



Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden

Deel 2 achtergronddocument versie 1 -2003

RIZA rapport 2003.029

ISBN 9036956439

Auteurs : E.H. van Velzen
 P. Jesse
 P. Cornelissen
 H. Coops

RIZA
Arnhem, november 2003

Inhoudsopgave

| | |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| Inhoudsopgave | 1 |
| Voorwoord | 9 |
| 1 Inleiding | 11 |
| 1.1 Algemeen | 11 |
| 1.2 Leeswijzer | 12 |
| 2 Ruwheidsformuleringen | 13 |
| 2.1 Inleiding | 13 |
| 2.2 Ruwheidsformuleringen algemeen | 13 |
| 2.3 Ruwheidsformuleringen voor vegetatie | 15 |
| 2.3.1 Typering | 15 |
| 2.3.2 Doorstroomde vegetatie | 15 |
| 2.3.3 Overstroomde vegetatie | 19 |
| 2.4 Combinaties van vegetatiestructuurtypen | 27 |
| 2.4.1 Inleiding | 27 |
| 2.4.2 Methode | 27 |
| 2.4.3 Verspreid voorkomende bomen | 30 |
| 2.5 Lijnbeplanting | 30 |
| 2.5.1 Inleiding | 30 |
| 2.5.2 Laanbeplanting | 31 |
| 2.5.3 Heggen | 32 |
| 2.6 De bodemweerstand van waterbodems | 36 |
| 3 Vegetatie in Nederlandse uiterwaarden | 39 |
| 3.1 Inleiding | 39 |
| 3.2 Indeling in vegetatiestructuurtypen in uiterwaarden | 39 |
| 3.3 Beschrijving van de vegetatiestructuurtypen | 43 |
| 3.3.1 Structuur | 43 |
| 3.3.2 Pioniervegetatie | 45 |
| 3.3.3 Graslanden | 47 |
| 3.3.4 Ruigten | 51 |
| 3.3.5 Moerasvegetaties | 61 |
| 3.3.6 Struwelen | 73 |
| 3.3.7 Bossen | 78 |
| 3.3.8 Overige typen | 83 |
| 4 Vegetatiestructuurtypen en ecotopen | 91 |
| 5 De invloed van begrazing en successie | 95 |
| 5.1 De invloed van begrazing op de vegetatiestructuur | 95 |
| 5.1.1 Hoe functioneert begrazing | 95 |
| 5.1.2 Effecten van begrazing | 96 |
| 5.2 Successie | 100 |
| 5.3 Veranderingen door beheer | 106 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| Literatuur | 107 |
| Bijlage 1: Formulering overstromde vegetatie | 113 |
| Bijlage 2: Ecotopen en vegetatiestructuurtypen | 117 |
| Bijlage 3: Vertaling Wetenschappelijke naam - Nederlandse naam | 121 |
| Bijlage 4: Vertaling Nederlandse naam - wetenschappelijke naam | 123 |

Figuren

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 1 | Krachtenevenwicht | 15 |
| Figuur 2 | Stroomsnelheidsprofiel bij ondergroei | 18 |
| Figuur 3 | Vergelijking 8 versus vergelijking 12 | 19 |
| Figuur 4 | Vergelijking berekening –metingen formulering overstroomde vegetatie . | 21 |
| Figuur 5 | k-waarde voor 0.10 m hoog gras; vergelijking (15)..... | 22 |
| Figuur 6 | Vergelijking berekening –metingen formulering HKV $\alpha=0.0227 \cdot k^{0.70}$ | 22 |
| Figuur 7 | k-waarde voor 0.10m hoog gras; vergelijking 16..... | 23 |
| Figuur 8 | Definitie schets benadering..... | 24 |
| Figuur 9 | Benadering voor riet | 26 |
| Figuur 10 | Benadering productiegrasland..... | 26 |
| Figuur 11 | Plaatsingspatronen | 27 |
| Figuur 12 | Invloed plaatsingspatronen combinatie gras met zachthoutoobos | 28 |
| Figuur 13 | Invloed plaatsingspatronen | 29 |
| Figuur 14 | Invloed plaatsingspatronen | 29 |
| Figuur 15 | Definitie schets schuine aanstroming | 35 |
| Figuur 16 | k-waarde als functie van de ribbelsteilheid..... | 38 |
| Figuur 17 | Verschillende vegetaties in de Duursche Waarden..... | 39 |
| Figuur 18 | Aandeel van de verschillende vegetatiestructuurtypen in het winterbed van de Rijntakken. | 40 |
| Figuur 19 | Schets van de hoofdindeling van verschillende vegetaties | 42 |
| Figuur 20 | Schets van de structuur van verschillende graslanden..... | 42 |
| Figuur 21 | Schematische weergave van de structuur van de vegetatie | 44 |
| Figuur 22 | Pioniervegetatie. | 45 |
| Figuur 23 | Gemiddelde hoogte en bedekking van pioniervegetatie..... | 46 |
| Figuur 24 | Productiegrasland Duursche Waarden | 48 |
| Figuur 25 | Gemiddelde hoogte en bedekking van productiegrasland. | 48 |
| Figuur 26 | Natuurlijk gras en hooilanden en verruigde graslanden..... | 50 |
| Figuur 27 | Gemiddelde hoogte en bedekking van natuurlijke gras en hooilanden (extensief begraasd) en verruigde graslanden (onbegrasd). | 50 |
| Figuur 28 | Akkerdistelruigte..... | 53 |
| Figuur 29 | Gemiddelde hoogte en bedekking van Akkerdistelruigte | 53 |
| Figuur 30 | Droge ruigte in de Millingerwaard | 55 |
| Figuur 31 | Gemiddelde hoogte en bedekking van Droge ruigte. | 55 |
| Figuur 32 | Dauwbraamruigte in de Duursche Waarden | 57 |
| Figuur 33 | Gemiddelde hoogte en bedekking van Dauwbraamruigte | 57 |
| Figuur 34 | Harig wilgenroosjeruigte in de Duursche Waarden | 58 |
| Figuur 35 | Rietruigte, | 61 |
| Figuur 36 | Natte ruigte, | 63 |
| Figuur 37 | Gemiddelde hoogte en bedekking van natte ruigte | 64 |
| Figuur 38 | Zeggen | 65 |
| Figuur 39 | Rietgras, | 67 |
| Figuur 40 | Biezen,..... | 68 |
| Figuur 41 | Lisdodde. | 70 |
| Figuur 42 | Riet. | 71 |
| Figuur 43 | Kieming van wilgen in het eerste groeiseizoen na ontgraving van de uiterwaard | 74 |
| Figuur 44 | Ontwikkeling van wilgen in relatie tot het aantal jaren na kieming..... | 74 |
| Figuur 45 | Jong wilgenstruweel in de Duursche Waarden..... | 75 |
| Figuur 46 | (Oud) Wilgenstruweel in de Duursche Waarden. | 75 |
| Figuur 47 | Wilgengriend. | 76 |
| Figuur 48 | Doornstruweel | 77 |
| Figuur 49 | Doorstroomd zachthoutbos nabij de Pannerdensch overlaat | 78 |
| Figuur 50 | Zachthout oobos | 79 |
| Figuur 51 | Hardhoutoobos in het voorjaar langs de Allier | 81 |

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figuur 52 | Hardhoutproductiebos (Beuk) oktober 2001 Fortmond. | 81 |
| Figuur 53 | Naaldhoutproductiebos bestaande uit Den in oktober 2001 | 82 |
| Figuur 54 | Akkers | 84 |
| Figuur 55 | Boomgaarden nabij Arnhem, | 85 |
| Figuur 56 | Aangestroomd oppervlak versus lichtdoorlatendheid | 88 |
| Figuur 57 | Drie onderscheiden typen heg in zomer en winteromstandigheden..... | 89 |
| Figuur 58 | Laanbeplanting..... | 90 |
| Figuur 59 | Theoretische relatie tussen de productie van grasland en de consumptie van runderen en paarden. | 96 |
| Figuur 60 | Relatie tussen vegetatiehoogte, graasdruk, begrazingsvorm en tijd op soortenrijk grasland..... | 97 |
| Figuur 61 | Effecten van begrazing op houtigen | 99 |
| Figuur 62 | Verandering in structuurpatronen van droog grasland..... | 100 |
| Figuur 63 | Successieschema voor een laaggelegen 'natte' situatie | 101 |
| Figuur 64 | Successieschema voor een hooggelegen 'droge' situatie | 101 |
| Figuur 65 | Indicatieve successiereeksen vanuit een onbegraasde situatie | 103 |
| Figuur 66 | Indicatieve successiereeksen vanuit een extensief begraasde situatie .. | 104 |
| Figuur 67 | Indicatieve successiereeksen vanuit een intensief begraasde situatie.. | 105 |
| Figuur 68 | Samenhang van de verschillende type in relatie tot vochtgehalte en beheerintensiteit..... | 106 |

Tabellen

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1 | Experimenten overstroomde vegetatie | 20 |
| Tabel 2 | Kentallen voor bodemweerstand waterbodems | 36 |
| Tabel 3 | Ruwheid slibbodems | 37 |
| Tabel 4 | K-waarde van verschillende typen waterbodems | 38 |
| Tabel 5 | Indeling van de onderscheiden structuurtypen | 43 |
| Tabel 6 | Uitgevoerd veldonderzoek | 44 |
| Tabel 7 | Plantengemeenschappen behorende tot de pioniervegetaties | 45 |
| Tabel 8 | Structuurkenmerken pioniervegetatie (winter) | 47 |
| Tabel 9 | Graslanden | 47 |
| Tabel 10 | Veldgegevens productiegroenland (n.b. = niet bepaald) | 49 |
| Tabel 11 | Structuurkenmerken productiegroenland (winter) | 49 |
| Tabel 12 | Veldgegevens natuurlijk grasland (begraasd) | 51 |
| Tabel 13 | Structuurkenmerken natuurlijke gras en hooilanden en verruigde graslanden (winter) | 51 |
| Tabel 14 | Plantengemeenschappen behorende tot het type ruigte | 52 |
| Tabel 15 | Veldgegevens akkerdistel-brandnetelruigte (begraasd) | 54 |
| Tabel 16 | Structuurkenmerken akkerdistel- brandnetelruigte (winter) | 54 |
| Tabel 17 | Veldgegevens droge ruigte | 56 |
| Tabel 18 | Structuurkenmerken droge ruigte (winter) | 56 |
| Tabel 19 | Veldgegevens Dauwbraamruigte | 58 |
| Tabel 20 | Structuurkenmerken Dauwbraamruigte (winter) | 58 |
| Tabel 21 | Veldgegevens Harig wilgenroosje ruigte | 59 |
| Tabel 22 | Structuurkenmerken Harig wilgenroosje ruigte (winter) | 59 |
| Tabel 23 | Structuurkenmerken van verschillende natte strooiselruigten | 60 |
| Tabel 24 | Structuurkenmerken Rietruigte | 61 |
| Tabel 25 | Plantengemeenschappen behorende bij de moerasvegetaties | 62 |
| Tabel 26 | Veldgegevens Liesgras en Gele lis | 63 |
| Tabel 27 | Structuurkenmerken natte ruigte (winter) | 64 |
| Tabel 28 | Veldgegevens Zeggen (waarden afgerond) | 65 |
| Tabel 29 | Structuurkenmerken zeggemoeras (winter) | 66 |
| Tabel 30 | Veldgegevens Rietgras (waarden afgerond) | 66 |
| Tabel 31 | Structuurkenmerken Rietgras (winter) | 67 |
| Tabel 32 | Veldgegevens Mattenbies (waarden afgerond) | 68 |
| Tabel 33 | Structuurkenmerken Mattenbies (winter) | 68 |
| Tabel 34 | Veldgegevens Kleine Lisdodde (waarden afgerond) | 69 |
| Tabel 35 | Veldgegevens Grote Lisdodde (waarden afgerond) | 69 |
| Tabel 36 | Structuurkenmerken Lisdodde (winter) | 70 |
| Tabel 37 | Enkele bandbreedtes voor metingen aan Riet (waarden afgerond) | 71 |
| Tabel 38 | Variatie aan Riet in de Veluwevloedmeren (2001) | 72 |
| Tabel 39 | Structuurkenmerken Riet (winter) | 73 |
| Tabel 40 | Struwelen | 73 |
| Tabel 41 | Veldgegevens wilgenstruweel | 75 |
| Tabel 42 | Structuurkenmerken wilgenstruweel (winter) | 76 |
| Tabel 43 | Structuurkenmerken wilgengriend (winter) | 77 |
| Tabel 44 | Structuurkenmerken doornstruweel (winter) | 77 |
| Tabel 45 | Plantengemeenschappen behorende tot de bossen | 78 |
| Tabel 46 | Veldgegevens zachthoutooibos (n.b. = niet bepaald) | 79 |
| Tabel 47 | Structuurkenmerken zachthoutooibos (winter) | 79 |
| Tabel 48 | Structuurkenmerken zachthoutproductiebos (winter) | 80 |
| Tabel 49 | Structuurkenmerken hardhoutooibos | 81 |
| Tabel 50 | Veldgegevens hardhoutproductiebos (Beuk) | 82 |
| Tabel 51 | Structuurkenmerken hardhoutproductiebos | 82 |
| Tabel 52 | Veldgegevens naaldhoutproductiebos (Den) | 83 |
| Tabel 53 | Structuurkenmerken naaldhoutproductiebos | 83 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 54 | Overige typen | 83 |
| Tabel 55 | Veldgegevens akkers (n.b. = niet bepaald) | 84 |
| Tabel 56 | Literatuurwaarden akkers | 84 |
| Tabel 57 | Literatuurwaarden structuurkenmerken van boomgaarden | 85 |
| Tabel 58 | Structuurkenmerken van boomgaarden | 86 |
| Tabel 59 | Structuurkenmerken heggen en houtwallen | 86 |
| Tabel 60 | Aangestroomd oppervlak versus lichtdoorlatendheid | 87 |
| Tabel 61 | Onderscheiden heggen | 88 |
| Tabel 62 | Gemiddelde veldkenmerken bomenlanen | 90 |
| Tabel 63 | Structuurkenmerken laanbomen | 90 |
| Tabel 64 | Vegetatie & ecotopen | 91 |
| Tabel 65 | Effect van begrazing op de verschillende vegetatiestructuurtypen | 98 |
| Tabel 66 | Ecotopen met kruidachtige vegetatie | 118 |
| Tabel 67 | Ecotopen met houtige vegetatie | 119 |
| Tabel 68 | Overige ecotopen | 120 |

Symbolen

| | | | |
|--------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A_{rb} | = | representatief aangestroomd oppervlak opgaande vegetatie | $[m^2/m^2/m']$ |
| A_{gebied} | = | oppervlakte beschouwd gebied | $[m^2]$ |
| A_{ro} | = | representatief aangestroomd oppervlak ondergroei | $[m^2/m^2/m']$ |
| A_v | = | aangestroomd oppervlak vegetatie op hoogte z | $[m^2/m^2/m']$ |
| A | = | aangestroomd oppervlak van het element | $[m^2]$ |
| a | = | onderlinge hegafstand | $[m]$ |
| A_h | = | aangestroomd oppervlak het per m' hoogte | $[m^2/m']$ |
| A_v | = | aangestroomd oppervlak vegetatie per m' hoogte en per m ² grondoppervlak | $[m^2/m^2/m]$ |
| B | = | "diepte" van de heg in stroomrichting | $[m]$ |
| C | = | Chézy coëfficiënt | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_{do} | = | weerstandcoëfficiënt (drag) lage kruidlaag | $[-]$ |
| C_d | = | weerstandcoëfficiënt (drag) hoge kruidlaag | $[-]$ |
| C_d | = | weerstandcoëfficiënt (drag coëfficiënt) | $[-]$ |
| C_{basis} | = | Chézy waarde basisvegetatie | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_{rc} | = | representatieve Chézywaarde vegetatiecombinatie | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_s | = | Chézy waarde vegetatiecombinatie bij seriepatroon | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_p | = | Chézy waarde vegetatiecombinatie bij parallel patroon | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_i | = | Chézywaarde vegetatie i | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_v | = | Chézy coëfficiënt gerelateerd aan top vegetatie | $[m^{1/2}/s]$ |
| d | = | kadehoogte | $[m]$ |
| D | = | gemiddelde representatieve stamdiameter | $[m]$ |
| D | = | gemiddelde diameter stengel hoge kruidlaag | $[m]$ |
| D_o | = | gemiddelde diameter stengel lage kruidlaag | $[m]$ |
| F | = | kracht door water op element uitgeoefend (dragforce) | $[N]$ |
| g | = | versnelling van de zwaartekracht | $[m/s^2]$ |
| Δh | = | verval over heg | $[m]$ |
| h | = | (bovenstroomse) waterdiepte | $[m]$ |
| i | = | verhang | $[-]$ |
| k | = | gemiddelde hoogte hoge kruidlaag | $[m]$ |
| k | = | hoogte van de boom | $[m]$ |
| k_b | = | Nikuradse zandruwheid van de bodem | $[m]$ |
| k_c | = | Nikuradse k-waarde vegetatie combinatie | $[m]$ |
| k_i | = | Nikuradse k-waarde vegetatie i | $[m]$ |
| k_v | = | representatieve Nikuradse k-waarde top vegetatie | $[m]$ |
| k_o | = | gemiddelde hoogte lage kruidlaag | $[m]$ |
| k_o | = | hoogte ondergroei | $[m]$ |
| m_r | = | gemiddeld aantal stengels hoge kruidlaag | $[1/m^2]$ |
| m_{or} | = | gemiddeld aantal stengels lage kruidlaag | $[1/m^2]$ |
| n | = | aantal bomen in beschouwd gebied | $[-]$ |
| n | = | Manning coëfficiënt | $[m^{-1/3}/s]$ |
| N | = | aantal bomen op beschouwde oppervlakte (vaak roostercel) | $[-]$ |
| OR | = | beschouwde oppervlakte (roostercel) | $[m^2]$ |
| R | = | hydraulische straal | $[m]$ |
| u | = | gemiddelde snelheid | $[m/s]$ |
| u_v | = | gemiddelde snelheid vegetatielaag | $[m/s]$ |
| u_o | = | ongestoorde stroomsnelheid | $[m/s]$ |
| u_w | = | gemiddelde snelheid waterlaag | $[m/s]$ |
| x_i | = | oppervlakte aandeel vegetatie i | $[-]$ |
| ϕ | = | weegfactor | $[-]$ |

Voorwoord

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland is door het RIZA (Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling) dit handboek "Stromingsweerstand van vegetatie in uiterwaarden" samengesteld. Bij de totstandkoming is in een aantal burostudies samengewerkt met WL/Delft Hydraulics.

Het rapport "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden" bestaat uit twee delen. Het eerste deel, het handboek, beschrijft kernachtig de stromingsweerstand van een aantal onderscheiden vegetatie structuurtypen. Het tweede, onderhavige, deel geeft een onderbouwing van de formuleringen van de stromingsweerstand, de structuureigenschappen van de vegetatie en de parameters die in de weerstandformuleringen zijn gebruikt.

Het handboek richt zich voornamelijk op twee typen gebruikers:

1. Ontwerpers van de inrichting van uiterwaarden

Om gevoel te krijgen voor de waterstands-effecten van bepaalde inrichtingsmaatregelen en om gestructureerd om te gaan met de verschillende vegetatiestructuurtypen, op een manier waarbij zowel de ontwerper als de toetsende instantie dezelfde "taal" spreken en dezelfde uitgangspunten hanteren

2. Hydraulici die de effecten van de plannen op de waterstanden en stroomsnelheden willen berekenen/toetsen

Om de structuurtypen, die in inrichtingsplannen zijn opgenomen, of de vegetatie die in de uiterwaarden aanwezig is, te vertalen naar de juiste stromingsweerstand en het op uniforme manier gebruiken van de ruwheidsformuleringen.

In 2002 is het handboek in concept versie uitgebracht als RIZA werkdocument. Dit concept is, op inhoud, extern gereviewd. Verder is het werkdocument aan verschillende gebruikersgroepen aangeboden. Het commentaar van deze gebruikers en de resultaten van de review zijn verwerkt in deze definitieve versie van het handboek. Maar hoe definitief is definitief? Ontwikkelingen in de techniek, vernieuwing van het waterbeheer en de alledaagse praktijk kunnen leiden tot aanpassing. Het handboek is zo opgezet dat veranderingen eenvoudig zijn in te passen.

Namens de opdrachtgever is het project begeleid door ir. K. van Dixhoorn. RIZA projectleider was ir. E.H. van Velzen. De redactie lag in handen van ir. E.H. van Velzen en ing. P. Jesse. Verder zijn belangrijke bijdragen aan het handboek geleverd door Ing. P. Cornelissen en Dr. H. Coops.



Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden

Deel 2 achtergronddocument versie 1 -2003

RIZA rapport 2003.029

ISBN 9036956439

Auteurs : E.H. van Velzen
 P. Jesse
 P. Cornelissen
 H. Coops

RIZA
Arnhem, november 2003

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De afgelopen decennia is het gebruik van de uiterwaarden van de Nederlandse Rijntakken gewijzigd. Het areaal agrarisch beheerd gebied is afgenomen ten gunste van natuurgebied. Deze ontwikkeling zal zich de komende tijd doorzetten. Voor verschillende uiterwaarden zijn herinrichtingsplannen in voorbereiding of in uitvoering. Dit voor het creëren van ruimte voor de rivier, delfstoffenwinning in combinatie met het realiseren van de ecologische hoofdstructuur. Ontwikkelingen die een grote invloed hebben op het beheer van de rivier in relatie met een duurzame bescherming tegen hoogwater. Immers de waterstand tijdens een hoogwater op de rivier is mede afhankelijk van de stromingsweerstand van de in de uiterwaarden aanwezige vegetatie.

Het berekenen van de stromingsweerstand van vegetatie is nogal complex. Ten eerste is de fysica complex en maakt het moeilijk om de stromingsweerstand te vertalen in een wiskundige formulering voor modelberekeningen. Ten tweede is er een grote diversiteit aan vegetatietypen en –structuren, die zich lastig laat uniformeren tot standaardwaarden.

Om deze reden zijn er verschillende manieren in omloop om de stromingsweerstand van vegetatie te bepalen die niet altijd toegesneden zijn op de Nederlandse situatie. Daarnaast komen uit onderzoek nieuwe inzichten naar voren, die nieuwe berekeningsmethoden doen ontstaan of aanpassing van bestaande methoden vragen.

