanische weerstand (verdichte lagen, kiezelsteen) bepaalt de groeirichting. Sommige bomen zijn wel in staat om 1 meter of 1,5 meter door de dringen in de kern, andere boomsoorten beperken zich tot wortelgroei in de deklaag. De figuur geeft een goed voorbeeld van een ahorn van 35 jaar oud waarvan de wortelgroei in extreme mate is bepaald door de groeiplaats. Slechts enkele wortels dringen door de kiezels heen naar de ondergrond. Voor het overige ontwikkelt zich een oppervlakkige wortelstructuur.



3.3.3 Storm

De winterstormen van februari en maart 1990 veroorzaakte in Zuid Duitsland talrijke omgewaaide bomen op dijken. Niet alleen solitaire bomen maar ook bomengroepen, met name sparren, werden ontworteld of knapten af. De Duitse 'waterschappen' hebben de schade geïnventariseerd. Het betreft 250 omgewaaide bomen, voornamelijk elzen (70 stuks), wilgen (62 stuks), populieren (56 stuks), sparren (30 stuks) en verder een aantal loofbomen en enkele struikachtige beplantingen als sleedoorn, meidoorn en vlier.

In tabelvorm wordt dit samengevat:

	Stuks	Diameter wortelstelsel [m]	Gemelde schade
Appelboom	4	1	nauwelijks
Berk	22	2,5	ontgronding tot 0,8 m diep
Els	70	0,5 – 6	scheur in dijk, ontgrondingen tot 0,6 m diep
Es	5	0,8 – 7	dijkkern komt bloot
Spar	30	1 – 7	scheuren in dijk, dijkkern komt bloot, gaten tot 0,4 m diep
Vlier	1	2,5	dijkkern komt bloot
Kersenboom	3	2	aantasting oppervlak
Linde	8	1,5 – 2,5	aantasting oppervlak, geringe schade
Populier	56	1 – 5	aanzienlijke schade, dijkkern komt bloot, gaten tot 0,6 m diep
Robinia	2	1,2 – 1,3	oppervlakkige beschadiging
Iep	1	4	geringe schade
Lijsterbes	2	1,8	aanzienlijke schade
Wilg	62	1,8 – 7	deels geringe schade, deels aanzienlijke schade, dijkkern komt bloot
Meidoorn	6	1,4 – 2,1	dijkkern komt bloot

Veelal zijn de schades dusdanig dat de boom omwaait en een oppervlakkige laag grond meeneemt. Dit hangt samen met de bewortelingswijze, die noodgedwongen in veel gevallen eveneens oppervlakkig is. Over de diameter van de ontgrondingen zijn weinig gegevens, alleen bij elzen en sparren zijn getallen van 0,5 m tot 2 meter genoemd.

De meeste bomen die zijn omgewaaid zijn betrekkelijk jonge bomen met een stamdiameter veelal minder dan 0,5 meter. Hierbij wordt opgemerkt dat grotere (oudere) bomen in het verleden vaak zijn verwijderd om het risico voor de waterkering beperkt te houden.

Foto Omgewaaide spar aan de teen van de dijk

Foto Scheur in de dijk: begin van afschuiving

3.3.4 Samenvatting

De wortels van bomen ontwikkelen zich bij de nieuwere Duitse dijksopbouw met een kern van kiezelstenen bij voorkeur in de humeuze bovenlaag. Prognoses voor de ontwikkeling van wortels in oude, heterogene dijken is nauwelijks mogelijk.
Bij het type dijk met een kern van kiezelstenen is een risico aanwezig, want de bomen waaien (getuige de ervaringen bij de winterstormen) relatief gemakkelijk om. Anderzijds beperkt de schade zich tot de oppervlakkige toplaag en kan de dijk daarop berekend worden.
Door de grotere bomen te verwijderen vermindert het gevaar.
Het informationsbericht besluit met de opmerking dat de dijken op de aanwezigheid van bomen moeten zijn afgestemd, of anders onbeplant moeten blijven.

3.4 Trekproeven

Het idee om trekproeven op bomen te doen is ontstaan in Duitsland. In Nederland is dit verder ontwikkeld. In een artikel 'Trekproef verstrekt duidelijkheid in noodzaak kap van bomen' wordt de methode globaal beschreven. Er is sprake van een niet-destructieve proef, waarbij met beperkte kracht middels een kabel en een vijzel aan een boom wordt getrokken. Met de trekproef kan zowel de standvastheid als de breukvastheid worden bepaald. Gesteld wordt dat 90 % van de bomen door ontworteling aan zijn einde komt, en 10 % doordat de stam afknapt.

De trekproef kan ten eerste worden uitgevoerd voor het bepalen van de standvastheid van een boom. Met geringe belasting (windkracht 6 à 7) wordt er met kabels aan de boom getrokken. De kracht wordt exact gemeten en tegelijkertijd registreert de hellingshoekmeter de beweging van de boom in honderdste graden nauwkeurig. In het kantoor wordt het bezwijkpunt berekend en uitgedrukt in percentages van het moment dat de boom zou ondervinden bij windkracht 12. Vervolgens moet een deskundige adviseren. Als de boom bijvoorbeeld maar 70 % van de kracht bij windkracht 12 zou overleven, dan wordt aanbevolen de boom te kappen. Bij hogere percentages kan ook gedacht worden aan snoei, waardoor de windbelasting vermindert, of stimuleren van een betere wortelgroei.