In de bescherming tegen hoogwater spelen hydraulische modelberekeningen een grote rol. Zo wordt om de 5 jaar de waterstand bepaald waarmee wordt getoetst of de bandijken voldoende veiligheid tegen overstroming bieden. Voor het toestaan van een nieuwe inrichting van een uiterwaard of van een natuurgericht beheer is een vergunning vereist op grond van de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken. Aan de beoordeling van deze veranderingen van de uiterwaard liggen modelberekeningen naar de hydraulische effecten ten grondslag. De uitkomsten van de berekeningen zijn dus van cruciaal belang voor het toestaan of afkeuren van ontwikkelingen in het riviersysteem. Voor een objectieve en reproduceerbare rivierkundige beoordeling is dan ook een eenduidige bepaling van de stromingsweerstand van vegetatie van groot belang.

Om te komen tot een goede, eenduidige en onderbouwde methode om de stromingsweerstand van vegetatie in de uiterwaarden te bepalen heeft de dir. Oost-Nederland het RIZA verzocht om de in gebruik zijnde methode te evalueren en zonodig te verbeteren. Hiertoe zijn laboratorium experimenten uitgevoerd, studies uitgevoerd, vegetatiebeschrijvingen gemaakt en veldstudies in de uiterwaarden gedaan. Tevens is de internationale literatuur bestudeerd. De eerste voorlopige resultaten zijn

voor commentaar verspreid onder potentiële gebruikers. Dit heeft geleid tot het rapport "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden".

In het achtergronddocument is aangegeven op welke wijze de vegetatie de stroming belemmert, hoe de opstuwing van de waterstand wordt berekend en hoe de oriëntatie in de stroming daarbij een rol speelt. Er is gebruik gemaakt van bestaande, nieuwste, inzichten op het gebied van de hydraulica. Een belangrijk aandeel heeft het modelonderzoek in een laboratoriumgoot naar de effecten van overstromde vegetatie geleverd. Dit onderzoek is in de voorbereidingsfase van het opstellen van het handboek uitgevoerd (Meijer, 1998a).

Het grootste deel van dit rapport gaat over de vegetatie in de uiterwaarden. Hoe de vele plantensoorten (begroeiingsvormen) die in de uiterwaarden voorkomen kunnen worden geclusterd, gebaseerd op de kenmerken die de stromingsweerstand bepaalt. Het leidt tot een dertigtal vegetatiestructuurtypen. Vervolgens is de grootte van de belangrijke kenmerken bepaald aan de hand van de beschikbare informatie, o.a. uit recente veldmetingen.

Het (natuur)beheer speelt daarin een belangrijke rol en zal in een afzonderlijk hoofdstuk worden uiteengezet. Als aanvulling is tot slot een blik in de toekomst geworpen door aan te geven waar vegetatieontwikkeling (successie) op lange termijn op uit kan komen en wat dat betekent voor de stromingsweerstand.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de verschillende ruwheidsformuleringen beschreven die in het handboek zijn toegepast. Veel van de informatie in dit hoofdstuk komt uit voorbereidende buro- en laboratoriumstudies.

In hoofdstuk 3 is beschreven welke vegetatiestructuurtypen in het handboek zijn onderscheiden en wat de, voor de weerstand belangrijke, structureigenschappen zijn van deze structuurtypen.

Tegenwoordig wordt veel gewerkt met ecotopen (landschappelijk homogene eenheden waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse). In hoofdstuk 4 is in tabellen aangegeven welke van de in hoofdstuk 3 onderscheiden vegetatiestructuurtypen in de betreffende ecotoop kunnen voorkomen.

Hoofdstuk 5 is een hoofdstuk dat achtergrondinformatie geeft over begrazing en successie. Er is geen directe link met deel I, maar de informatie heeft meegespeeld in de overwegingen die hebben geleid tot de keuze van de vegetatiestructuurtypen in het handboek.

2 Ruwheidsformuleringen

2.1 Inleiding

De meeste ruwheidsformuleringen die bij waterbewegingsvraagstukken worden gebruikt, geven relaties tussen de gemiddelde snelheid van het water en de "aandrijvende" grootheden waterdiepte en verhang. De basis van deze formuleringen ligt weer bij een relatie tussen de gemiddelde snelheid en de schuifspanning aan de bodem. Is de bodem ruw dan zal bij dezelfde gemiddelde snelheid een hogere schuifspanning worden gevonden. De meest gebruikte formuleringen van deze soort zijn de formuleringen van :

Chézy (vooral in Nederland)
Manning (vooral in Angelsaksische landen)
Strickler (vooral in Duitstalige landen)

In par. 2.2 worden deze formuleringen beschreven.

In geval van vegetatie is er meestal nauwelijks sprake van bodemschuifspanning maar van stromingsdruk (Engels:drag) op stengels en bladeren. In de formuleringen voor de stromingsweerstand wordt deze stromingsdruk omgezet in een bodemruwheid. In par 2.3 is dit beschreven.

2.2 Ruwheidsformuleringen algemeen

Een van de meest gebruikte weerstandsformules is de formule van Chézy. Deze wordt standaard in het handboek gebruikt.

$$u=C\sqrt{Ri} \quad (1)$$

| | | | |
|---|---|---------------------|-----------------------|
| u | = | gemiddelde snelheid | [m/s] |
| R | = | hydraulische straal | [m] |
| i | = | energieverhang | [-] |
| C | = | Chézy coëfficiënt | [m ^{1/2} /s] |

De Chézy coëfficiënt is een maat voor de hydraulische ruwheid. Hoe groter de coëfficiënt hoe kleiner de weerstand.

In de Angelsaksische landen is de formule van Manning meer gebruikelijk

$$u=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}i^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

| | | | |
|---|---|---------------------|------------------------|
| n | = | Manning coëfficiënt | [m ^{-1/3} /s] |
|---|---|---------------------|------------------------|

Strickler maakt gebruik van dezelfde formule als Manning alleen gebruikt hij voor $1/n$ de term k_s .

In Nederland wordt in het algemeen gebruik gemaakt van de formule van Chézy, de weerstandscoefficienten van Manning en Strickler zijn eenvoudig naar de Chézy coefficient om te schrijven:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \quad \text{voor Manning, en} \quad (3)$$

$$C = R^{1/6} k_s \quad \text{voor Strickler} \quad (4)$$

Om een verband te vinden tussen de ruwheid van het bodemoppervlak en de Chézy coefficient voerde Nikuradse proeven uit waarbij hij leidingen met glaskorrels beplakte en de Chézy coefficient bepaalde uit metingen. De diameter van de glaskorrel werd k_n (Nikuradse zandruwheid) genoemd. Het is een rekengrootheid die nog steeds wordt gebruikt om allerlei soorten ruwheid te classificeren. De Chézy coefficient kan met een gegeven k_n waarde worden bepaald met de vergelijking van White Colebrook:

$$C = 18 \log \frac{12R}{k_n} \quad (5)$$

| | | |
|-------|-------------------------|-----------------------|
| C | = Chézy coefficient | [m ^{1/2} /s] |
| R | = Hydraulische straal | [m] |
| k_n | = Nikuradse zandruwheid | [m] |

Bovenstaande formule is in principe alleen geldig voor $7,5 < R/k_n < 250$

Voor omrekening van de Manning coefficient n naar de Nikuradse zandruwheid k_n geldt bij grove benadering (voor $70 > C > 40$):

$$k_n = (25n)^6$$

In de literatuur zijn vele tabellen beschikbaar (bijvoorbeeld: Ven te Chow, 1973) die de ruwheid van een gegeven oppervlak koppelt aan een ruwheidscoefficient n (in geval van Manning), k_s (in geval van Strickler), of k_n (in geval van Chézy/ White Colebrook).

De Nikuradse zandruwheid heeft, in geval van vegetatie, vaak waarden die niet meer te rijmen zijn met de glaskorrel experimenten van Nikuradse. Voor vegetatie worden soms k_n waarden gevonden $> 20m$. Voor vegetatie is gebruik van de k_n waarde niet logisch. De k_n waarde moet dan ook uitsluitend gezien worden als een waarde die nodig is om de goede Chézy-waarde te vinden bij gebruik van de formule van White Colebrook.

2.3 Ruwheidsformuleringen voor vegetatie

2.3.1 Typering

Bij het beschrijven van de weerstand van vegetatie worden twee categorieën onderscheiden:

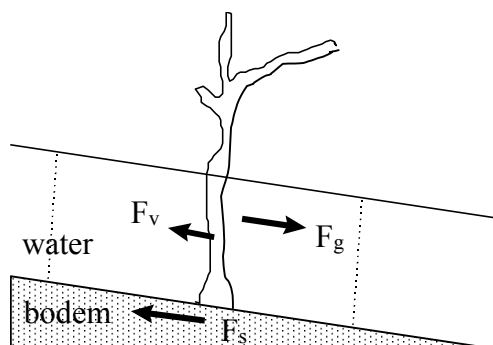
1. doorstroomde vegetatie: vegetatiehoogte \geq waterhoogte
2. overstroomde vegetatie: vegetatiehoogte $<$ waterhoogte

Dit onderscheid is nodig voor de benaderingswijze van de fysica. In de eerste categorie is de waterdiepte kleiner of gelijk aan de vegetatiehoogte. De vegetatie wordt doorstroomd, in de hele waterkolom is er sprake van door vegetatie uitgeoefende krachten op het water. In categorie 2 wordt de vegetatie deels doorstroomd deels overstroomd, dit leidt tot een aanzienlijk complexere fysica dan in de situatie waar de vegetatie uitsluitend doorstroomd wordt.

2.3.2 Doorstroomde vegetatie

Naar analogie met Klaassen en van de Zwaard (1974) en zoals later Petryk en Bosmajian (1975) hebben gedaan kan de basisvergelijking voor doorstroomde vegetatie worden afgeleid uit een krachtenbalans. In figuur 1 staan de krachten afgebeeld die een rol spelen indien een willekeurig element in stromend water wordt geplaatst.

.....
Figuur 1 Krachtenevenwicht



In de veronderstelling dat er uniforme stromingscondities optreden, moet gelden:

$$F_g - F_v - F_s = 0 \quad (6)$$

- F_g = kracht als gevolg van de zwaartekrachtcomponent in stroomrichting
 F_v = kracht door de vegetatie uitgeoefend op het water
 F_s = kracht door de bodem uitgeoefend op het water (bodemschuifspanning)

- Kracht door de vegetatie uitgeoefend op het water

Stromend water ondervindt door stroming om een tak, stam of ander vegetatie-element een kracht (eng: drag force). Op een willekeurig element, in stromend water geplaatst, werkt een kracht volgens:

$$F = \frac{1}{2} \rho A u_0^2 C_d \quad (7)$$

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| F | = kracht door vegetatie op water uitgeoefend (dragforce) | [N] |
| ρ | = dichtheid water | [kg/m ³] |
| A | = aangestroomd oppervlak van het element | [m ²] |
| u_0 | = ongestoorde stroomsnelheid | [m/s] |
| C_d | = weerstandscoëfficiënt (eng: drag coëfficiënt) | [-] |

Vegetatie kan worden opgevat als een grote verzameling afzonderlijke elementen in de stroming en daarom mag verwacht worden dat formule 7 ook geldig is voor vegetatie. Het aangestroomd oppervlak A wordt dan gevormd door de som van alle afzonderlijke aangestroomde oppervlakken (takken, stam, blad) van de vegetatie.

Naarmate de vegetatie dichter wordt kunnen de stammen(takken) elkaar onderling gaan beïnvloeden. Men spreekt dan van schaduwwerking (Li en Shen,1973). Sokolov (Meursing,1995) leidde op basis van veld- en laboratoriummetingen af dat indien de verhouding tussen de afstand van de elementen en de diameter van de elementen groter is dan 30 er geen merkbare invloed van de schaduwwerking optreedt.

In praktijk zal bij relatief dichte vegetatie, zoals struwelen, riet etc. schaduwwerking optreden. In laboratoriumexperimenten (Meijer, 1998) met dicht op elkaar staande stalen staven en riet, geplaatst in een versprongen patroon, was de invloed van schaduwwerking niet merkbaar. Omdat in de natuur stammen (takken) in het algemeen in een versprongen patroon staan, wordt geen rekening gehouden met schaduwwerking en wordt met een gemiddelde weerstandscoëfficiënt C_d gewerkt zonder reductiefactor voor schaduwwerking.

- Weerstandscoëfficiënt C_d

In Duitse handboeken (BWK [1997], DVWK [1991]) worden als grenzen van de C_d -waarde 0.6 en 2.4 opgegeven. In deze handboeken wordt aangeraden met een C_d -waarde van 1.5 te rekenen.

In van Urk (1983) wordt aanbevolen de te gebruiken C_d -waarde te verhogen van 1.52, gebaseerd op modelproeven (van de Zwaard,1970), naar 1.65. Dit is aanbevolen om het effect van vertakking boven de stam in rekening te brengen. Er werd verondersteld dat het aangestroomde oppervlak ten gevolge van vertakkingen toe zou nemen. In den Ouden (1993) is, uit een uitgebreide inventarisatie van oibossen, dit effect niet zo duidelijk gebleken. Daarom wordt aanbevolen om voor bossen en struwelen, overeenkomstig de Duitse aanbeveling, te rekenen met een C_d -waarde van 1.5. Anders ligt het voor vegetatie met een meer platte vorm (grassen) of vegetatie die weliswaar een ronde vorm heeft maar waar blad- of halmresten een rol spelen. Op basis van modelonderzoek met natuurlijk Riet (Meijer, 1998b) wordt voor deze categorie een C_d waarde aanbevolen van 1,8.

- Representatieve Chézy coëfficiënt

De formule voor de kracht op water (7) kan in de krachtenbalans (6) worden gesubstitueerd (van Velzen, 2000) .

Met:

$$F_g = -\rho \cdot g \cdot \frac{u^2}{C_r^2 \cdot h}$$

$$F_s = \rho \cdot g \cdot \frac{u^2}{C_b^2 \cdot h}$$

$$F_v = 1/2 \cdot \rho \cdot C_d \cdot u^2 \cdot A_r$$

De uitdrukking die dan verkregen wordt kan worden herschreven in een vorm die gelijk is aan de formule van Chézy. Voor de representatieve Chézy coëfficiënt wordt dan gevonden:

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{A_r \cdot h \cdot C_d}{2g} + \frac{1}{C_b^2}}} \quad (8)$$

met :

| | | |
|----------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|
| u | = gemiddelde snelheid | [m/s] |
| C _r | = representatieve Chézy coëfficiënt | [m ^{1/2} /s] |
| C _b | = Chézy coëfficiënt van de bodem | [m ^{1/2} /s] |
| C _d | = weerstandcoëfficiënt | [-] |
| A _r | = representatief aangestroomd oppervlak vegetatie | [m ² /m ² /m'] |
| h | = waterdiepte | [m] |
| g | = zwaartekrachtsversnelling | [m/s ²] |

Hierin is C_b gedefinieerd als :

$$C_b = 18 \log\left(\frac{12h}{k_b}\right) \quad (9)$$

met:

| | | |
|----------------|--------------------------------------|-----|
| k _b | = Nikuradse zandruwheid van de bodem | [m] |
|----------------|--------------------------------------|-----|

en A_r is gedefinieerd als :

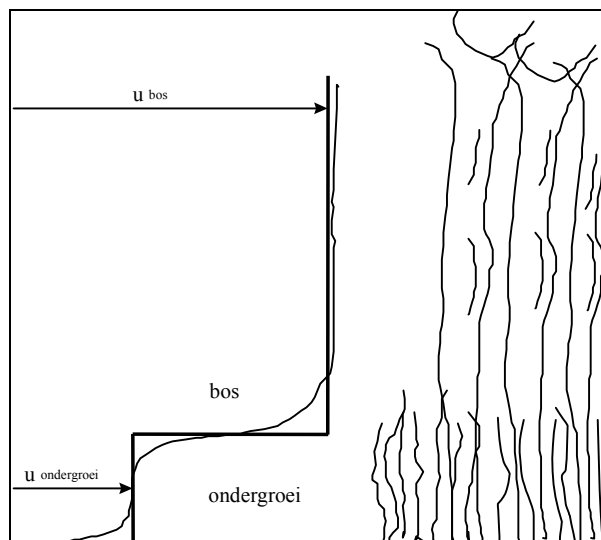
$$A_r = \frac{\int_0^h A_v dz}{h} \quad (10)$$

waarin

| | | |
|----------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|
| A _v | = aangestroomd oppervlak vegetatie op hoogte z | [m ² /m ² /m] |
|----------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|

In sommige gevallen (bijv. ooibos) is er sprake van een vegetatie met ondergroei. In onderstaande figuur is een principeschets gegeven. De snelheid in het bos (u_{bos}) heeft een constant verloop (indien geen bos aanwezig is verloopt het snelheidsprofiel logaritmisch). In de zone met de ondergroei zal de snelheid (u_{ondergroei}) sterk reduceren.

Figuur 2 Stroomsnelheidsprofiel bij ondergroei



In principe is voor de weerstand van ondergroei vergelijking 8 van toepassing, waarbij, in het geval van ondergroei, de A_r van het bos en de A_r van ondergroei (resp. A_{rb} en A_{ro}) opgeteld dienen te worden. De coëfficiënt (C_b) die de ruwheid van de bodem in rekening brengt, is in dat geval meestal niet relevant en kan worden verwaarloosd.

In het geval dat de waterdiepte < hoogte ondergroei wordt voor de representatieve Chézy coëfficiënt gevonden:

$$C_r = \sqrt{\frac{2 \cdot g}{(A_{ro} + A_{rb}) \cdot h \cdot C_d}} \quad (11)$$

en in het geval dat de waterdiepte \geq hoogte ondergroei:

$$C_r = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot g}{(A_{ro} + A_{rb}) \cdot C_d} \cdot k_0} + \sqrt{\frac{2 \cdot g}{A_{rb} \cdot C_d} \cdot (h - k_0)}}{h \cdot \sqrt{h}} \quad (12)$$

met:

- k_0 = hoogte ondergroei [m]
- A_{rb} = representatief aangestroomd oppervlak opgaande vegetatie [$m^2/m^2/m$]
- A_{ro} = representatief aangestroomd oppervlak ondergroei [$m^2/m^2/m$]

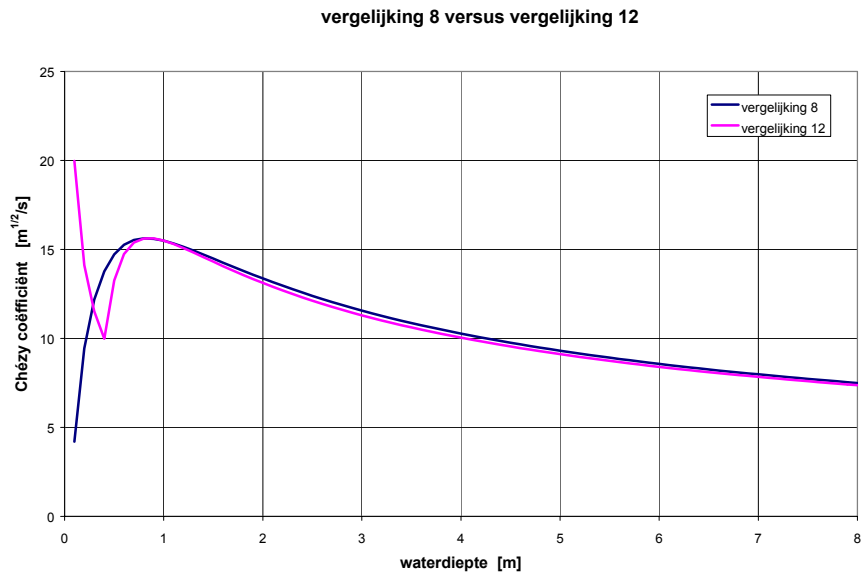
In (van Velzen, 2000) wordt vergelijking 12 aanbevolen. De resultaten blijken echter nagenoeg gelijk aan vergelijking 8. Vergelijking 8 heeft het voordeel dat zeer dicht bij de bodem een betere weergave van de Chézy coëfficiënt wordt gevonden. Bij vergelijking 12 wordt de Chezy waarde extreem groot als de waterdiepte naar 0 nadert, een gevolg van het niet meenemen van de bodemruwheid. Daarom heeft toepassing van vergelijking 8 de voorkeur.

In figuur 3 is voor zacht houtooibos vergelijking 8 en vergelijking 12 met elkaar vergeleken. Voor de ondergroei zijn de volgende karakteristieken gebruikt:

Vergelijking 8 : $k_b = 0.7 \text{ m}$

Vergelijking 12 : $k_0 = 0.4 \text{ m}$ en $A_{ro} = 0.3 \text{ m}^2/\text{m}^2/\text{m}$

.....
Figuur 3 Vergelijking 8 versus
 vergelijking 12



Op grond van een simulatie met vergelijking 8, met de in van Velzen (2000) genoemde experimenten, worden de volgende Nikuradse k-waarden voor de bodem aanbevolen:

Zachthoutoibos: $k_b = 0.6 \text{ m}$
 Hardhoutoibos: $k_b = 0.6 \text{ m}$
 Productiebos $k_b = 0.3 \text{ m}$

Op de grootte van het aangestroomd oppervlak A_r van de verschillende vegetatiestructuurtypen wordt in hoofdstuk 3 teruggekomen.

2.3.3 Overstroomde vegetatie

2.3.3.1 Inleiding

Overstroomde vegetatie is aanzienlijk complexer dan doorstroomde vegetatie. Dit komt omdat de uitwisseling van impuls tussen de vegetatielaag en de daarboven gelegen waterlaag goed moet worden beschreven. Daarnaast speelt de flexibiliteit van overstroomde vegetatie een rol. Door doorbuiging onder stromingsdruk reduceert de hoogte van de vegetatie en daarmee de ruwheid.

Als voorbereiding op het handboek zijn een aantal model- en burostudies uitgevoerd (Klaassen et al., 1999; Stolker & Verhey, 2000; Meyer, 1997; Meyer, 1998a,b).

Door Klopstra et al. (1996) is een analytische formulering voor de waterbeweging afgeleid, gebaseerd op het krachterevenwicht van overstroomde vegetatie. De hieruit volgende niet lineaire differentiaalvergelijking is analytisch opgelost. Dit resulteerde in een complexe formule (door RIZA aangepast zie bijlage 1).

In Klaassen et al. (1999) en Stolker & Verhey (2000) zijn verschillende andere benaderingen onderzocht. De door Klopstra et al. afgeleide formulering levert de hoogste correlatiecoëfficiënt op bij vergelijking van

gemeten en berekende Chézy coëfficiënten van verschillende laboratorium- en veldexperimenten. Verder blijkt dat onder Nederlandse (winter)omstandigheden doorbuiging van vegetatie nauwelijks een rol speelt. De hydraulische belasting is meestal onvoldoende om de vegetatiehoogte substantieel te verlagen (Klaassen et al., 1999).

2.3.3.2 Formulering overstromde vegetatie

Door Klopstra et al. (1996) is een analytische oplossing gegeven voor de stroming in geval van overstromde vegetatie. De gevonden formulering is, met enige aanpassingen, in bijlage 1 weergegeven. De formule heeft een inregelparameter (α) die een maat is voor de turbulente viscositeit. Het probleem is dat deze parameter vegetatie-afhankelijk is.

De α -waarde is in het laboratorium gekalibreerd aan de hand van een serie gootexperimenten. Deze gootexperimenten bestonden uit een serie proeven waarin stalen staven als vegetatie-elementen werden beschouwd (Meyer, 1997). De dichtheid en de hoogte van de stalen staven werd in de experimenten gevarieerd. Tot slot heeft er een verificatie plaats gevonden met riet.

Voor de inregelparameter α werd door Meijer (1998a en 1998b) de volgende functie gevonden:

$$\alpha = 0.0144 \sqrt{h \cdot k} \quad \text{voor stalen staven} \quad (13)$$

en

$$\alpha = 0.0104 \sqrt{h \cdot k} \quad \text{voor riet} \quad (14)$$

h = waterdiepte
k = vegetatiehoogte

Deze vergelijkingen zijn niet fysisch onderbouwd. Ze zijn gevonden als "best fit" uit een groot aantal functies.

De analytische oplossing voor overstromde vegetatie is tevens getoetst aan een grotere dataset waarin naast de gegevens van bovengenoemde gootexperimenten ook andere in de literatuur genoemde experimenten zijn opgenomen. Daarbij is gebruik gemaakt van de volgende experimenten:

Tabel 1 Experimenten overstromde vegetatie

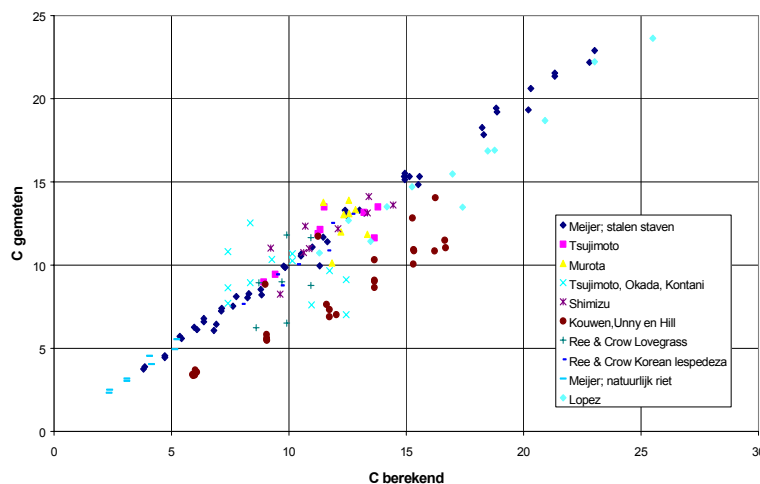
| Auteur | Jaar publicatie | Aantal experimenten | "type vegetatie" |
|---------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|
| Tsujimoto & Kitamura | 1990 | 8 | bamboe staafjes |
| Tsujimoto, Okada, Kontani | 1993 | 12 | nylon cilinders |
| Murota et al. | 1984 | 8 | kunststof strips |
| Shimizu & Tsujimoto | 1994 | 9 | kunststof cilinders |
| Kouwen, Unny en Hill | 1969 | 27 | kunststof strips |
| Ree & Crow | 1977 | 14 | Love grass & Korean Lespedeza |
| Meijer | 1998 | 56 | stalen staven & riet |
| Lopez & Garcia | 2001 | 12 | houten pennen |

Bij gebruik van alle experimenten (figuur 2) wordt bij toepassing van de vorm van (13) en (14) de beste correlatie gevonden met:

$$\alpha = 0.015 \sqrt{h \cdot k} \quad \text{alle experimenten} \quad (R^2 = 0.84) \quad (15)$$

R = correlatiecoëfficiënt

Figuur 4 Vergelijking berekening – metingen formulering overstromde vegetatie



De resultaten zijn goed te noemen. Alleen de experimenten van Kouwen worden slecht gesimuleerd. Wellicht heeft dat te maken met het gebruik van relatief brede kunststof strips bij deze experimenten.

Kanttekeningen bij de formulering voor overstromde vegetatie

De turbulente viscositeitsterm ligt ten grondslag aan de gepresenteerde formule van Klopstra et al. (bijlage 1). Deze viscositeitsterm is hier gedefinieerd als :

$$\varepsilon = \rho \cdot \alpha \cdot u \cdot (z) \quad (16)$$

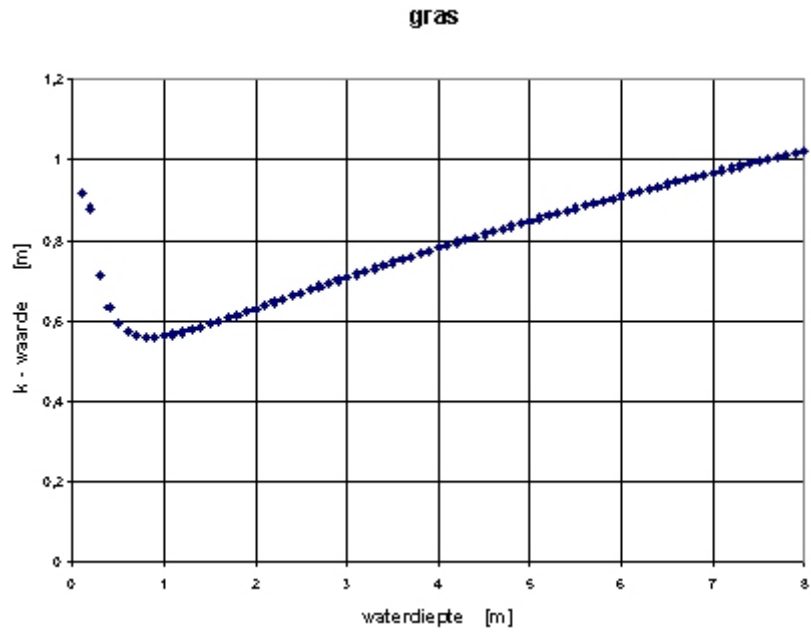
Proefondervindelijk is vastgesteld dat de beste fit wordt verkregen met de vergelijking :

$$\alpha = 0.015 \sqrt{h \cdot k} \quad (17)$$

Grotere α betekent meer weerstand. Het is vreemd dat h en k in deze vorm in de formule voorkomen. Toepassing van (15) voor bijvoorbeeld gras met een hoogte van 0.10 m laat zien dat de ruwheid toe blijft nemen met toenemende waterdiepte (figuur 5).

Uit metingen is bekend dat de Nikuradse k-waarde voor dit soort lage vegetatie bij toenemende waterdiepte een constante waarde zal naderen.

.....
Figuur 5 k-waarde voor 0.10 m hoog
 gras; vergelijking (15)

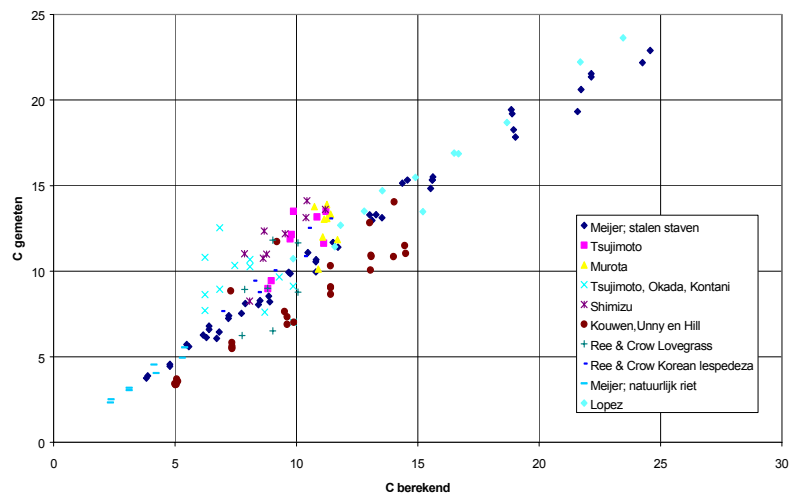


Waarschijnlijk is het toepassingsgebied van de formulering voor α van Klopstra et al. begrensd zowel in de waterdiepte als in de vegetatie-hoogte. Omdat we in Nederland in het algemeen met aanzienlijk grotere waterdiepten te maken hebben dan de waterdiepten die gebruikt zijn in de experimenten (tabel 1) en omdat de formule van overstroomde vegetatie bij voorkeur toegepast moet worden in de hele range van vegetatiehoogten (dus ook voor gras), wordt een machtsfunctie van de vegetatiehoogte k gebruikt om de α -waarde te beschrijven (zie ook: Klaassen et.al. 1999).

$$\alpha = 0.0227 \cdot k^{0.70} \quad (18)$$

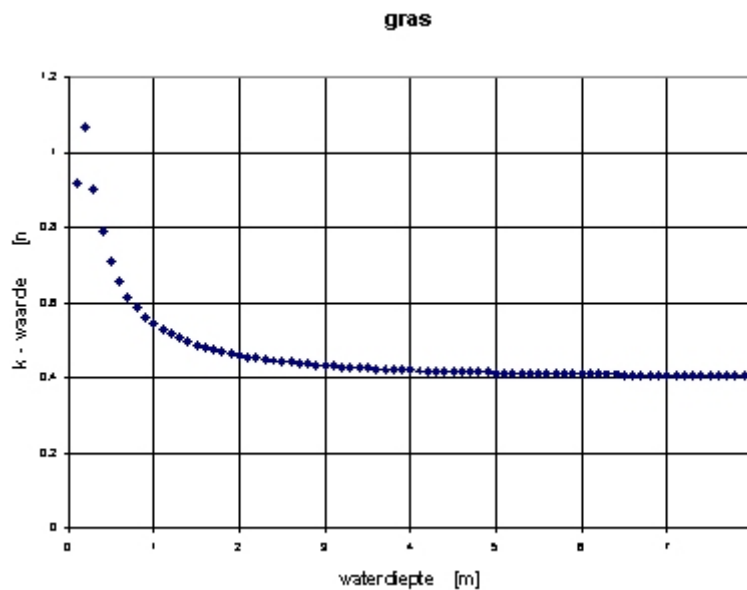
Deze formulering is gevonden als de "best fit" ($R^2 = 0,866$) bij toepassing op de in tabel 1 genoemde experimenten (zie figuur 7).

.....
Figuur 6 Vergelijking berekening –
 metingen formulering HKV
 $\alpha=0.0227 \cdot k^{0.70}$



Dit levert nu voor gras van 0.10 m hoogte de volgende grafiek op.

Figuur 7 k-waarde voor 0.10m hoog gras; vergelijking 16



De machtsfuctie $\alpha = 0.0227 \cdot k^{0.70}$ heeft voor de gehele dataset een iets hogere correlatiecoëfficiënt (0.86 versus 0.84) dan de formulering

$$\alpha = 0.015 \sqrt{h \cdot k}$$

In het handboek wordt voor α de machtsfunctie volgens vgl.18 gebruikt omdat:

- Een betere aansluiting wordt verkregen van de formulering voor lagere vegetatie hoogten.
- verwacht wordt dat $\alpha = 0.015 \sqrt{h \cdot k}$ maar een beperkt geldigheidsgebied heeft in h en k. In de Nederlandse omstandigheden zijn de waterdiepten aanzienlijk groter dan in de experimenten van tabel 1 en de vegetatiehoogten vaak kleiner.

Een belangrijk voordeel van het gebruik van de machtsfunctie is dat het nu mogelijk is voor alle overstroomde vegetaties, van gras tot riet, met dezelfde formulering te rekenen. Hierbij wordt opgemerkt dat vegetatie vaak een meer lagen structuur heeft, een dichte onderlaag en een bovenlaag met in het algemeen wat ijlere hoge vegetatie. De gebruikte formulering heeft moeite met zeer ijle vegetatie. In geval van twee lagen structuur is de bovenlaag als maatgevend verondersteld voor de weerstand. Alleen in geval van zeer ijle vegetatie is de onderlaag maatgevend verondersteld voor de weerstand. In dat geval is zowel de dichtheid als de hoogte van de onderlaag enigszins aangepast om het effect van de ijle vegetatie in rekening te brengen.

Voor kleine waterdiepten ($h < k$), met name dicht bij de bodem, worden met de formule van Klopstra et al. onrealistische Chézywaarden gevonden. Dit is opgelost door voor $h \leq k$ de formule voor doorstroomde vegetatie (8) te gebruiken. Om aansluitproblemen te voorkomen is in de formule van Klopstra et al. voor $h > k$ de karakteristieke stroomsnelheid in de vegetatielaag u_{s0} uitgedrukt als:

$$u_{s0} = \sqrt{\frac{k \cdot i}{\frac{A_r \cdot k \cdot C_d}{2g} + \frac{1}{C_b^2}}}$$

Door deze aanpassing blijkt de formule ook meer realistische waarden op te leveren voor ijlere vegetatie.

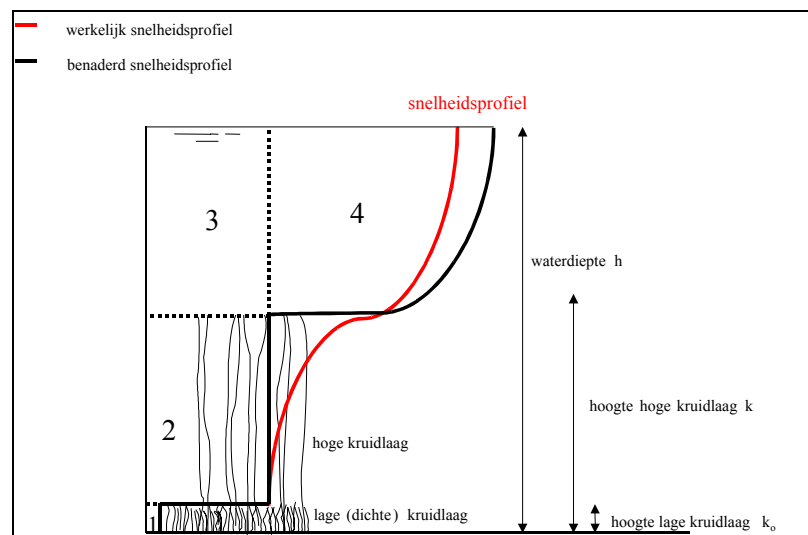
2.3.3.3 Benadering voor de formulering van Klopstra et al.

De in de voorgaande paragraaf gepresenteerde basisformulering voor overstromde vegetatie heeft als nadeel dat hij tamelijk ondoorzichtig is. De Chézy coëfficiënten zijn daarom eigenlijk alleen met een computerprogramma te berekenen. In deze paragraaf wordt daarom ook een benadering gepresenteerd die met een eenvoudige rekenmachine is te berekenen.

Benadering:

De benadering wordt gegeven voor de situatie waarin een hoge en een lage kruidlaag zijn te onderscheiden (zie figuur 8).

Figuur 8 Definitie schets benadering



Het snelheidsprofiel wordt geschematiseerd met constante snelheden in de vegetatielagen en een logaritmischesnelheidsprofiel in de waterlaag.

De gemiddelde snelheid in de vegetatielaag wordt in analogie met de basisformulering voor doorstroomde vegetatie berekend met:

$$u_v = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_d \cdot m \cdot D}}$$

De gemiddelde snelheid in de waterlaag wordt berekend met:

$$u_w = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_d \cdot m \cdot D}} + C_v \cdot \sqrt{(h - k) \cdot i} \quad (17)$$

waarin:

$$C_v = 18 \cdot \log \frac{12 * (h - k)}{k_v} \quad (18)$$

Het debiet (1+2+3+4) kan nu worden berekend met:

$$q = k_o \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_{do} \cdot m_o \cdot D_o}} + (k - k_o) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_d \cdot m \cdot D}} + (h - k) \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_d \cdot m \cdot D}} + C_v \cdot \sqrt{(h - k) \cdot i} \right] \quad (19)$$

met:

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------|-----------------------|
| C_v | = Chézy coëfficiënt gerelateerd aan top vegetatie | [m ^{1/2} /s] |
| C_d | = weerstandscoefficiënt (drag) hoge kruidlaag | [-] |
| C_{do} | = weerstandscoefficiënt (drag) lage kruidlaag | [-] |
| D | = gemiddelde diameter stengel hoge kruidlaag | [m] |
| D_o | = gemiddelde diameter stengel lage kruidlaag | [m] |
| h | = waterdiepte | [m] |
| k_v | = representatieve Nikuradse zandruwheid voor top vegetatie | [m] |
| k | = gemiddelde hoogte hoge kruidlaag | [m] |
| k_o | = gemiddelde hoogte lage kruidlaag | [m] |
| m_r | = gemiddeld aantal stengels hoge kruidlaag | [1/m ²] |
| m_{or} | = gemiddeld aantal stengels lage kruidlaag | [1/m ²] |
| u_v | = gemiddelde snelheid in vegetatielaag | [m/s] |
| u_w | = gemiddelde snelheid in waterlaag | [m/s] |
| i | = verhang | [-] |

De representatieve Chézy coëfficiënt kan dan worden berekend met:

$$C_r = \frac{q}{h \sqrt{h \cdot i}}$$

en met (19) wordt gevonden:

$$C_r = \frac{k_o \sqrt{\frac{2 \cdot g}{C_{do} \cdot m_o \cdot D_o}} + (k - k_o) \sqrt{\frac{2 \cdot g}{C_d \cdot m \cdot D}} + (h - k) \cdot \left[\sqrt{\frac{2 \cdot g}{C_d \cdot m \cdot D}} + C_v \cdot \sqrt{(h - k)} \right]}{h \sqrt{h}} \quad (20)$$

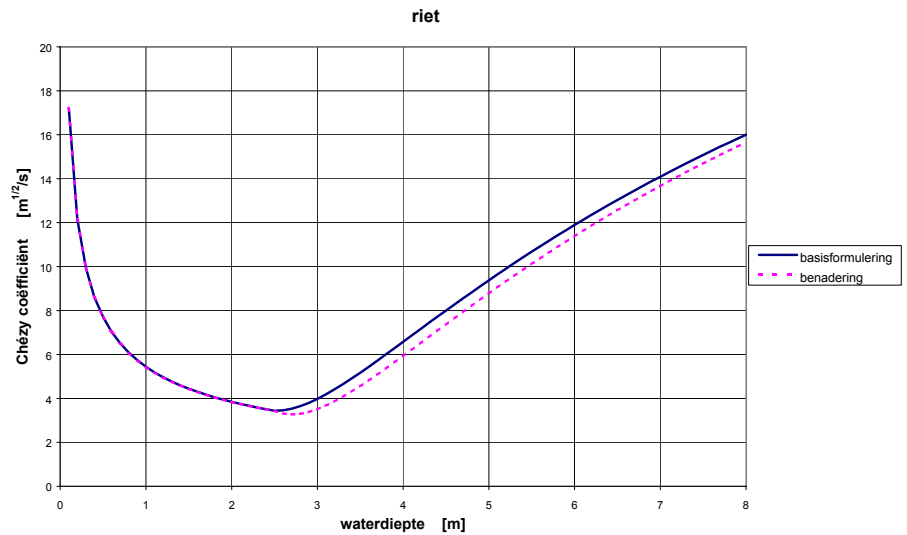
Voor de representatieve k-waarde van de top van de vegetatie k_v wordt in analogie met α in de voorgaande paragraaf een gefitte machtsfunctie gekozen:

$$k_v = 1.6 k^{0.7} \quad (21)$$

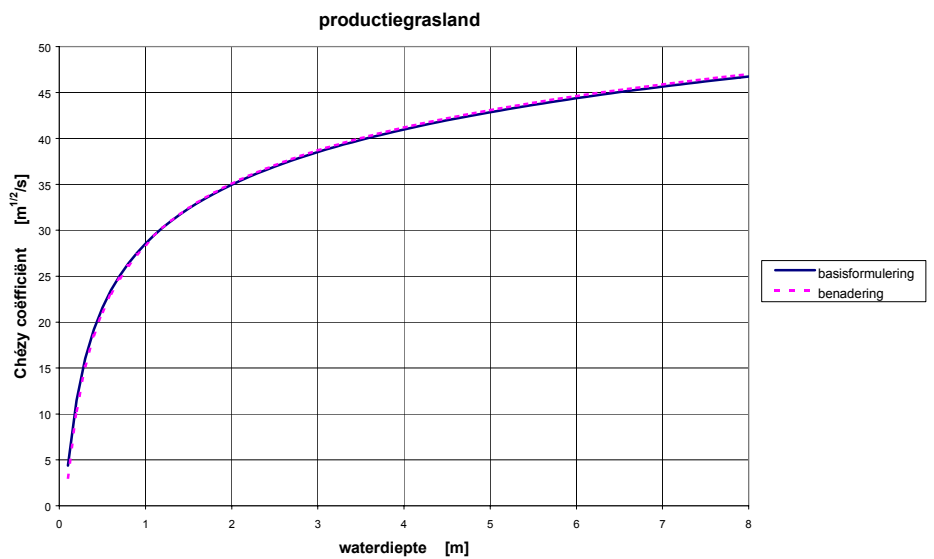
Met deze functie wordt, gemiddeld over het hele bereik van de vegetatiehoogten en de waterdiepten, de in voorgaande berekening

gepresenteerde analytische oplossing voor overstroomde vegetatie, redelijk tot goed benaderd. In Figuur 9 en Figuur 10 worden grafieken gepresenteerd, voor resp. riet en productiegrasland, die een idee geven van de mate waarin de benaderingsformule de analytische formule benadert. In beide gevallen is de Chezy-coëfficiënt uitgezet.