De trekproef kan ten tweede worden uitgevoerd voor het bepalen van de breukvastheid van een boom. Net als bij de hiervoor genoemde procedure wordt met beperkte kracht aan de boom getrokken. Met een rek- of elastometer wordt de afstand tussen twee op de boom bevestigde pennetjes geregistreerd. Naar aanleiding hiervan wordt de sterkte van het hout berekend en wordt bepaald of de stam sterk genoeg is om de windbelasting op te vangen.

Er bestaat naast deze trekproef ook een dynamische trekproef. Deze heeft meer het karakter van een proefbelasting. Hierbij wordt gebruik gemaakt van visuele waarnemingen, zoals scheuren in de grond en/of de stam van de boom. De boom kan hierbij beschadigd worden. De gebruikte krachten zijn aanzienlijk groter.

Naar aanleiding van het artikel en de genoemde dynamische trekproeven kan een vraag voor nader onderzoek zijn of bomen, cq. wortels en grond, een eigenfrequentie hebben waardoor door wind geïnduceerde beweging leidt tot extra trilling en mogelijk verweking van grond.

3.5 The influence of vegetation on soil strength, V. Operstein and S. Frydman, Ground Improvement (2000) 4, 81-89

Deze paper kan dienen als een voorbeeld van een veel uitgebreidere literatuur die zich bezighoudt met de bijdrage van bomen, struiken en wortelstelsels op de sterkte van de grond, en dan met name gericht op het stabiliseren van taludhellingen. In het buitenland is meer sprake van berghellingen of heuvellandschappen van vele tientallen meters hoog. Bij ontbossing treden erosie, aardverschuiving of modderstromen op. De bomen hebben een duidelijke functie in het tegengaan van deze verschijnselen.

Het onderzoek van Operman en Frydman richt zich op het kwantificeren van de bijdrage van 'root-inforced soils'. De gegevens kunnen met de nodige voorzichtigheid in stabiliteitsberekeningen worden gebruikt. Het onderzoek heeft bestaan uit een drietal testen op verschillende soorten begroeiing:

- het kapot trekken van wortels
- het uit de grond trekken van wortels
- het uitvoeren van direct-shear proeven op grond met wortels.

Het eerste type test geeft aan bij welke kracht een wortel breekt. Het tweede type proef geeft de kracht waarbij een wortel uit de grond wordt getrokken. Een combinatie van deze twee gegevens is dus een indicatie voor het waarschijnlijke gedrag: knappen de wortels eerder af of worden ze uit de grond getrokken als de boom of struik omwaait.
Het derde type proef geldt als de beplanting blijft staan (of de wortels blijven in de grond). Het blijkt dat door de aanwezigheid van de wortels de schuifsterkte van de grond met een factor 2 tot 5 toeneemt. Hierbij wordt wel opgemerkt dat de monsters zijn belast in de richting loodrecht op de beworteling, dus vrij gunstige resultaten geven. De gebruikte soorten zijn in Nederland niet inheems: rozemarijn, pistachio en alfalfa.

Het artikel is wel een illustratie dat (kwantitatief) onderzoek in deze richting mogelijk is en dat er in de bosbouw en ecologische hoek waarschijnlijk ook al veel informatie beschikbaar is.

3.6 Bomendijk, Waterschap Veluwe, Neerslag 2001/VI

De IJsseldijk tussen Voorst en Wilp staat bekend als de Bomendijk, want voor circa 95 % is de dijk begroeid met bomen. De Bomendijk moest verbeterd worden. Om de waardevolle bomen te handhaven is voor een bijzondere werkwijze gekozen. Het artikel doet hier verslag van.

De dijkverbetering vond plaats in een bijzonder gebied, waarbij uit cultuurhistorisch oogpunt, en vanwege het feit dat de bomen op de dijk de overgang vormen naar het binnendijkse bosgebied, de keuze is gemaakt de bomen zoveel mogelijk te handhaven. Gekozen werd voor het aanbrengen van een waterkerend scherm in de kruin van de dijk. Gezien de aanwezigheid van circa 9000 eiken en beuken in de leeftijd van ongeveer 50 jaar was dat niet eenvoudig, omdat er zowel voor de opstelling van machines als voor de aanvoer van materiaal weinig werkruimte was. Deze werkomgeving betekende ten aanzien van de uitvoering een aantal aanpassingen:

- om voldoende werkruimte in de hoogte te realiseren moesten bomen worden gesnoeid;
- boomwortels werden bij ontgravingen voorgefreesd om grotere beschadiging bij werkzaamheden met een mini-kraan te beperken;
- omwille van het kwetsbare bosgebied werden de werkzaamheden buiten het broedseizoen uitgevoerd;
- tijdens en na hevige regenval werden de transportactiviteiten beperkt om schade te voorkomen;
- waar onvoldoende ruimte was door zware overhangende takken zijn de damwanden in delen de grond ingedrukt;
- bij de nazorg is aandacht besteed aan het herstel van flora en ondergroei.

Uiteindelijk is met behulp van de Silent Piler methode succesvol een stalen damwand aangebracht.

Het handhaven van de bomen betekende ook dat met de eigenaren van de grond een opstal-overeenkomst moest worden gesloten waarin alle afspraken met betrekking tot toegang, gebruik en onderhoud van de waterkering zijn opgenomen. Samen met de keur biedt dit voldoende garanties om een veilige waterkering te kunnen waarborgen.

Om inzicht te krijgen in de gevolgen van het aanbrengen van een stalen damwand is een monitoringsprogramma opgesteld om eventuele toekomstige schade aan het bomenbestand in kaart te brengen. Als de dijk weer is opengesteld voor het publiek zal deze niets meer van de dijkversterking merken.

Aantekeningen