.....
Figuur 9 Benadering voor riet



.....
Figuur 10 Benadering productiegrasland



2.4 Combinaties van vegetatiestructuurtypen

2.4.1 Inleiding

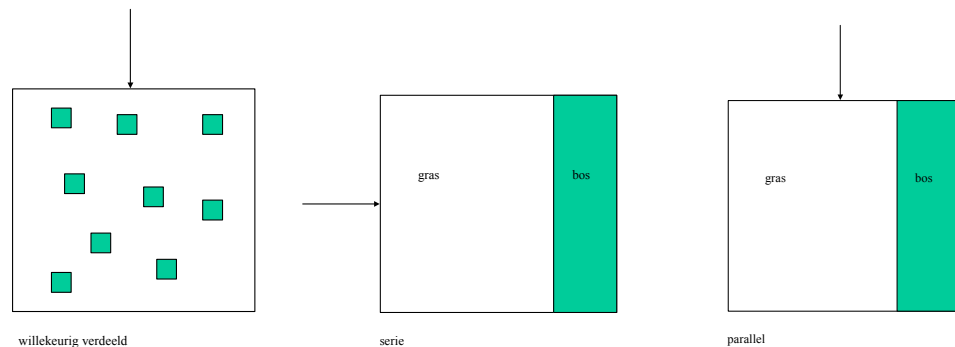
In Nederlandse uiterwaarden komen nog weinig grote aaneengesloten gebieden met oobos voor. Vaak zien we, in de hoofdzakelijk met gras begroeide uiterwaarden, verspreid voorkomende struiken/bomen of patronen met boomgroepen die min of meer willekeurig in het landschap voorkomen. Het is vaak niet efficiënt om deze boomgroepen, in 2D riviermodellen, in detail te schematiseren. Er is behoefte aan een methode die specifiek voor deze "mozaiek landschappen" de stromingsweerstand beschrijft. De hier voorgestelde methode is gebaseerd op een studie beschreven in van Velzen & Klaassen (1999)

2.4.2 Methode

In van Velzen&Klaassen (1999) zijn diverse patronen doorgerekend met het 2D waterbewegingsmodel WAQUA. Er zijn 6 situaties onderzocht

- Patroon 1: 25 willekeurig geplaatste percelen bos
- Patroon 2: 11 willekeurig geplaatste percelen bos
- Patroon 3: 5 willekeurig geplaatste percelen bos
- Patroon 4: 1 omstroemd bos perceel
- Parallel: parallelle strook evenwijdig aan stroomrichting
- Serie: strook dwars op stroomrichting

.....
Figuur 11 Plaatsingspatronen



Voor serie en parallel zijn de volgende vergelijkingen op te stellen van Velzen&Klaassen (1999):

parallel:

$$C_p = \sum_i x_i \cdot C_i \quad (22)$$

serie:

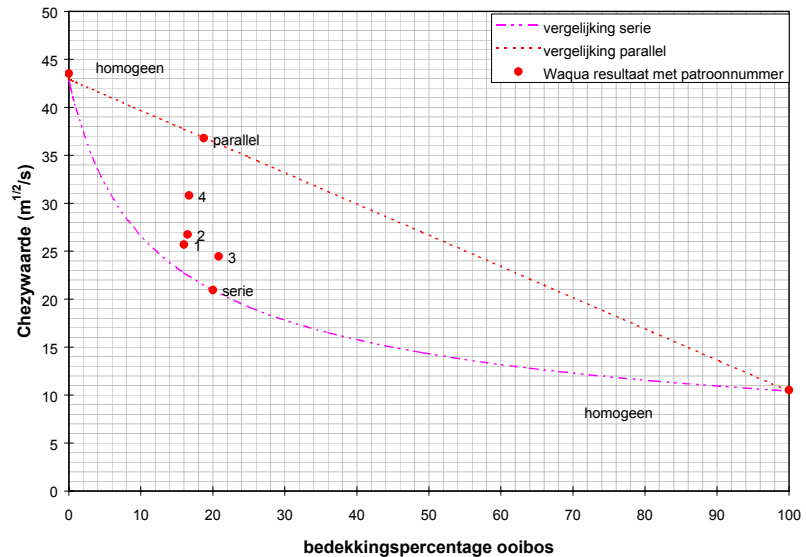
$$C_s = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{x_i}{C_i^2}}} \quad (23)$$

met:

| | | |
|-------|------------------------------------|-----------------------|
| x_i | = oppervlakte aandeel vegetatie i | [-] |
| C_i | = Chézywaarde vegetatie i | [m ^{1/2} /s] |
| C_p | = Chézywaarde bij parallel patroon | [m ^{1/2} /s] |
| C_s | = Chézywaarde bij serie patroon | [m ^{1/2} /s] |

De resultaten van de WAQUA berekeningen en de lijnen die met de vergelijking voor parallelle stroming en seriestroming kan worden berekend zijn voor de combinatie zachthoutoibos en gras in figuur 12 weergegeven.

Figuur 12 Invloed plaatsingspatronen combinatie gras met zachthoutoibos



In van Velzen & Klaassen (1999) wordt aanbevolen om voor combinaties van begroeiingen de methode van "oppervlakte-gewogen" k-waarde toe te passen:

$$k_c = \sum_i x_i \cdot k_i \quad (24)$$

met :

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| k_c | = Nikuradse k-waarde voor combinatie van verschillende structuurtypen | [m] |
| k_i | = Nikuradse k-waarde vegetatie i | [m] |
| x_i | = oppervlakte aandeel vegetatie i | [-] |

Voor oibos of struweel in combinatie met gras is dit inderdaad een redelijke benadering, echter in WL/Delft Hydraulics (2001) wordt opgemerkt dat die aanpak tot overschatting van de ruwheid kan leiden bij bepaalde vegetatiecombinaties. Om dit te voorkomen wordt de volgende aanpak gevolgd:

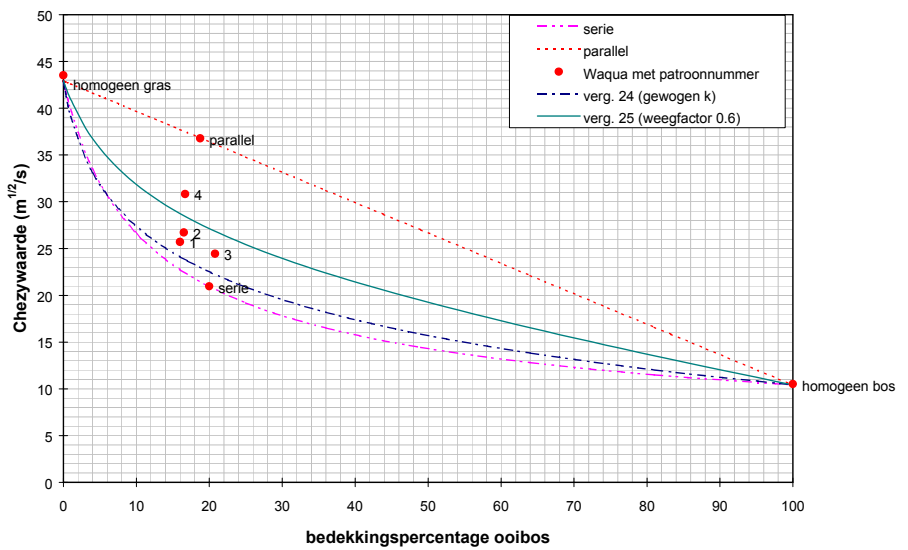
$$C_{re} = \phi \cdot C_s - (1 - \phi) \cdot C_p \quad (25)$$

waarin:

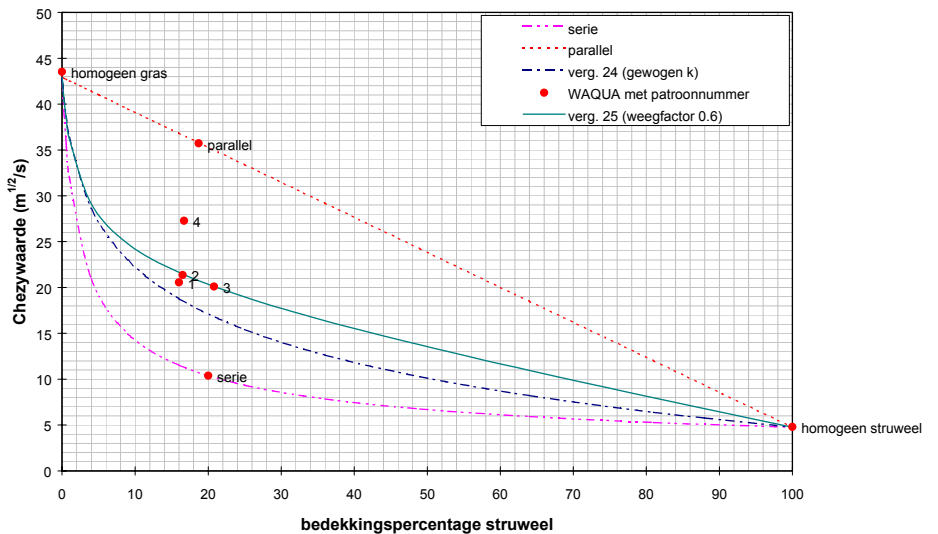
| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| C_{rc} | = representatieve Chézy coëfficiënt voor combinatie van verschillende structuurtypen | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_s | = Chézy coëfficiënt bij serie patroon | $[m^{1/2}/s]$ |
| C_p | = Chézy coëfficiënt bij parallel patroon | $[m^{1/2}/s]$ |
| ϕ | = weegfactor | $[-]$ |

In figuur 11 en figuur 12 zijn de lijnen weergegeven die zijn berekend met de vergelijkingen 24 (gewogen k-waarde) en 25 (gewogen serie/parallel). Voor de weegfactor is een zodanige waarde gekozen dat de, met vergelijking 25 berekende lijn, gemiddeld zo goed mogelijk door de met WAQUA berekende punten gaat voor de verschillende patronen (1,2,3 en 4). Een weegfactor 0 levert de lijn op bij parallelle plaatsing en een weegfactor 1 levert de lijn op bij serieplaatsing. Weegfactor 0.6 gaat gemiddeld het beste door de met WAQUA berekende patronen.

Figuur 13 Invloed plaatsingspatronen vgl. 24 resp 25 gras/oobos



Figuur 14 Invloed plaatsingspatronen gras met struweel



Verspreid voorkomende struiken en bomen in grasland verhogen in grote mate de stromingsweerstand. Reeds bij kleine bedekkingspercentages van

de struiken en bomen neemt de weerstand sterk toe. De invloed van het plaatsingspatroon op de stromingsweerstand is groot. Bij gras en bos met een bedekkingspercentage van 20% varieert de C-waarde tussen de 36 en 21 m^{1/2}/s. voor een parallelle plaatsing, resp. serie-georiënteerde plaatsing. De weerstand bij parallelle plaatsing ligt nog dicht bij de weerstand bij een bedekkingspercentage van 0%, terwijl de weerstand van een serie-georiënteerde plaatsing in de richting gaat van een weerstand bij een bedekkingspercentage van 100%. Voor gras met struweel is het beeld hetzelfde.

In het handboek zal geen rekening gehouden worden met de grote invloed van plaatsing van de bomen en struiken ten opzichte van de stroomrichting. Er is gekozen voor een Chézy coëfficiënt die gemiddeld het dichtst in de buurt ligt van de meeste plaatsingspatronen $\phi = 0.6$.

2.4.3 Verspreid voorkomende bomen

In voorgaande is steeds gesproken over patronen oobos of struweel. Wat echter ook regelmatig voorkomt zijn verspreid voorkomende bomen die individueel worden aangestroomd. Hiervoor is de vergelijking voor de seriële aanstroming toepasbaar. In principe komt dit neer op gebruik van vergelijking (8).

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{A_r \cdot h \cdot C_d}{2g} + \frac{1}{C_b^2}}} \quad (8)$$

Voor A_r dient het gemiddelde aangestroomde oppervlak van de individuele bomen te worden genomen. Dit kan worden benaderd door:

$$A_r = \frac{n \cdot D}{A_{\text{gebied}}} \quad (26)$$

met:

| | | |
|---------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| n | = aantal bomen in beschouwd gebied | [-] |
| D | = gemiddelde representatieve stamdiameter | [m] |
| A_{gebied} | = oppervlakte beschouwd gebied | [m ²] |

2.5 Lijnbeplanting

2.5.1 Inleiding

Lijnbeplanting komt in het rivierengebied veelvuldig voor. Bijvoorbeeld laanbeplanting (bomenrijen) of hagen (bijv. meidoorn).

In van Velzen (2000) zijn de, nu in het waterbewegingsmodel WAQUA gebruikte, formuleringen voor laanbeplanting aan een kritische beschouwing onderworpen en zijn aanbevelingen gedaan om de formuleringen te verbeteren. Voor heggen is hetzelfde gedaan (van Velzen, 2001). De formuleringen in het handboek zijn op deze beide werkdocumenten gebaseerd.

2.5.2 Laanbeplanting

In van Velzen (2000) is de vergelijking afgeleid die kan worden toegepast om de weerstand van laanbeplanting te berekenen. De methode berust, evenals bij doorstroomde vegetatie, op het krachterevenwicht:

$$F_{\text{totaal}} = F_{\text{basis}} + F_{\text{laan}} \quad (27)$$

Waarbij onder de F_{basis} wordt verstaan de kracht die door de vegetatie in de directe omgeving van de laan (vaak gras) wordt uitgeoefend op het water. Met:

$$F_{\text{laan}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot C_d \cdot D \cdot h \cdot N \quad \text{boomhoogte} \geq \text{waterdiepte} \quad (28)$$

$$F_{\text{laan}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot u^2 \cdot C_d \cdot D \cdot k \cdot N \quad \text{boomhoogte} < \text{waterdiepte} \quad (29)$$

Afgeleid kan worden:

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{C_{\text{basis}}^2} + \frac{C_d \cdot D \cdot h \cdot N}{2 \cdot g \cdot OR}}} \quad \text{boomhoogte} \geq \text{waterdiepte} \quad (30)$$

en

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{C_{\text{basis}}^2} + \frac{C_d \cdot D \cdot k \cdot N}{2 \cdot g \cdot OR}}} \quad \text{boomhoogte} < \text{waterdiepte} \quad (31)$$

met:

| | | |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| C_{basis} | = Chézy coëfficiënt basisvegetatie | [m ^{1/2} /s] |
| C_d | = weerstandscoëfficiënt (drag) | [-] |
| D | = representatieve diameter stam | [m] |
| k | = hoogte van de boom | [m] |
| h | = waterdiepte | [m] |
| N | = aantal bomen op beschouwde oppervlakte (vaak roostercel) | [-] |
| OR | = beschouwde oppervlakte (roostercel) | [m ²] |
| C_r | = representatieve Chézy waarde basisvegetatie + laanbeplanting | [m ^{1/2} /s] |

De invloed van naast elkaar staande bomen op de stromingsweerstand wordt mede bepaald door het stroompatroon rondom een individuele boom. Deze invloed komt tot uiting in de effectieve weerstandscoëfficiënt (C_d waarde).

Met een aantal aannamen voor dit stromingspatroon is (van Velzen, 2000) onderzocht of het dichter op elkaar plaatsen van de bomen invloed heeft

op de effectieve Cd-coëfficiënt. Dit blijkt niet of slechts marginaal het geval te zijn. Voor laanbeplanting kan met Cd=1.5 worden gerekend.

Het effect van de ligging van laanbeplanting op een kade of verhoogde weg is met behulp van de impulsvergelijking onderzocht. In principe wordt de opstuwing als gevolg van de laanbeplanting aanzienlijk groter. Deze opstuwing is echter vaak klein (<10%) ten opzichte van de opstuwing door de kade zelf. Het effect van de ligging van laanbeplanting op een kade of verhoogde weg kan eenvoudig in de formulering worden meegenomen met een correctiefactor op de weerstandscoëfficiënt (Cd waarde).

$$C_d \text{ effectief} = C_d \cdot \left(\frac{h}{h-d} \right)^2 \quad (32)$$

waarin:

h = bovenstroomse waterdiepte [m]
d = kadehoogte [m]

Voor struiken als laanbeplanting kan dezelfde methode als voor bomen, maar met andere vegetatiekarakteristieken, worden toegepast.

Een bomenlaan of andere laanbeplanting zal ook schuin aangestroomd kunnen worden. In vergelijking (30) of vergelijking (31) is niet de richting van de stroming ten opzichte van de richting van de laanbeplanting meegenomen. In principe is dit ook niet nodig indien de Chézy coëfficiënt met vergelijking (30) of (31) wordt berekend in de richting van de stroming (in het 2D waterbewegingsmodel WAQUA is wel een aanpassing nodig omdat daar de Chézy coëfficiënt in een u en een v richting wordt bepaald). Bij extreem schuine of evenwijdige aanstroming is er echter wel effect. Bomen komen dan in elkaars stroomschaduw te staan. Uit proeven (Li & Shen, 1973) bleek dat bij recht achter elkaar geplaatste bomen de C_d coëfficiënt afhankelijk is van de verhouding tussen de diameter van de boom en de onderlinge boomafstand (D/a). Bij D/a = 0.1, reduceert C_d van 1.2 naar 0.7 en bij een D/a = 0.2 zelfs een reductie van 1.2 naar 0.45. Deze reductie verdwijnt echter weer snel als de bomen niet meer precies recht achter elkaar in de stroomrichting staan. Om deze reden wordt in het handboek geen rekening gehouden met schuine aanstroming van laanbeplanting.

2.5.3 Heggen

Door v/d Zwaard (1970) en Klaassen (1971) zijn modelproeven uitgevoerd om de weerstand van heggen te bepalen. Klaassen (1976) beschreef de weerstand van heggen als een combinatie van een (onvolkomen) overlaat en een doorstroomd vegetatie-element.

In van Velzen (2003) is de stromingsweerstand van een heg ook beschreven. Hierbij is gebruik gemaakt van de ideeën beschreven in Klaassen (1996). Alleen is de hegdoorstroming anders geformuleerd, en sluit daardoor beter aan op de methodiek van het handboek.

Ook hier wordt de heg opgevat als een combinatie van een (onvolkomen) overlaat en een doorstroomd vegetatie-element.

Voor de stroomsnelheid door de zone met vegetatie kan worden afgeleid (van Velzen, 2000):

$$u = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{A_v \cdot C_d}} \quad (33)$$

met:

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| A_v | = aangestroomd oppervlak vegetatie per m' hoogte en per m ² grondoppervlak | [1/m] |
| i | = verhang | [-] |
| C_d | = weerstandscoefficiënt (drag) | [-] |
| g | = versnelling van de zwaartekracht | [m/s ²] |

nu geldt:

$$i = \frac{\Delta h}{B}$$

$$A_v = \frac{A_h}{B}$$

met:

| | | |
|------------|-----------------------------------------|-------|
| A_h | = aangestroomd oppervlak per m' hoogte | [m/m] |
| Δh | = verval over de heg | [m] |
| B | = "diepte" van de heg in stroomrichting | [m] |

Gesubstitueerd in 33 levert dat:

$$u = \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h}{C_d \cdot A_h}} \quad (34)$$

Met (34) kan het debiet (m²/s) door de heg (q_1) worden berekend en het debiet (m²/s) over de heg als (onvolkomen) overlaatstroming q_2 (Klaassen 1976, Klaassen & van Urk 1985):

$$q_1 = k \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h}{C_d \cdot A_h}} \quad (35)$$

$$q_2 = m_0 \cdot (h - k) \cdot \sqrt{2g \cdot \left(\Delta h + \frac{u^2}{2g}\right)} \quad (36)$$

Indien de heghoogte (k) kleiner is dan de waterdiepte dient in vergelijking 35 : $k=h$ ingevuld te worden

Vergelijking (36) is gebaseerd op de vergelijking van de snelheid over een onvolkomen overlaat

$$u_2 = m_o \cdot \sqrt{2g \cdot \left(\Delta h + \frac{u^2}{2g}\right)} \quad (37)$$

Als Δh naar 0 nadert moet u_2 naar u naderen. In dit geval nadert u_2 naar $m_o \cdot u$. Daarom wordt gebruik gemaakt van de volgende formulering voor u :

$$u_2 = \sqrt{m_o^2 \cdot 2g \cdot \Delta h + u^2} \quad (38)$$

Nu kan u worden uitgedrukt in u_2 :

$$u = \frac{h-k}{h} \cdot u_2 \quad (39)$$

ingevuld in 37 levert dit:

$$u_2 = \sqrt{\frac{m_o^2 \cdot 2g \cdot \Delta h}{1 - \left(\frac{h-k}{h}\right)^2}} \quad (40)$$

en voor het debiet:

$$q_2 = (h-k) \cdot m_o \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta h}{1 - \left(\frac{h-k}{h}\right)^2}} \quad (41)$$

Voor het totale debiet door de heg kan nu worden geschreven:

$$q_h = \sqrt{2g \cdot \Delta h} \cdot \left[k \cdot \sqrt{\frac{1}{C_d \cdot A_h}} + (h-k) \cdot m_o \cdot \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{h-k}{h}\right)^2}} \right] \quad (42)$$

De Chézy coëfficiënt voor de heg kan worden gevonden met de analogie:

$$q_h = h \cdot C_h \cdot \sqrt{h \cdot \frac{\Delta h}{a}} \quad (43)$$

waarin:

a = onderlinge hegafstand [m]
 (bij 1 heg: lengte waarover het energieverlies van de heg wordt uitgesmeerd)

43 in 42 levert:

$$C_h = \sqrt{\frac{2g \cdot a}{h}} \cdot \left[\frac{k}{h} \cdot \sqrt{\frac{1}{C_d \cdot A_h}} + m_o \cdot \sqrt{\frac{\left(\frac{h-k}{h}\right)^2}{1 - \left(\frac{h-k}{h}\right)^2}} \right] \quad (44)$$

En voor de combinatie van de stromingsweerstand van de heg met gras geldt weer:

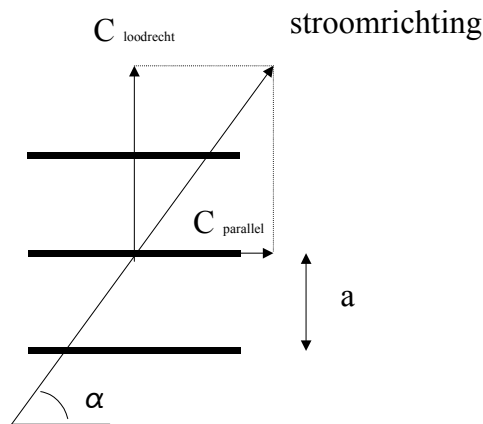
$$\frac{1}{C_r^2} = \frac{1}{C_g^2} + \frac{1}{C_h^2} \quad (45)$$

voor $h < k$ dient in (44) $h = k$ ingevuld te worden.

Voor de waarden van de parameters A_h en k wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Schuine aanstroming van heggen

Figuur 15 Definitie schets schuine aanstroming



Bij schuine aanstroming van de heg kan de Chézy coëfficiënt worden ontbonden in een Chézy coëfficiënt loodrecht op de heg ($C_{\text{loodrecht}}$) en een Chézy coëfficiënt parallel aan de heg (C_{parallel}). De Chézy waarde loodrecht op de heg kan worden berekend met de vergelijkingen (44) en (45). De Chézy coëfficiënt parallel aan de heg is gelijk aan die van de basisvegetatie in de omgeving van de heg, dus C_g in de situatie dat de basisvegetatie wordt gevormd door gras. Bovenstaande is gebaseerd op de methode "lijnelementen" in het 2D waterbewegingsmodel WAQUA. We moeten ons beseffen dat in werkelijkheid bij parallelle stroming wel degelijk extra weerstand ontstaat door de heg. De weerstand zal echter aanzienlijk kleiner zijn dan bij loodrechte aanstroming.

2.6 De bodemweerstand van waterbodems

Als waterbodems worden hier verstaan:

- meestromende nevengeulen
- strangen (niet of eenzijdig aangetakt)
- diepe plassen
- ondiepe plassen
- slikkige oever
- havens

Tot nu toe werd voor deze waterbodems, in het 2D waterbewegingsmodel WAQUA, een vaste Nikuradse k-waarde van 0.25 m gebruikt. Deze k-waarde lijkt onder de meeste omstandigheden vrij hoog.

De bodemruwheid wordt door een aantal omgevingsfactoren bepaald:

- bodemsamenstelling: slib of zand
- reliëf van de bodem (bodenvormen)
- waterdiepte
- stroomsnelheid

Verder wordt verondersteld dat de diepte van de waterlopen zo groot is dat waterplanten niet voor komen of in de winterperiode afgestorven zijn.

In onderstaand overzicht zijn kentallen gegeven voor bovenstaande omgevingsfactoren onder hoogwateromstandigheden:

Tabel 2 Kentallen voor bodemweerstand waterbodem

| Type open water | bodemsamenstelling | waterdiepte [m] | stroomsnelheid [m/s] |
|------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|
| meestromende nevengeul | fijn zand D50 400-600µm | 5-8 | 0.5-1.5 |
| strang | slib/fijn zand | 3-6 | 0.3-1 |
| diepe plas | slib | 10-20 | 0-0.3 |
| ondiepe plas (kleiput) | slib | 3-8 | 0.1-0.7 |
| slikkige oever | slib/fijn zand | 3-6 | 0.5-1 |
| haven | slib | 6-10 | 0.1-0.3 |

Om de ruwheid te bepalen wordt onderscheid gemaakt in een slibbodem en een zandbodem.

Ruwheid van slibbodems

Van Nikuradse k-waarden voor slibbodems is weinig bekend. De meeste informatie is nog te vinden in de literatuur over estuaria.

De volgende bronnen geven de volgende waarden:

Tabel 3 Ruwheid slibbodems

| bron | materiaal | Nikuradse k-waarde [mm] |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Soulsby (1995). | $Z_0=0.2\text{mm}$ | $k= 6.5$ |
| Whitehouse, Bassoullet et al. (1988) | Pure slibbodem; $z_0=0.2\text{mm}$ Slib/zand bodem; $z_0=0.7\text{mm}$ Fijn zand; $z_0=6\text{mm}$ | $k = 6.5$ $k = 22.4$ $k = 192$ |
| Winterwerp (1999) | C slibbodems : tussen 60 en 110 $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ (fluid mud). | Geschat: $k = 45-0.1$ |
| Van der Ham (1999) Houwing (2000) | omgerekend C ongeveer 70 $\text{m}^{1/2}/\text{s}$ $Z_0=0.2\text{mm}$ | Geschat : $k = 15$ $k = 6.5$ |

In het algemeen kan men stellen dat slibbodems glad zijn. Een k-waarde van 0.25 m zoals nu in WAQUA wordt aangehouden is vergeleken met de in de literatuur genoemde waarden zeer hoog. Aangenomen mag worden dat voor slibbodems aanzienlijk lagere waarden kunnen worden aangehouden. Voor het handboek is gekozen om te werken met een k-waarde van 0.05 m. Hierbij is dan ook rekening gehouden met onnatuurlijke oneffenheden op de bodem

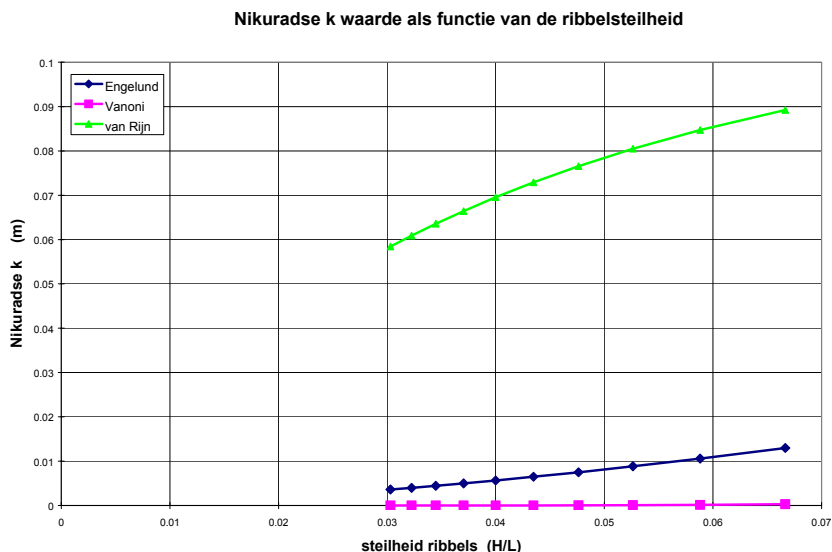
Slibrijke oevers zijn in het algemeen ook glad. Voor de k-waarde van een plas inclusief de oevers wordt 0.05m aangehouden. Indien pioniervegetatie tot ontwikkeling komt op de slibrijke oever wordt verwezen naar het vegetatiestructuurtype pioniervegetatie.

Bodems van (fijn) zand (in bijvoorbeeld nevengeulen) komen voor in situaties waarin de stroomsnelheid zo hoog is dat er geen slib kan bezinken. Bij voldoende grote stroomsnelheid kunnen hier kleine beddingvormen (ribbels) optreden.

Voorspellingen van de ruwheid variëren van de meest eenvoudige vorm $k= 2.5 \cdot \text{hoogte van de ribbel}$ (Raudkivi, 1997) tot de iets ingewikkeldere ruwheidsvoorspellers van bijvoorbeeld Vanoni, van Rijn en Engelund [aangehaald in Julien (2000)].

Grote duinvormen zijn in nevengeulen niet waargenomen. Aangenomen wordt dat de bodemruwheid voornamelijk door de korrelruwheid en de ruwheid ten gevolge van ribbels wordt bepaald. Bij een waterdiepte van 8m is in figuur 14 de k-waarde van de ribbels berekend bij verschillende steilheden van de ribbels met respectievelijk de methoden van Vanoni, Engelund en van Rijn.

Figuur 16 k-waarde als functie van de ribbelsteilheid



De grote verschillen geven aan hoe onzeker ruwheidsvoorspellingen zijn. Onder hoogwateromstandigheden heeft Wilbers (1999) voor de Waal steilheden van ribbels gevonden in de orde 0.04. Indien we veronderstellen dat ribbels in bijv. nevengeulen of strangen niet steiler worden dan ongeveer 0.07, dan worden k-waarden gevonden van max. ca. 0.10 m. Verder zullen in de nevengeulen voorkomende point-bars en platen ook nog een verhogend weerstandseffect hebben.

Bij Gameren zijn debietmetingen verricht in de nevengeul. In een simulatie met een 1D model werd de beste overeenkomst met de afvoermetingen gevonden (bankfull omstandigheden) bij een k-waarde van 0.20m. Gegeven bovenstaande wordt voor nevengeulen een k-waarde aangehouden van 0.20m en voor strangen 0.15m. Voor onbegroeide kribvakstranden en grindplaten wordt een k-waarde van 0.15m aangehouden.

Resumerend worden de volgende k-waarden in het handboek aangehouden voor de verschillende omstandigheden.

Tabel 4 K-waarde van verschillende typen waterbodems

| Waterbodem (inclusief onbegroeide oever) | bodemsamenstelling | k-waarde [m] |
|------------------------------------------|--------------------|--------------|
| nevengeul | fijn zand | 0.20 |
| strang | slib/fijn zand | 0.15 |
| diepe plas/ondiepe plas /slikkige plaat | slib | 0.05 |
| haven | slib | 0.05 |
| kribvakstrand/grindplaat (onbegroeid) | zand/grind | 0.15 |

3 Vegetatie in Nederlandse uiterwaarden

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de verschillende begroeiingsvormen in de Nederlandse uiterwaarden (zie Figuur 17). Afhankelijk van de functie en gebruik zijn deze onder te verdelen in agrarische en natuurlijke typen. De agrarische typen betreffen alle door de mens ingezaaide of aangeplante vormen zoals productiegraslanden, boomgaarden en heggen.

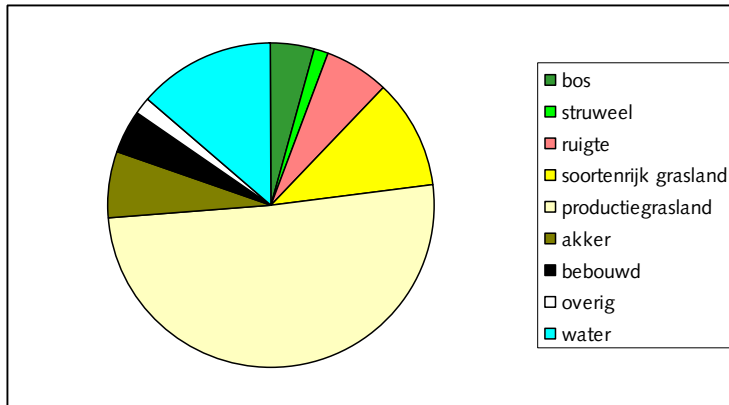
Figuur 17 Verschillende vegetaties in de Duursche Waarden (situatie okt 2001) Links productiegrasland en rechts akkerdistelruigte en wilgenstruweel (P. Jesse).



3.2 Indeling in vegetatiestructuurtypen in uiterwaarden

In de huidige situatie omvat het aandeel cultuurvegetaties (vooral productiegraslanden) meer dan de helft van het winterbed (zie Figuur 18). In plannen als Ruimte voor de Rivieren en De Maaswerken (Middelkoop, 1998) wordt steeds meer aandacht gevraagd voor de ontwikkeling van natuurlijke vegetaties. Dit zullen over het algemeen hogere en daarmee hydraulisch ruwere vegetaties betreffen dan de nu aanwezige productiegraslanden. Vooral het aandeel aan ruigtevegetaties zal toenemen. Deze groep heeft een grote variatie aan verschijningsvormen, zoals moerassige ruigten, Riet en droge ruigten met akkerdistels. Op kale vochtige gronden zullen zich ook verschillende soorten wilgen vestigen. Dit kan leiden tot ongewenste opstuwing tijdens hoogwaterperioden en vandaar dat er in natuurgebieden vaak grote grazers worden ingezet om de vegetatieontwikkeling te beheersen. Deze grazers kunnen de ontwikkeling van struwelen beperken maar kunnen ook de hoogte en dichtheden van andere vegetaties beïnvloeden.

Figuur 18 Aandeel van de verschillende vegetatiestructuurtypen in het winterbed van de Rijntakken. (situatie 1997, gebaseerd op Jansen & Backx, 1998)



Het ontstaan van grote oppervlakten aan 'nieuwe' vegetaties langs de Nederlandse rivieren betekent ook vernieuwde aandacht voor vegetatie bij hydraulische modellering (bijvoorbeeld ten behoeve van hoogwatervoorspelling) en in het verlengde daarvan bij vergunningverlening in het kader van de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken (WBR). Hiervoor is het wenselijk een vegetatie-indeling op te stellen die ook rekening houdt met de natuurlijke begroeiingsvormen van het rivierengebied. Als basis voor deze indeling zou uitgegaan kunnen worden van bestaande indelingen op basis van:

- soorten
- plantengemeenschappen
- ecotopen

Een indeling op basis van, de in het Rijntakgebied voorkomende soorten vormt in wezen de basis voor alle indelingen. In een steekproef van FLORON bestaande uit 147 kilometerhokken langs de Rijntakken zijn 773 soorten aangetroffen (Ode en Beringen, 1999). Het is ondoenlijk om van al deze soorten de weerstandsbepalende kenmerken zoals hoogte en dichtheid, te beschrijven. Vanuit het oogpunt van weerstand is het ook niet zinvol. Veel soorten zoals bijvoorbeeld de grassen hebben eenzelfde verschijningsvorm (habitus). Belangrijker is echter dat veel soorten gezamenlijk voorkomen. De hydraulische weerstand wordt dan ook niet bepaald door één individuele soort maar door de combinatie van soorten die op een bepaald oppervlak aanwezig zijn. Een uitzondering hierop vormen de moerasvegetaties waarbij ook in natuurlijke omstandigheden één soort, bijvoorbeeld Riet, over een groot oppervlak kan domineren.

Een plantengemeenschap in concrete zin is een stuk vegetatie met een eigen structuur, een zekere mate van evenwicht inzake floristische samenstelling en het relatieve aandeel van de populaties, groeit op een bepaald type standplaats en is duidelijk afgrensbaar. In de "Plantengemeenschappen van Nederland" worden de in Nederland voorkomende gemeenschappen uitgebreid beschreven op basis van hun ecologische kenmerken (Schaminee et. al., 1995). Het totaal aantal gemeenschappen is echter veel te groot om te beschrijven ten behoeve van weerstandsformuleringen. Hier komt bij dat in de praktijk het aantal overgangsgemeenschappen nog vele malen groter is dan de door Schaminee et. al. (1995) beschreven typen. Niet alle gemeenschappen komen echter voor langs de rivieren en wanneer gekeken wordt naar weerstandskennmerken (hoogte en dichtheid) kunnen de gemeenschappen

eenvoudig op structuurkenmerken worden geclusterd. Vooral in de winter blijven slechts enkele soorten in een gemeenschap bovengronds zichtbaar. De grote variatie in structuur van de gemeenschappen wordt hiermee veel kleiner.

De clustering van de plantengemeenschappen kan op verschillende manieren worden uitgevoerd. Net als bij soorten is er ook bij plantengemeenschappen sprake van een hiërarchie. Het basisniveau heet een 'associatie' het hoogste niveau wordt een 'klasse' genoemd (den Held, 1998). Wanneer sec wordt uitgegaan van een clustering op basis van ecologische kenmerken zou een clustering op basis van deze hiërarchie, bijvoorbeeld een indeling op basis van klassen, een logische keus zijn. Dit betekent echter niet dat de indeling daarmee ook representatief is voor de weerstandskennmerken. Ook kan een dergelijke clustering onrecht doen aan plantengemeenschappen op een lager niveau die in grote oppervlakten aanwezig zijn in het rivierengebied. Tevens zijn de cultuurvegetaties hierbij niet beschreven.

Een geheel andere indeling die op dit moment veel wordt gebruikt bij hydraulische modellering is de 'ecotopen'-indeling. Een ecotoop is hierbij gedefinieerd als een *"ruimtelijk te begrenzen ecologische eenheid waarvan de samenstelling en ontwikkeling wordt bepaald door de abiotische, biotische en antropogene condities ter plaatse"* (Rademakers en Wolfert 1994). Het voordeel van deze indeling is dat ecotopen maakbaar en stuurbaar zijn (Wolfert, 1996). De ecotopen zijn echter ontwikkeld ten behoeve van beleid- en beheerstudies gericht op een geheel watersysteem of meerdere watersystemen (bv. alle Rijntakken) tegelijk. Het schaalniveau, de indelingskenmerken en de onderscheiden eenheden zijn daar op afgestemd. Voor het bepalen van de stromingsweerstand van uiterwaarden wordt gewerkt op veel gedetailleerder schaalniveau (1:5.000). Dit kan tot gevolg hebben dat bijvoorbeeld de hoogte en dichtheid onvoldoende door de ecotopen kan worden weergegeven.

De indeling van de vegetatie in structuurtypen voor de bepaling van de hydraulische weerstand diende aan de volgende criteria te voldoen:

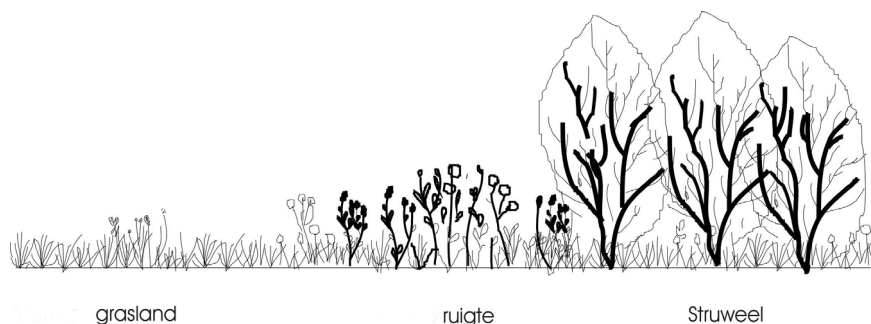
- Zowel natuurlijke als aangeplante begroeiingsvormen
- Kenmerkend voor winteromstandigheden.
- Geringe spreiding aan hoogte
- Geringe spreiding in dichtheid
- Herkenbaar / karteerbaar
- Toepasbaar op schaal 1:5000
- Toepasbaar voor Rijntakken (beheergebied RWS-DON) met koppelmogelijkheden naar Maas en Delta

Naast deze eisen is het belangrijk om bij het opstellen van een indeling rekening te houden met de toepassingen van de indeling. Het belangrijkste hierbij is vanzelfsprekend de toepassing in hydraulische modellen maar hiernaast moet de indeling zo robuust zijn dat het ook inzicht biedt in de verandering van de ruwheid als gevolg van verandering van beheer of (natuurlijke) successie. Ook dient de indeling zo opgezet te zijn dat er een koppeling kan worden gemaakt met andere indelingen zoals de ecotopenkartering en plantengemeenschappen.

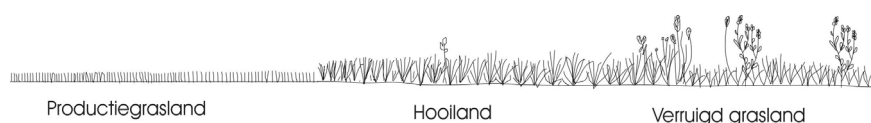
De belangrijkste eis ten aanzien van de indeling van vegetaties voor ruwheidsonderzoek is dat een type representatief moet zijn voor een

bepaalde hoogte en dichtheid. Dit betekent dat de spreiding van deze parameters binnen een type niet al te groot moet zijn. Vooral de meer natuurlijke vegetaties bevatten een vrij grote variatie aan verschijningsvormen. Desondanks zijn ook hierbij een aantal typen te onderscheiden. In figuur 19 worden hiervan in de vorm van een schets een drietal clusters weergegeven (gras, ruigte, struweel). Binnen ieder cluster kunnen weer een aantal subtypen worden onderscheiden zoals in figuur 20 is uitgewerkt voor de graslanden. Hierbij kan in zijn algemeenheid gesteld worden dat de hooilanden en de verruigde graslanden ten opzichte van de productiegraslanden het meest soortenrijk zijn. Bij een verdere verruiging van het grasland zal het type overgaan in ruigte en later mogelijk in struweel en bos.

Figuur 19 Schets van de hoofdingeling van verschillende vegetaties



Figuur 20 Schets van de structuur van verschillende graslanden



Ook voor de moerasvegetatie is een dergelijke aanpak gevolgd waarbij er voor is gezorgd dat er typen worden onderscheiden die homogeen zijn qua hoogte en dichtheid en ook herkenbaar zijn in het veld. In tegenstelling tot de meer drogere vegetaties zijn de moerasvegetaties ook qua soortensamenstelling vrij homogeen. Veelal domineren slechts één of enkele soorten. Wanneer een bepaald type eenzelfde hoogte en dichtheid heeft maar qua ecologische positie sterk verschilt (bv doornstruweel en zachthoutstruweel) is er voor gekozen dit toch te beschouwen als twee afzonderlijke typen.

In tabel 5 worden de in dit handboek onderscheiden structuurtypen weergegeven. In paragraaf 3.3 worden per type, als voorbeeld, een aantal plantengemeenschappen genoemd die tot het type behoren. Hierbij is uitgegaan van de terminologie van de "Vegetatie van Nederland". Om te bepalen welke van de hierin beschreven plantengemeenschappen representatief zijn voor het rivierengebied is gebruik gemaakt van Leemans & de Boer (1997) en van het "vegetatie grote wateren" (CUR, 1999).

Tabel 5 Indeling van de onderscheiden structuurtypen

| Cluster | Structuurtype |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pioniervegetatie | Pioniervegetatie |
| Graslanden | Productiegrasland Natuurlijk gras- en hooiland Verruigd grasland |
| Ruigten | Akkerdistel-Brandnetelruigte Droge ruigte Dauwbraamruigte Harig wilgenroosjeruigte Rietruigte |
| Moerasvegetatie | Natte ruigte Biezen Zegge Rietgras Lisdodde Riet |
| Struwelen | Doornstruweel Zachthoutstruweel Wilgengriend |
| Bossen | Zachthoutoobos Hardhoutoobos Productiebos |
| Overig | Waterbodem Akker Boomgaarden Heggen Laanbeplanting Verspreid voorkomende bomen |

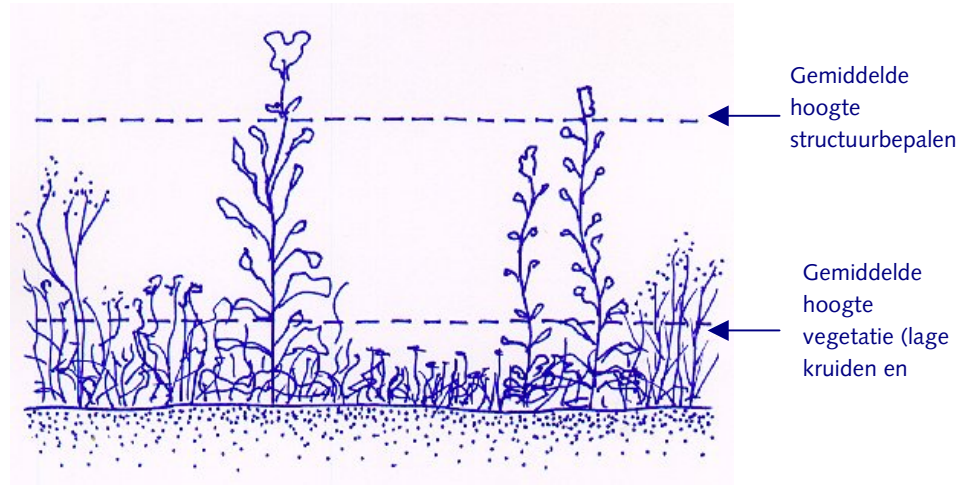
Ten slotte moet worden opgemerkt dat het accent bij de indeling ligt bij de vegetatietypen die voorkomen in het bovenstroomse Nederlandse deel van de Rijn (beheergebied van Rijkswaterstaat Directie Oost Nederland). Met specifieke vegetatietypen van bijvoorbeeld slikken en schorren die voor kunnen komen in het benedenrivierengebied is geen rekening gehouden. De indeling kan er echter wel eenvoudig mee worden uitgebreid.

3.3 Beschrijving van de vegetatiestructuurtypen

3.3.1 Structuur

In veel gevallen kan de structuur van de pionier-, grasland- ruigte- en moerasvegetatie beschreven worden met twee lagen: een onderlaag bestaande uit lage grassen en kruiden die de bodem vrijwel geheel bedekken en een bovenlaag. Deze bovenlaag, ook wel structuurbepalende laag genoemd, bestaat uit enkele kruiden of grassen die relatief hoog worden maar in lage bedekkingen voorkomen (Figuur 21).

Figuur 21 Schematische weergave van de structuur van de vegetatie



Naast de hoogte van deze verschillende kruidlagen is het voor de weerstandsberekeningen noodzakelijk om te beschikken over gegevens over de dichtheid (aantal stengels) en de gemiddelde dikte van de stengels. Om deze gegevens per type te bepalen is gebruik gemaakt van literatuur-, meetgegevens en expertkennis. De literatuur verschaft weinig tot geen gegevens over de structuur van vegetatie in de winter, omdat veelal de zomersituatie in juli/augustus wordt beschreven. Hiervoor zijn in de winter van 2000-2001 verschillende metingen aan vegetatie verricht. De belangrijkste metingen hierbij zijn:

Tabel 6 Uitgevoerd veldonderzoek

| Onderzoek | Vegetatiestructuurtypen | Parameters | Frequentie |
|-----------------|----------------------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Begrazing | Pioniervegetatie, Graslanden en Ruigten | Hoogte Bedekking | maandelijks |
| Moerasvegetatie | Riet, Rietruigte, Rietgras | Hoogte, Dichtheid Diameter | eenmalig |
| Laseraltimetrie | Graslanden, Ruigten, Riet, Struwelen, Bossen | Hoogte, Dichtheid Diameter | eenmalig |

In het kader van het begrazingsonderzoek zijn door het RIZA de afgelopen jaren metingen verricht aan de hoogte en dichtheid van verschillende vegetatietypen in het rivierengebied en wetlands in Nederland (Cornelissen en Vulink 1996, Cornelissen et al. 1995). De metingen die gebruikt zijn voor deze kengetallen van hoogte en dichtheid, betreffen voornamelijk de resultaten van de winter (november-maart) 2000-2001 in de begraasde gebieden in de Afferdensche en Deestsche Uiterwaarden, Stiftse Waarden en Duursche Waarden. Dit geeft geen goed gemiddeld beeld van de situatie in het rivierengebied omdat de rivierdynamiek van jaar tot jaar een grote invloed heeft op de structuur (hoogte en dichtheid) van de vegetatie. Met de aanwezige expertkennis zijn de meetresultaten bijgesteld, waarbij getracht is een gemiddeld beeld te schetsen van de hoogte en bedekking van de vegetatie in uiterwaarden in een winter halfjaar. Per vegetatietype is de hoogte en bedekking van de vegetatie (lage kruiden en grassen) en structuurbepalende soorten gegeven. Het begrazingsonderzoek bood de mogelijkheid om voor de pioniervegetaties, graslanden en de ruigten ook de invloed van begrazing op de stromingsweerstand te bepalen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in drie vormen van "natuurlijk" beheer: onbegraasd, extensief begraasd (0.5-1.0 dier per ha) en intensief begraasd (1-2 dier per ha). In tegenstelling tot agrarisch beheer wat veelal seizoensbegrazing en hogere veedichtheden (>2 dier / ha) betreft, wordt hier uitgegaan van jaarrondbegrazing.

In het kader van het onderzoek "Vergelijking laseraltimetrie en veldmetingen" van het RIZA zijn door de Meetkundige Dienst en de Meetdienst van de Directie Oost Nederland structuurmetingen verricht aan verschillende vegetatietypen. Het doel hiervan was te bepalen of de structuurkenmerken ook met behulp van een lasersignaal konden worden gemonitord (Jesse et al, 2003).

Voor het bepalen van kentallen voor de structuur van vegetatie (aangestroomd oppervlak, vegetatiehoogte) in uiterwaarden wordt uitgegaan van het gemiddelde in de winterperiode (januari t/m maart).

3.3.2 Pioniervegetatie

Het type pioniervegetatie omvat een grote variatie aan plantengemeenschappen die voorkomen in hoogdynamische milieus waardoor regelmatig kale gronden ontstaan die kunnen dienen als kiemingsplaats. Het type omvat zowel pioniergemeenschappen van droge (hooggelegen) als van natte (laaggelegen) gronden. In Tabel 7 worden hier voorbeelden van gegeven.

Tabel 7 Plantengemeenschappen behorende tot de pioniervegetaties

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pioniervegetatie (kruidachtig) | <i>Nat</i> Oeverkruid-orde; Naaldwaterbies Vlotgras-orde: Blauwe Waterereprijs en Waterpeper Tandzaad-klasse: Slijkgroen <i>Droog</i> Vlieszaad orde, Late stekelnoot |

Tot de pioniervegetaties op droge gronden behoort de Vlieszaad-orde. Tot de pioniervegetatie van de natte gronden behoren o.a. de Associatie van Blauwe water ereprijs en Waterpeper en de Slijkgroen-associatie. Deze twee groepen binnen de pioniervegetatie vormen samen één structuurtype, omdat de structuur niet of nauwelijks van elkaar verschilt in de winter.

Figuur 22 Pioniervegetatie. links droge pioniervegetatie in de zomer (bezemkruiskruid), rechts natte pioniervegetatie Cortenoever juni 2003 (P. Jesse)

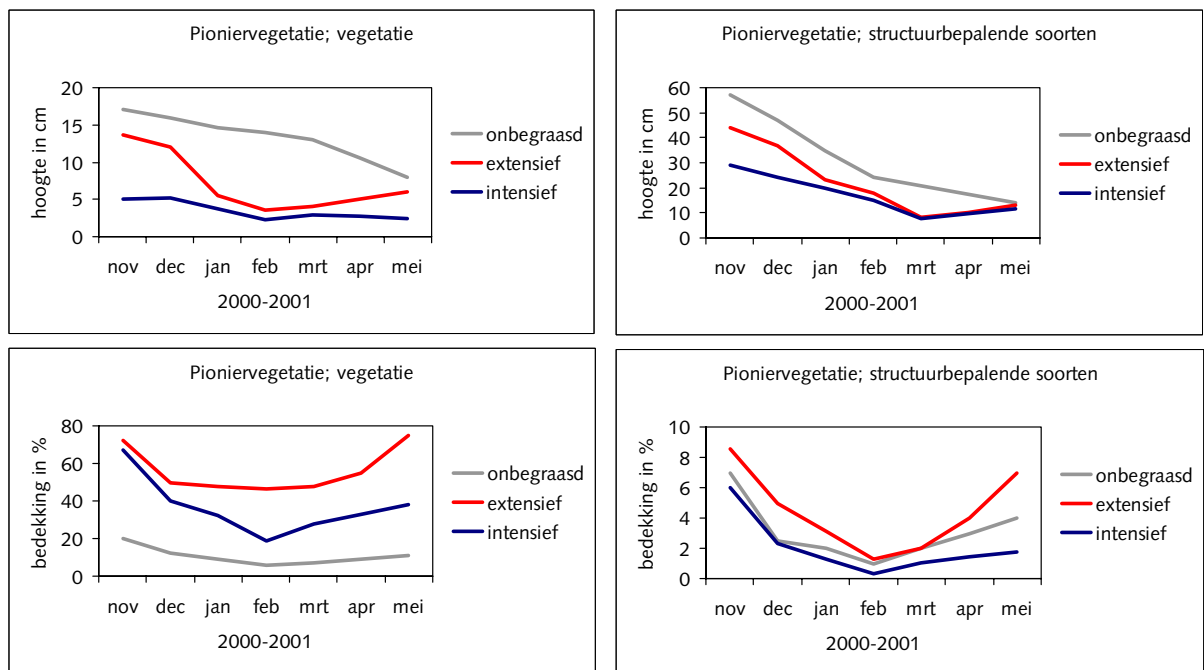


De natte typen worden aangetroffen op allerlei open plekken langs oevers met voldoende aanvoer van voedingsstoffen. 's Winters staan ze langdurig onder water. In de zomer vallen deze plaatsen droog. De vegetatie wordt gekenmerkt door pioniers van droogvallende, vochtige tot natte omstandigheden. Veel voorkomende soorten zijn: Fioringras, Ruw beemdgras, Straatgras, Witte klaver, Moeraskers, Spiesmelde, Liggende ganzerik, Goudzuring, Beklierde duizendknoop, Akkerkers, Reukloze kamille, Canadese fijnstraal en Naaldwaterbies.

De droge typen vestigen zich op kale, sterk doorlatende zandbodems, zoals hoger gelegen delen die zomers droogvallen en lage oeverwallen. Het substraat is humusarm tot humusloos, gewoonlijk neutraal tot basisch, meestal kalkhoudend en matig voedselrijk. De voornaamste soorten zijn Kweek, Heermoes, Akkerdistel, Akkerkers, Vijfvingerkruid, Zilverschoon.

De hoogte van de vegetatie in de winter is weergegeven in Figuur 23. Wat opvalt is dat in de onbegraasde situatie de bedekking lager is dan in de begraasde situatie. Hieruit kan afgeleid worden dat begrazing mogelijk een positief effect op een snelle bedekking van de bodem. De bedekking van mossen (niet meegenomen in de figuren) is overigens in de onbegraasde gebieden veel hoger dan in de begraasde gebieden.

.....
Figuur 23 Gemiddelde hoogte en bedekking van pioniervegetatie



Structuurkenmerken

Voor de bepaling van de hydraulische ruwheid is uitgegaan van de extensief begraasde vorm. Dit is de enige vorm waarin het type langdurig stand kan houden. In de een intensief begraasde situatie ontstaat een type wat qua structuur overeenkomt met het type onbegroeide bodem.

Tabel 8 Structuurkenmerken pioniervegetatie (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | Cd | k_b |
|--------|---------------------|-------|---------------------------------------------------|-----|-------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] |
| 0.15 | 50 | 0.003 | 0.15 | 1.8 | 0.1 |

3.3.3 Graslanden

Binnen het cluster van graslanden worden vooral op basis van beheersintensiteit drie typen onderscheiden: productiegraslanden, natuurlijke gras- en hooilanden en verruigde graslanden (zie tabel 9). In de volgende paragrafen zullen deze typen nader worden beschreven.

Tabel 9 Graslanden

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Productiegrasland | Ruw beemdgras en Engels raaigras |
| Natuurlijk gras en hooilanden | <i>Nat, matig voedselrijk</i> Zilverschoongraslanden Grote Vossestaartgraslanden Glanshaverhooilanden Kamgrasweiden |
| Verruigde graslanden | <i>Droog, voedselarm</i> Stroomdalgraslanden idem natuurlijk grasland |

3.3.3.1 Productiegrasland

Dit structuurtype wordt meestal gedomineerd door enkele grassoorten en kruiden. Welke soorten er voorkomen is sterk afhankelijk van het ingezaaide grasmengsel. De productiegraslanden zijn veelal goed ontwaterd en bemest. Samen met de intensieve beweiding leidt dat er toe dat deze graslanden worden gedomineerd door Engels raaigras en Ruw beemdgras. Hiernaast worden andere soorten als Beemdlangbloem, Timoteegras, Veldbeemdgras, Fioringras, Witte klaver en Grote weegbree regelmatig in productiegraslanden aangetroffen.

Op deze graslanden vindt uitsluitend intensieve seizoensbegrazing (>2 dieren / ha) plaats. Bij extensieve en geen begrazing vallen deze graslanden voor wat hun structuur betreft onder natuurlijke graslanden. Productiegrasland kan alleen bestaan onder intensieve bewerking van de grasmat: maaien, rollen, doorzaaien. Door maaien wordt polvorming van het gras voorkomen. Door het intensieve gebruik ontstaan uniforme, structuurloze, kort gegraasde graslanden.

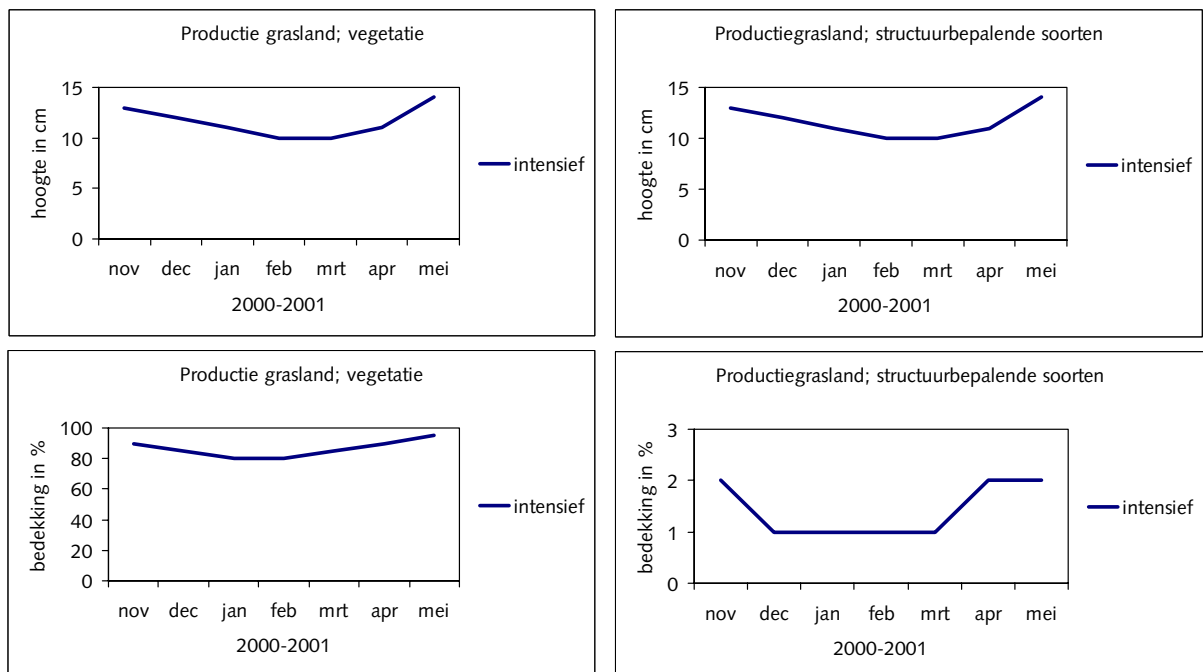
Voor het bepalen van de hoogte en de dichtheid van productiegrasland is uitgegaan van een intensieve seizoensbegrazing (april/mei – oktober/november). Deze vorm van begrazing komt het meeste voor bij productiegrasland. Een jaarrondbegrazing (zie soortenrijk grasland) zou in de winter te veel schade aan de grasmat kunnen toebrengen en wordt om deze reden niet gedaan of met een zeer lage veedichtheid.

.....
Figuur 24 Productiegrasland Duursche Waarden
 links situatie oktober 2001 (P. Jesse), rechts maart 2001
 (DON)



De hoogte van de vegetatie en de structuurbepalende soorten komt met elkaar overeen (Figuur 25). De hoogte is sterk afhankelijk van de lengte waarmee het de winter in gaat (dus de hoogte van het gras op het moment dat de dieren uit het veld worden gehaald) en de temperatuur in de periode oktober - december. Bij relatief hoge temperaturen in de winter kan de productie nog lang door gaan en kan het gras makkelijk nog 5- 10 cm groeien

.....
Figuur 25 Gemiddelde hoogte en bedekking van productiegrasland.



De lengte van het gras in januari – maart bedraagt voor de vegetatie en de structuurbepalende soorten ca 12 cm (zie Figuur 25). Door doorbuiging is

de vegetatiehoogte lager (zie verder). De bedekking verschilt sterk tussen de vegetatie en de structuurbepalende soorten. De bedekking van de vegetatie bedraagt in de winter ca 85% en die van de structuurbepalende soorten ca 1%. Met het oog op stromingsweerstand speelt deze laag dan ook geen rol van betekenis meer mede ook omdat de hoogte gelijk is aan de vegetatie.

Ook in het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 veldmetingen in productiegrasland uitgevoerd (Duursche Waarden en Afferdensche en Deestsche Waarden). De metingen in de Bemmelse waard zijn gedaan bij het moerasvegetatieonderzoek (februari 2000).

Tabel 10 Veldgegevens productiegrasland (n.b. = niet bepaald)

| Gebied | Aantal metingen | Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] |
|-----------------------------------|-----------------|------------|-------------------------------|-----------|
| Duursche Waarden | 6 | 0.06 | n.b. | n.b. |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 9 | 0.05 | n.b. | n.b. |
| Bemmelse waard | 5 | 0.07 | n.b. | n.b. |

Structuurkenmerken

Productiegrasland bestaat alleen in intensief begraasde / beheerde situaties. Wanneer het beheer op deze graslanden wordt geëxtensiveerd zal de soortensamenstelling van het grasland toenemen en qua structuur overgaan in natuurlijk gras of hooiland of verruigd grasland

Tabel 11 Structuurkenmerken productiegrasland (winter)

| Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| 0.06 | 15000 | 0.003 | 45 | 1.8 | 0.1 |

3.3.3.2 Natuurlijke gras en hooilanden en verruigde graslanden

Onder deze graslanden vallen alle natuurlijk beheerde gras- en hooilanden. Het type grasland en daarmee de soortensamenstelling is afhankelijk van de hoogteligging, bodem en beheer. Van laag naar hoog is de opvolging van typen: Zilverschoongraslanden, Grote vossenstaartgemeenschappen, Glanshaverhooilanden, Kamgrasweiden en Stroomdalgraslanden. De laaggelegen graslanden komen voor op voedselrijke gronden (zowel zand als klei) die grote delen van het jaar onder water staan. De hoger gelegen typen komen op voedselarmere gronden voor. Veel voorkomende soorten in deze graslanden zijn: Grote vossenstaart, Rood zwenkgras, Glanshaver, Kropaar, Kweek, Fioringras, Ruw beemdgras, Scherpe boterbloem, Veenwortel, Vijfvingerkruid, Smalle weegbree, Kruijpende boterbloem, Paardebloem, Witte klaver, Akkerdistel, Grote brandnetel, Ridderzuring en. In het stroomdalgrasland komen daarnaast nog de typische stroomdalgraslandsoorten voor zoals Echte kruisdistel (Figuur 26 links).

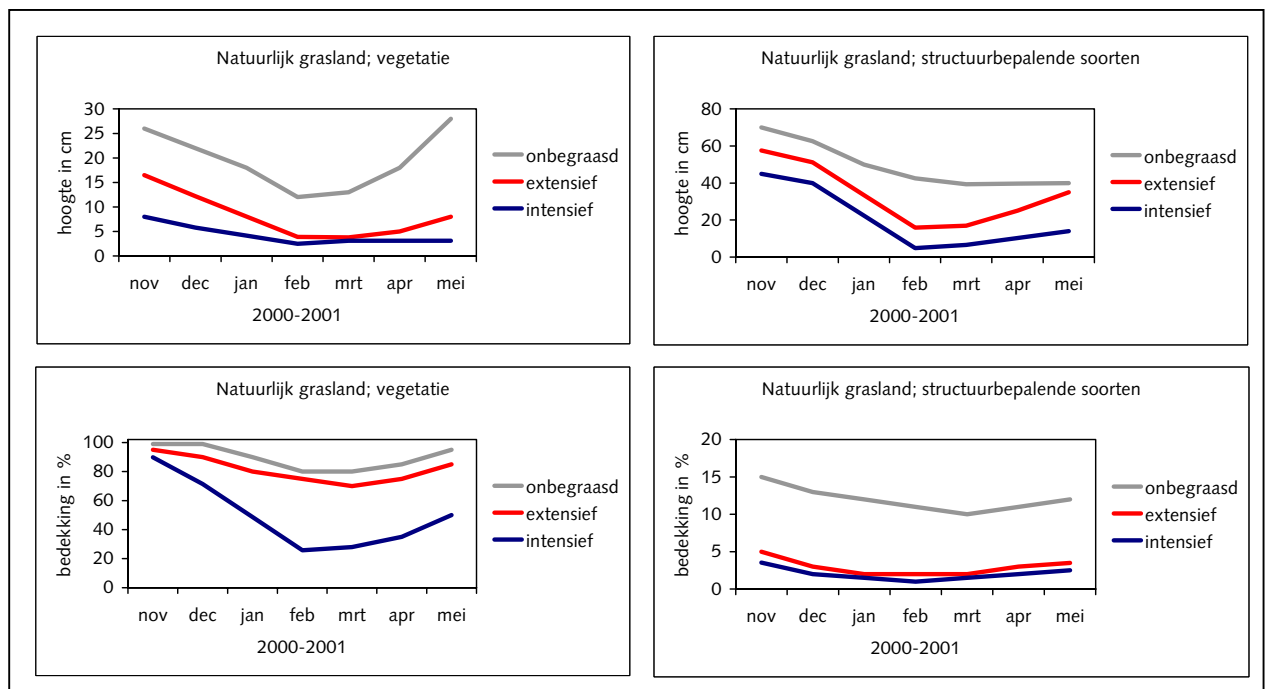
Maaibeheer eventueel in combinatie met nabeweiding vormt een belangrijk onderdeel bij de instandhouding van deze graslanden. Wanneer er geen maaibeheer wordt toegepast en er alleen sprake is van een extensieve (jaarrond) begrazing zullen niet alle delen van het gebied met dezelfde intensiteit begraasd. Door de variatie in graasdruk in tijd en ruimte kunnen

ruigere delen in het grasland ontstaan waar ruigtekruiden zoals Akkerdistel en Brandnetel kunnen domineren in hoogte en bedekking. In de korter afgegraste delen komen deze ruigtekruiden ook voor, maar in lage bedekkingen. In dit geval wordt gesproken over verruigde graslanden

Figuur 26 Natuurlijk gras en hooilanden en verruigde graslanden. iDuursche Waarden links situatie oktober 2001 (P. Jesse) rechts maart 2001 (DON).



Figuur 27 Gemiddelde hoogte en bedekking van natuurlijke gras en hooilanden (extensief begraasd) en verruigde graslanden (onbegraasd).



In figuur 27 wordt de hoogte en de bedekking van het natuurlijke grasland in de periode december – mei weergegeven. Opvallend is dat bij de intensieve begrazing ten opzichte van extensief en onbegraasd niet alleen de vegetatiehoogte lager is maar ook de bedekking. Dit wordt veroorzaakt doordat bij intensieve begrazing en bij hoge waterstanden in de winter (iets

wat veel voorkomt in het rivierengebied) de graszode vrij open wordt getrapt. Bij een wat lager gelegen grasland is dit meer het geval dan bij een relatief hoog gelegen grasland. Een dichte mat in de winter ontstaat alleen bij intensieve seizoensbegrazing (zomerbegrazing). In de zomer is de bodem droog genoeg om een grote hoeveelheid runderen en/of paarden te kunnen dragen en is de productie van het grasland hoog genoeg om het gedeelte wat wordt weggevreten weer aan te vullen. Als de bodem natter wordt (najaar en winter), is de draagkracht van de bodem kleiner en zakken de grazers dus verder de bodem in met hun poten (zeker op kleigrond).

Ook in het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 metingen in natuurlijk grasland uitgevoerd. Voor zowel de Duursche Waarden als de Afferdensche en Deestsche Waarden betrof het begraasde locaties (zie Tabel 12). In de laatste uiterwaard was de dichtheid aan structuurbepalende soorten dermate laag dat deze niet zijn gemeten.

Tabel 12 Veldgegevens natuurlijk grasland (begraasd)

| Gebied | aantal metingen | hoogte ondergroei [m] | hoogte struc. bep. soorten [m] | dichtheid struc. bep. soorten [n/m ²] | dikte struc. bep. soorten [m] |
|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Duursche Waarden | 9 | 0.06 | 0.45 | 4 | 0.004 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 6 | 0.05 | - | - | - |

Structuurkenmerken

Vanwege de lage dichtheid aan structuurbepalende soorten zullen bij natuurlijke- en verruigde graslanden de structuurbepalende soorten niet apart worden meegerekend. Om het effect van deze enkele sprietten toch mee te wegen zal bij het bepalen van de stromingsweerstand van een wat hogere vegetatie worden uitgegaan. In een intensief begraasde situatie zal het type steeds meer overgaan in het type productiegrasland. Bij een steeds verdere extensivering van het beheer en het afwezig blijven van maaibeheer zal het type, via verruigd grasland, overgaan in een droge ruige.

Tabel 13 Structuurkenmerken natuurlijke gras en verruigde graslanden (winter)

| Type | Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | Cd [-] | k _b [m] |
|-----------------------------|------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------|
| natuurlijk gras en hooiland | 0.10 | 4000 | 0.003 | 12 | 1.8 | 0.1 |
| verruigd grasland | 0.20 | 5000 | 0.003 | 15 | 1.8 | 0.1 |

3.3.4 Ruigten

Het cluster van ruigten omvat een zeer gevarieerde groep aan structuurtypen. Deze vegetaties bestaan uit één of meerjarige kruidachtige planten. Ruigten komen voor op verschillende standplaatsen met verschillende vochtigheid van de bodem. In Tabel 14 worden voorbeelden gegeven van verschillende plantengemeenschappen die hieronder vallen. Op de natste standplaatsen die gedurende het hele jaar onder water staan zullen zich de moerasruigten (natte ruigten) ontwikkelen. Deze zijn beschreven bij de moerasvegetaties (paragraaf 3.3.5). Door verlanding van deze typen en op aanspoelgordels kan een hoge ruigte ontstaan met een

dikke strooisellaag op de bodem. Dit zijn de zogenaamde natte strooiselruigten. Afhankelijk van de dominantie van Riet worden hierbij 2 typen onderscheiden: Rietruigte en Harig Wilgenroosjeruigte.

Op de drogere delen van de oever kunnen bij een extensief begrazingsbeheer zich de droge ruigten ontwikkelen. De Akkerdistel-Brandnetelruigte is hier een speciale vorm van. De stengels van deze vegetatie zijn minder verhout dan de droge ruigten waardoor deze in de winter veelal platslaan of verdwijnen en daardoor een lagere stromingsweerstand veroorzaken.

Tabel 14 Plantengemeenschappen behorende tot het type ruigte

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <i>droge ruigten</i> | |
| Akkerdistel-Brandnetelruigte | Rompgemeenschappen van Akkerdistel en Brandnetel |
| Droge (soortenrijke) ruigte | Wormkruid-orde: Kweekdravik-, Duinriet- en Bijvoet-ruigten |
| Dauwbraamruigte | Rompgemeenschap van dauwbraam Marjolein-verbond |
| <i>Natte strooiselruigten</i> | |
| Harig Wilgenroosjeruigte | Harig wilgenroosje-ruigte Rivierkruid-ruigte Late Guldenroede-ruigte |
| Rietruigte | Haagwinde-Rietruigte Brandnetel-Rietruigte |

De typen zullen hieronder verder worden beschreven

3.3.4.1 Akkerdistel-Brandnetelruigte

Dit type treedt op onder verstoorde omstandigheden zoals bij het veranderen van agrarisch naar een meer natuurlijke beheersvorm. Van oorsprong behoort de Akkerdistel in ons land vermoedelijk tot de rivierbegeleidende soorten. Het omvat de rompgemeenschappen van Akkerdistel en Grote Brandnetel uit de klasse der ruderaal gemeenschappen. Naast de genoemde soorten komen in dit type ook andere soorten als week, Klein hoefblad, Speerdistel, Canadese fijnstraal, Kropaar, Smalle weegbree, Fioringras, Kruipende boterbloem en Paardebloem voor. De hoogte en dichtheid van deze ruigte wordt echter gedomineerd door de Akkerdistel en of de Brandnetel

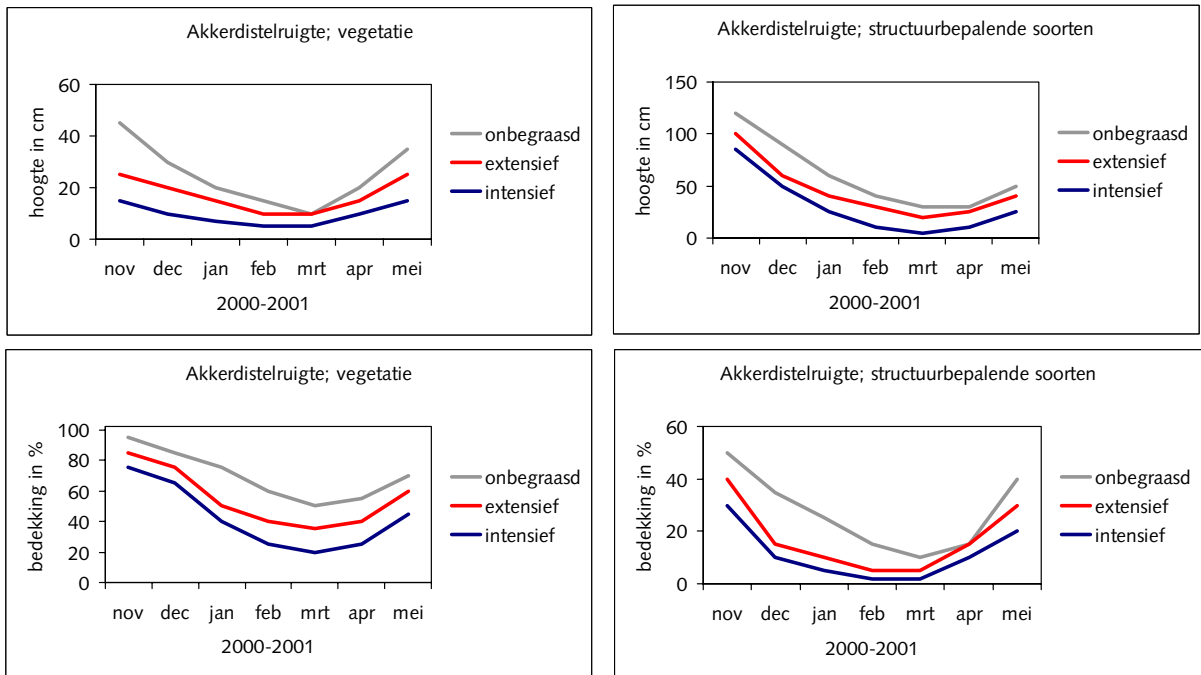
De Akkerdistel Brandnetelruigte komt op alle bodemtypen voor mits niet te zuur, te nat en te voedselarm. De vegetatie is gevoelig voor begrazing. Door vraat en betreding kan de structuur worden beïnvloed. In de zomer kan een hoge en dichte vegetatie ontstaan. In de winter neemt met name de bedekking sterk af. De gemiddelde hoogte en bedekking van de vegetatie in de winter is weergegeven in figuur 29.

Figuur 28 Akkerdistelruigte

links Meinerswijk (juli 2003, P. Jesse), rechts Afferdensche en Deestsche Waarden (maart 2001, DON)



Figuur 29 Gemiddelde hoogte en bedekking van Akkerdistelruigte



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 een aantal metingen verricht aan akkerdistelruigte. In beide uiterwaarden betrof het begraasde gebieden. In de Bemmelse Waard is in dezelfde periode een meting verricht aan een brandnetelruigte (Tabel 15).

Tabel 15 Veldgegevens akkerdistel-
brandnetelruigte (begrasd)

| Gebied | Aantal metingen | hoogte ondergroei [m] | hoogte struc. bep. soorten [m] | dichtheid struc. bep. soorten [n/m ²] | dikte struc. bep. soorten [m] |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Duursche Waarden | 1 | 0.06 | 0.75 | 0.2 | 0.002 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 2 | 0.06 | 0.36 | 8 | 0.004 |
| Bemmelsewaard | 1 | - | 1.25 | - | - |

Structuurkenmerken

Vanwege de lage dichtheid aan structuurbepalende soorten zullen deze bij dit type niet apart worden meegerekend. Om het effect van deze enkele sprietten toch mee te wegen zal bij het bepalen van de stromingsweerstand van een wat hogere vegetatie worden uitgegaan. Bij een intensivering van het beheer op dit type zal het overgaan naar een van beide natuurlijke graslanden. Bij extensivering van het beheer zal dit type overgaan in een droge ruigte.

Tabel 16 Structuurkenmerken
akkerdistel-
brandnetelruigte (winter)

| Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.30 | 3000 | 0.003 | 3 | 1.8 | 0.1 |

3.3.4.2 Droge ruigte

Het type droge ruigte omvat verschillende soortenrijke ruigtes van droge gronden. Het omvat de gemeenschappen van de Wormkruidorde (m.n. Kweekdravik-associatie en allerlei overgangen naar bijvoorbeeld de Akkerdistel- Brandnetel en de Dauwbraamruigte). Welke gemeenschap zich uit deze orde zal ontwikkelen is afhankelijk van de hoogteligging, het substraat en het gevoerde beheer. In zijn algemeenheid komen zij voor op wat hoger gelegen delen van de uiterwaard dan de Harig wilgenroosjeruigtes (paragraaf 3.3.4.4). Deze delen worden in de winter nog wel overspoeld met rivierwater wat zorgt voor aanvoer van nutriënten. Kenmerkende soorten zijn: Zwarte mosterd, Kweekdravik, Raket, Grote Klis, Wegdistel, Boerenwormkruid, Bijvoet en Duinriet. Een aantal van deze soorten verdragen extensieve begrazing. Afhankelijk van de situatie kan een bepaalde soort domineren. Zo kan Duinriet in onbegraste situaties een zeer dichte grasmat vormen waar andere soorten nog moeilijk doorheen kunnen komen.

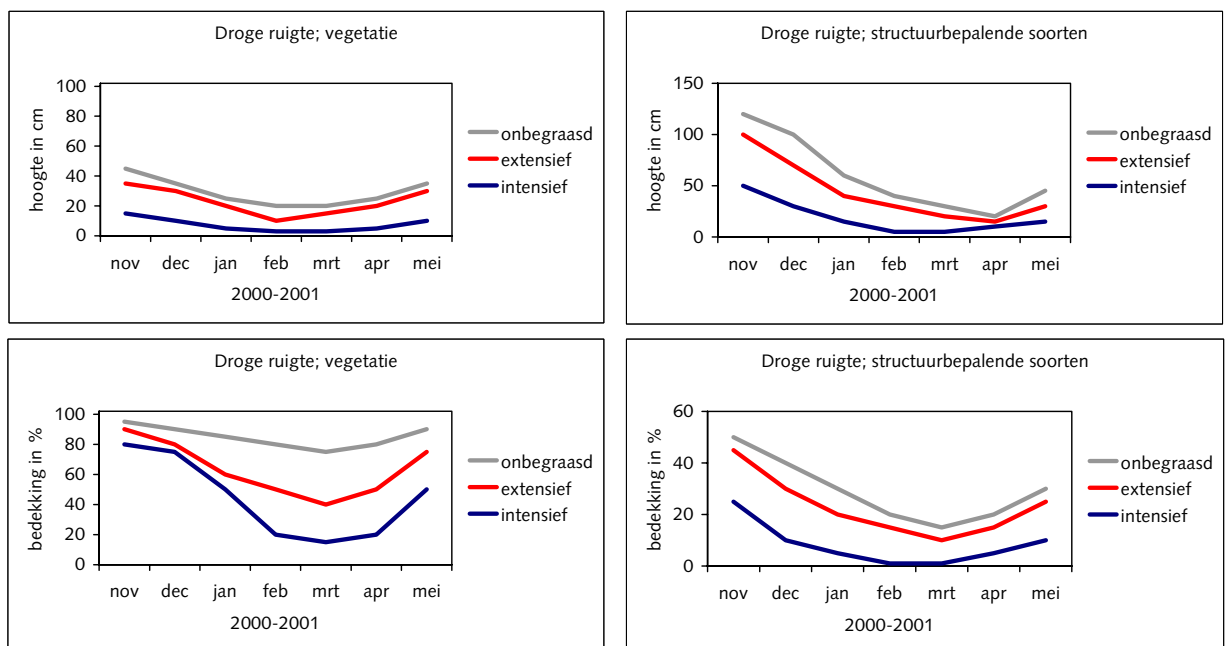
Figuur 30 Droge ruigte in de Millingerwaard
links zomeromstandigheden (juli 2003), rechts winteromstandigheden
(oktober 2001) P. Jesse



In het kader van het begrazingsonderzoek zijn verschillende metingen verricht aan droge ruigten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 31. Ten opzichte van de hiervoor beschreven typen valt bij de droge ruigten op dat een belangrijk deel van dit type wordt gevormd door de hogere zogenaamde structuurbepalende soorten. Deze steken nog boven de onderliggende grasmat uit en hebben daarmee een belangrijke invloed op de hydraulische ruwheid van dit type.

De dichtheid uitgedrukt in het aantal stengels per m² van de droge ruigten is bepaald in het kader van het laseraltimetrieonderzoek (maart 2001) en het moerasvegetatieonderzoek (februari 2000). In Tabel 17 zijn de resultaten van deze veldmetingen weergegeven.

Figuur 31 Gemiddelde hoogte en bedekking van Droge ruigte.



Tabel 17 Veldgegevens droge ruigte
(nb is niet bepaald)

| Gebied | aantal metingen | hoogte ondergroei [m] | hoogte struc. bep. soorten [m] | dichtheid struc. bep. soorten [n/m ²] | dikte struc. bep. soorten [m] |
|----------------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| onbegrasd | | | | | |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 1 | 0.05 | 0.61 | 38 | 0.005 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden (Duinriet) | 1 | 0.08 | 0.76 | 400 | 0.002 |
| begrasd | | | | | |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 1 | 0.07 | 0.38 | 1 | 0.006 |

Structuurkenmerken

Voor het vaststellen van de representatieve structuurkenmerken van dit type is uitgegaan van een gemiddelde vegetatiehoogte van de hoge en de lage vegetaties (Tabel 18).

Tabel 18 Structuurkenmerken droge ruigte (winter)

| Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak m ² /m ² /m ¹ | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|----------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.56 | 46 | 0.005 | 0.23 | 1.8 | 0.1 |

3.3.4.3 Dauwbraamruigte

Dit structuurtype komt veelvuldig voor in combinatie met andere droge ruigten. De Dauwbraam domineert echter bij dit type de vegetatie waardoor dit type hydraulisch ruwer is dan het type droge ruigte. De kromme, houtige twijgen van deze soort blijven in de winter overeind. Tegen dit skelet van twijgen kunnen andere plantensoorten ook overeind blijven staan (Figuur 32). Bij een hoge bedekking van Dauwbraam ontstaat een vegetatie met in de ruimte weinig variatie in hoogte en dichtheid. Bij een lage bedekking van Dauwbraam ontstaat meer ruimtelijke variatie wat door begrazing nog verder wordt versterkt.

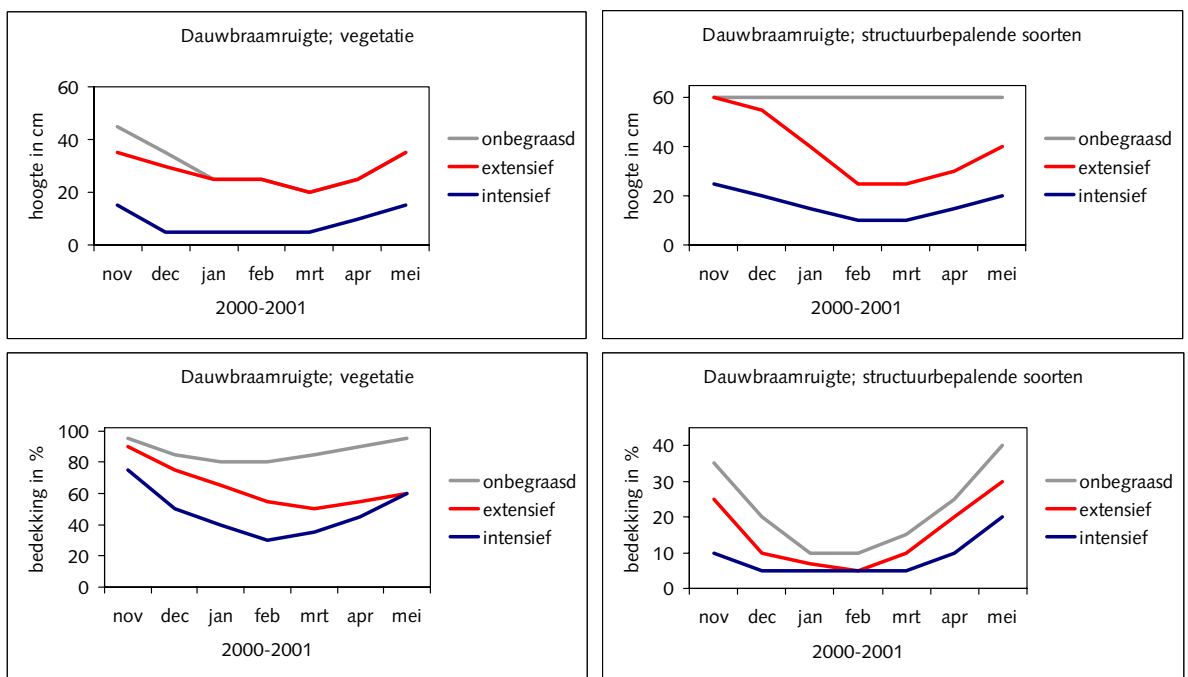
Naast Dauwbraam komen soorten voor die bij de droge ruigte zijn beschreven (zie hierboven). Het type komt voor op zand, zavel en klei bodems waar voldoende vocht en voedingsstoffen zijn. Ze ontwikkelen zich met name op plaatsen die in de lente en zomer niet of nauwelijks gebruikt worden door grote herbivoren waardoor de vegetatie kan verruigen. Begrazing (vraat en betreding) is van invloed op de structuur van de vegetatie. Als gevolg van regelmatige betreding kan Dauwbraam lokaal verdwijnen.

.....
Figuur 32 Dauwbraamruigte in de Duursche Waarden
 Links oktober 2001 (P.Jesse), rechts maart 2001 (DON)



De gemiddelde hoogte en bedekking van de vegetatie in de winter is weergegeven in Figuur 33.

.....
Figuur 33 Gemiddelde hoogte en bedekking van Dauwbraamruigte.



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 in de Duursche Waarden twee metingen verricht aan Dauwbraamruigte (onbegraasd). De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19 Veldgegevens
Dauwbraamruigte

| Gebied | aantal metingen | hoogte ondergroei [m] | hoogte struc. bep. soorten [m] | dichtheid struc. bep. soorten [n/m ²] | dikte struc. bep. soorten [m] |
|------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|
| Duursche Waarden | 2 | 0.08 | 0.64 | 8 | 0.006 |

Structuurkenmerken

Er wordt bij de bepaling van de hydraulische ruwheid geen onderscheid gemaakt in hoge vegetatie en ondergroei. De representatieve hoogte en dichtheid van dit type is hier een gemiddelde van.

Tabel 20 Structuurkenmerken
Dauwbraamruigte (winter)

| Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| 0.50 | 112 | 0.005 | 0.56 | 1.8 | 0.1 |

3.3.4.4 Harig wilgenroosje-ruigte

Dit structuurtype maakt met Rietruigte (zie verder) onderdeel uit van de zogenaamde natte strooiselruigten. Dergelijke ruigten ontstaan na een sterke verstoring van het milieu bijvoorbeeld verdroging van een rietland door ontwatering. Uit dit type is het Riet vrijwel verdwenen en wordt het alleen nog gedomineerd door hoge ruigtekruiden zoals Harig wilgenroosje, Ridderzuring, Koninginnekruid, Echte valeriaan en Late gulden roede. Het type komt voor op vrijwel onbegraasde, vochtige gronden. Wanneer de successie verder voorgaat is het mogelijk dat ook wilgenstruwelen in dit type tot ontwikkeling komen.

Figuur 34 Harig wilgenroosjeruigte in de Duursche Waarden
links situatie oktober 2001 (P. Jesse) rechts maart 2001 (DON).



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek (maart 2001) en het moerasvegetatieonderzoek (februari 2000) zijn een aantal metingen

verricht aan vegetatie van Harig wilgenroosjeruigte. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 17.

Tabel 21 Veldgegevens Harig wilgenroosje ruigte (nb is niet bepaald)

| Gebied | Aantal metingen | hoogte ondergroei [m] | hoogte struc. bep. soorten [m] | dichtheid struc. bep. soorten [n/m ²] | dikte struc. bep. soorten [m] |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------|
| onbegraasd | | | | | |
| Duursche Waarden | 1 | 0.09 | 0.72 | 20 | 0.003 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 1 | 0.07 | 1.26 | 20 | 0.006 |
| Milingerwaard (Ridderzuring) | 7 | nb | 1.46 | 50 | |

Structuurkenmerken

Er wordt bij de bepaling van de hydraulische ruwheid geen onderscheid gemaakt in hoge vegetatie en ondergroei. De representatieve hoogte en dichtheid van dit type is hier een gemiddelde van.

Tabel 22 Structuurkenmerken Harig wilgenroosje ruigte (winter)

| Hoogte [m] | Dichtheid [n/m ²] | Dikte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|----------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0.95 | 26 | 0.005 | 0.13 | 1.8 | 0.1 |

3.3.4.5 Rietruigte

Op drogere standplaatsen gaan helofytenbegroeiingen over in een natte strooiselruigte. In dit structuurtype krijgen hoge ruigtekruiden een belangrijke plaats tussen het riet, en soms speelt riet veelal slechts nog een onbelangrijke rol.

De structuur van deze vegetaties is een gelaagde vegetatie met een middelhoge- en een hoge kruidlaag. De hoogte van de (bloeiende) vegetatie ligt globaal tussen 1.5 en 2.5 m. In de winter bestaat de structuur uit de staande en omgevallen 'skeletten' van de planten, die deels verhout zijn, en in sommige gevallen een lage (ca. 10 cm hoge) onderlaag die bestaat uit de jonge scheuten.

Vegetatiekundig worden op basis van verschillende kensoorten een aantal typen onderscheiden; in de praktijk komen vooral mozaïeken voor van verschillende ruigtetypen. De structuur is in alle gevallen een hoge, dichte kruiden/riet vegetatie.

De volgende plantengemeenschappen (classificatie naar 'De plantengemeenschappen van Nederland (PVN) (Schaminee et al. 1995, Stortelder et al. 1999) nemen in de natte strooiselruigten een belangrijke plaats in:

- Moerasspirea-verbond – tot 2 m hoge ruigten met middelhoge- en hoge kruidlaag. In de middelhoge kruidlaag Fluitekruid, Bereklauw, Engelwortel; in de hoge kruidlaag Moerasspirea en Valeriaan.
- Verbond van Harig wilgenroosje – tot 2.5 m hoge begroeiing van Harig wilgenroosje, Grote engelwortel, Koninginnekruid, Riet, Haagwinde.
- Rompgemeenschap van Riet en Koninginnekruid, met voorkomen van Grote brandnetel, Akkerdistel, Ruw beemdgras.
- Rompgemeenschap van Riet, Harig wilgenroosje en Grote brandnetel.
- Rompgemeenschap van Riet en Haagwinde, met voorkomen van Grote brandnetel, Smeerwortel, Moerasandoorn, Akkerdistel, Kleefkruid en Fluitenkruid. Haagwinde, die langs de rietstengels omhoog klimt, kan het riet bijna geheel overwoekeren.
- Rompgemeenschap van Riet en Bitterzoet. Rietvegetatie met liaangroei van Bitterzoet; lage presentie van andere soorten (Grote brandnetel, Moerasandoorn, Harig wilgenroosje, Liesgras)
- Rompgemeenschap van Rietgras: zie Rietgras
- Rompgemeenschap van Grote brandnetel: zie Brandnetelruigte
- Rompgemeenschap van Grote engelwortel, met Haagwinde, Grote brandnetel, Riet en Harig wilgenroosje; wordt in het rivierengebied vooral op steenglooiingen en kribben gevonden.
- Rompgemeenschap van Late guldenroede, met Riet, Grote brandnetel, Haagwinde, Koninginnekruid, Harig wilgenroosje en Akkerdistel.

In Tabel 23 is van verschillende natte strooiselruigten de structuurkenmerken beschreven.

Tabel 23 Structuurkenmerken van verschillende natte strooiselruigten

| | riet st/m ² | riet hoogte | hoogte [m] hk | dikte stengels hk | aantal [st/m ²] hk | hoogte [m] lk | bedekk. [% , winter] lk |
|-------------------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Riet-Bitterzoetruigte | 60 | 2.0 | 1.5 (0.2) | nvt | nvt | 0.5 (0.1) | 10 |
| Harig wilgenroosje-ruigte | 30 | 2.5 | 1.5 (0.5) | 0.003 | 20 | 0.8 (0.1) | 20 |
| Riet-Koninginnekruid-ruigte | 30 | 2.5 | 2.0 (0.5) | 0.003 | 10 | 0.5 (0.2) | 20 |
| Riet-Haagwinde-ruigte | 30 | 1.5 | 1.0 (0.5) | nvt | nvt | 0.5 (0.1) | 20 |
| Riet-Wilgenroosje-Brandnetel-ruigte | 10 | 2.5 | 1.5 (0.5) | 0.003 | 20 | 0.1 (0.1) | 20 |
| Moerasspirea-ruigte | 0 | nvt | 1.0 (0.5) | 0.003 | 30 | 0.5 (0.1) | 50 |
| Grote engelwortel-ruigte | 0 | nvt | 2.5 (1.5) | 0.01 | 4 | 1.5 (0.2) | 20 |
| Late guldenroede-ruigte | 0 | nvt | 1.5 (0.5) | 0.003 | 30 | 0.1 (0.1) | 10 |
| Brandnetelruigte | 0 | nvt | 1.5 (1.0) | 0.003 | 50 | 0.1 (0.1) | 50 |

hk = hoge kruidlaag, lk = lage kruidlaag zomer (winter) omstandigheden

De natte strooiselruigten gaat onder invloed van strooiselophoping en verdroging over in andere ruigtetypen. De vegetatie wordt voor het hydraulische onderzoek alleen tot het type Rietruigte gerekend wanneer het Riet nog een dominante plaats in de vegetatie inneemt. Afhankelijk van de (overblijvende) dominerende soort gaat de rietruigte over in een natte ruigte (Moerasspirea), Harig wilgenroosje ruigte of de Akkerdistel-Brandnetel-ruigte

Figuur 35 Rietruigte,

Links Brandnetel-rietruigte)Scherenwelle juni 2003 rechts (land-)rietruigte in Meinerswijk febr 2003; P. Jesse)



Structuurkenmerken

In het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn geen metingen verricht aan rietruigte. In de praktijk zal rietruigte bestaan uit een mozaïek van dominante soorten. Hierbij zijn er 3 lagen te onderscheiden: een lage en een hoge kruidlaag en de rietlaag. Bij het bepalen van een representatieve structuurkenmerken zijn deze verschillende lagen gewogen.

Tabel 24 Structuurkenmerken Rietruigte

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b |
|--------|---------------------|-------|------------------------------------------------|-------|-------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | m ² /m ² /m ¹ | [-] | [m] |
| 2.0 | 40 | 0.004 | 0.16 | 1.8 | 0.1 |

3.3.5 Moerasvegetaties

De moerasvegetatie omvat kruidachtige vegetaties op standplaatsen die continue voor een gedeelte onder water staan. Onder andere afhankelijk van de waterdiepte zal hierbij vaak één of meer soorten domineren. Dit is de soort waar het type dan ook naar is vernoemd (zie Tabel 25). Een uitzondering hierop is de natte ruigte die veelal bestaat uit een groot aantal (kruidachtige) plantensoorten van natte milieu's. In Tabel 25 worden voorbeelden gegeven van plantengemeenschappen die voorkomen in de moerasvegetaties. Opgemerkt moet worden dat Rietgras kan voorkomen op zowel natte als relatief droge locaties

Tabel 25 Plantengemeenschappen behorende bij de moerasvegetaties

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natte ruigte | Watertorkruidverbond Waterscheerlingverbond Associatie van Zwanenbloem Rompgemeenschap van Liesgras Rompgemeenschap van Gele lis |
| Biezen | Associaties van Mattenbies, Ruwe Bies en Heen |
| Zegge | Verbond van Scherpe Zegge |
| Rietgras | Rietgras uit het Rietverbond en uit de klasse van de natte strooiselruigten |
| Lisdodde | Rompgemeenschap van Lisdodde |
| Riet | Associatie van Riet |

Algemene structuurkenmerken

Bij veldonderzoek aan moerasvegetaties wordt de dikte van stengels bij de moerasvegetaties doorgaans gemeten aan de basis van de stengel, maar soms op andere hoogtes. In principe kan een riet-, biezen- of lisdoddestengel beschouwd worden als een kegel en het aangestroomde oppervlakte als $A=1/2 \cdot h \cdot b$. Omdat in de berekening van de ruwheid de diameter op halve hoogte benodigd is, is hiervoor de volgende benadering gekozen.

De stengel in de zomersituatie wordt beschouwd als een volledige kegel (hoogte h_z), en die in de wintersituatie als een afgeknotte kegel (hoogte h_w). De basale diameter wordt beschouwd als zijnde constant (basale dikte d_b). De diameter op halve hoogte in de zomersituatie is:

$$d_{n,z} = d_b/2$$

De diameter op halve hoogte in de wintersituatie is:

$$d_{n,w} = (h_z - h_w/2)/h_z \cdot d_b$$

3.3.5.1 Natte ruigte

In tegenstelling tot de andere moerasvegetaties omvat het type natte ruigte een vegetatie waarin zelden één soort domineert. Natte ruigten komen veelal voor in stroken langs sloten en plassen, maar kunnen soms ook aanzienlijke oppervlakten innemen. De natte ruigten komen voor op vochtige tot natte, (matig) voedselrijke, stikstofhoudende, zwak zure tot neutrale gronden. Het meest zijn ze aan te treffen op zand en leem, maar ook wel op klei en veen. De standplaatsen worden zelden overspoeld en meestal maar voor korte tijd, ofwel door overstroming met oppervlaktewater ofwel doordat de grondwaterstanden boven het maaiveld komen te liggen. Zonder beheer kunnen de natte ruigten langdurig in stand blijven, maar op termijn kunnen ze overgaan in struweel en bos.

De ruigten omvatten in feite vervangingsgemeenschappen van Riet op plaatsen waar deze soort niet (meer) voorkomt. Het betreft onder andere de plantengemeenschappen van het Watertorkruidverbond en het Waterscheerlingverbond. Kenmerkende soorten zijn Zwanenbloem, Watertorkruid, Gele waterkers, Kalmoes, Mannagras en Egelskop. Ook hogere soorten kunnen in dit type worden aangetroffen zoals Moerasspirea, Grote valeriaan, Poelruit, Moerasandoorn, Grote wederik, Grote smeewortel, Rietgras, Liesgras en Gele Lis (Figuur 36). Afhankelijk van de omstandigheden kan een bepaalde soort hierbij domineren.

Figuur 36 Natte ruigte,

Links Gele Lis (H. Coops), rechts natte ruigte Broomwaard nov 2002; P. Jesse)



Op sommige natte standplaatsen in de uiterwaarden (met geringe hydrologische- en morfologische dynamiek), en in grienden, kan Gele lis domineren in aanzienlijke bestanden. Deze zijn in de regel haast cirkelrond en hebben de grootste dichtheid langs de randen. Gele lis is behoorlijk schaduwtolerant en bloeit vrij vroeg in het jaar. Deze klonen hebben een zeer dichte beworteling (dikke, harde rhizomen) waarop de spruiten staan ingeplant. De voet van de scheuten is verhard en blijft in de winter staan. De bladeren sterven doorgaans in de loop van de herfst af maar kunnen in zachte winters ook wel groen blijven; jonge scheuten worden in het najaar al aan de voet van de oude scheuten gevormd.

Liesgras is een soort van de natte ruigten die ook alleen op een bepaalde lokatie kan domineren. De soort groeit met name in smalle stroken langs en in kleine watergangen en in nat grasland waar door de begrazing geen riet en andere helofyten kunnen opslaan. De plant groeit ondergronds met dunne, zeer ondiepe rhizomen waaruit op min of meer regelmatige afstand scheuten groeien. Liesgras-moerassen kunnen sterk verschillen in uiterlijk: van korte, graslandachtige begroeiingen op de overgang van grasland naar ondiep open water, tot hoge helofytenbegroeiing in tot 50 cm diep water. In de winter zakken de bovengrondse delen ineen en blijft een lage (10-20 cm hoog), verklevende massa dood materiaal over, waarbinnen de groene scheuten van de volgende voorjaarsgeneratie al aanwezig zijn.

Enkele bandbreedtes voor metingen aan Gele Lis en Liesgras zijn weergegeven in Tabel 26.

Tabel 26 Veldgegevens Liesgras en Gele lis

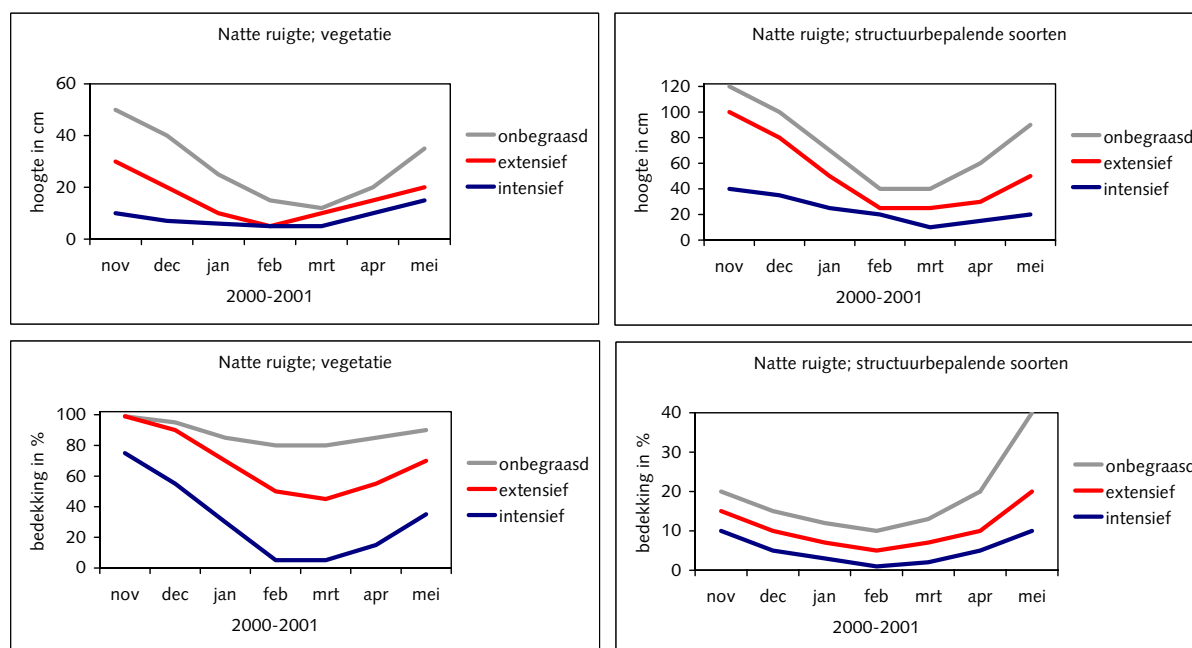
| bron | locatie | opmerking | h ¹ | d ² | dh ³ |
|------------------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Liesgras | | | | | |
| Buttery & Lambert 1964 | Surlingham Broad, UK | midzomer | 1.5 | -- | 240-400 |
| Lambert 1947 review | algemeen | | max. 2.50 | -- | -- |
| Kerkum 1994 | Lelystad | helofytenfilter | 0.75 | -- | 60 |
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomersituatie | 0.90-2.00 | | |
| Hubbard 1968 | UK | zomersituatie | 0.9-2.5 | | |

| bron | locatie | opmerking | h ¹ | d ² | dh ³ |
|----------------------|-----------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| Gele Lis | | | | | |
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomersituatie | 0.40-1.20 | -- | -- |
| Falinska 1986 | Polen | zomersituatie | -- | -- | 60-150 |

1) Doorgaans hoogte van een steekproef. 2) Doorgaans is de basale dikte gemeten. 3) Dichtheid in aantal/m²; niet is altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld.

Vanuit het begrazingsonderzoek zijn metingen verricht aan verschillende natte ruigten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 37.

Figuur 37 Gemiddelde hoogte en bedekking van natte ruigte



Structuurkenmerken

Belangrijk kenmerk van de natte ruigtes is dat van de vegetatie in de winter bovengronds weinig blad en stengel meer over is en een groot oppervlak in het gebied is dan ook kaal (open water). Het aandeel structuurbepalende soorten is ten opzichte van de ondergroei laag. Om het effect van deze enkele sprietten toch mee te wegen zal bij het bepalen van de stromingsweerstand van een wat hogere lage vegetatie worden uitgegaan (Tabel 27).

Tabel 27 Structuurkenmerken natte ruigte (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C _d | k _b | opmerking |
|--------|---------------------|-------|------------------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | m ² /m ² /m ¹ | [-] | [m] | |
| 0.35 | 90 | 0.004 | 0.25 | 1.8 | 0.1 | 25 % open water |

3.3.5.2 Zegge

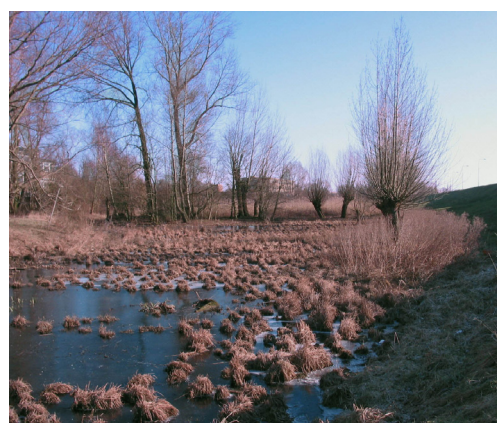
Zeggesoorten groeien vooral op plaatsen met een hoog gehalte organische stof in de bodem. In dicht zeggemoeras vindt over het algemeen strooiselophoping en weinig sedimentatie van mineraal slib plaats; uiteindelijk vormen zeggemoerassen de basis voor laagveenvorming.

Binnen de zegges komen verschillende groeistrategieën voor:

- polvormend, waarbij de vegetatie bestaat uit vele dicht opeen groeiende clusters van stengels met alleen maar korte rhizomen; in de winter blijven deze clusters als opeenhoping van dode bladeren (stoppels) staan. Soorten: Scherpe zegge, Plumzegge.
- lange uitlopers vormend: er zijn alleen lange rhizomen óf zowel lange als korte rhizomen; scheuten hebben duidelijke tussenruimtes. De bladeren zakken in de winter in elkaar en er blijven korte stoppjes staan. Soorten: Moerazzegge.

.....
Figuur 38 Zeggen

Links Bloei-aren van Scherpe Zegge in mei (H. Coops),
 Rechts zeggemoeras te Arnhem in februari 2003 P. Jesse)



Enkele bandbreedtes voor metingen aan zeggen zijn weergegeven in Tabel 28.

.....
Tabel 28 Veldgegevens Zeggen
 (waarden afgerond)

| bron | soort | locatie/opm. | h ¹ | d ² | dh ³ |
|-------------------------|---------------|--------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Bernard 1988 review | Scherpe zegge | Zweden | -- | -- | 350 |
| Bernard 1976 | Snavelzegge | USA | 1.40 | ca. 0.006 | 180 |
| Van der Meijden 1996 | Oeverzegge | Nederland | 0.60- 1.20 | | |
| Van der Meijden 1996 | Scherpe zegge | Nederland | 0.50- 1.50 | | |
| Jermy et al. 1982 | Oeverzegge | UK | 0.60- 1.30 | 0.006- 0.015 | |
| Jermy et al. 1982 | Scherpe zegge | UK | 0.30- 1.20 | 0.003- 0.010 | |

¹ Doorgaans hoogte van een steekproef; ² Doorgaans is de basale dikte gemeten; ³ Dichtheid in aantal/m²; niet altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Structuurkenmerken

De zeggemoerassen worden veelal gedomineerd door één enkele soort en om deze reden is er dan ook geen sprake van een gelaagdheid in de vegetatie. Belangrijk kenmerk van de zeggemoerassen is dat van de vegetatie in de winter bovengronds weinig blad en stengel meer over is. Een groot oppervlak in het gebied is dan ook kaal. Bij het zeggemoeras wordt dan ook rekening gehouden met dat 25 % van het oppervlak wordt ingenomen door losliggend strooisel van ongeveer 10 cm dik (Tabel 29).

Tabel 29 Structuurkenmerken zeggemoeras (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b | opmerking |
|--------|---------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------|----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] | |
| 0.30 | 200 | 0.006 | 1.2 | 1.8 | 0.1 | 25 % strooisel |

3.3.5.3 Rietgras

Rietgras komt voor op matig tot sterk dynamische plaatsen waar zand en slib sedimenteerd. Door de hoge dynamiek kan de dichtheid van rietgrasbestanden van jaar tot jaar sterk variëren, vooral dicht bij de rivier (in kribvakoevers). In de rietgrasbegroeiing komen weinig begeleidende soorten voor (behalve enige presentie van Haagwinde, Riet, Grote brandnetel). In de rietgraszone vestigen zich vaak wilgen (zachthoutoibos) op open plekken die door verdrinking (hoogwater), erosie of vraat zijn ontstaan.

Rietgras groeit met ondiepe, dunne rhizomen waar op min of meer regelmatige afstand scheuten staan; ook komt uitbreiding middels stolonen (bovengrondse stengeluitlopers die scheuten vormen op de knopen) veel voor. Bij waterstandsstijging kunnen de stolonen gaan opdrijven en zelfs een soort drijftillen vormen. Er is een duidelijke seizoensontwikkeling: in het voorjaar opgroeiende scheuten ontwikkelen tegen de zomer bloeistengels, terwijl later uitgroeiende scheuten vegetatief blijven tot laat in het najaar.

Enkele bandbreedtes voor metingen aan Rietgras zijn weergegeven in Tabel 30.

Tabel 30 Veldgegevens Rietgras (waarden afgerond)

| bron | locatie | opmerking | h^1 | d^2 | dh^3 |
|----------------------|---------------------------|-----------------------|---------|-------|--------|
| Coops, 1996 | transplantatie N. Merwede | proefbassin, optimaal | 1.4 | 0.004 | 50 |
| Meting 2000 | Waal, rivieroever | wintersituatie | 1.0 | -- | 150 |
| Meting 2000 | Waal, uiterwaard | wintersituatie | 0.5 | -- | 250 |
| Meting 2000 | Bemmel (Waal) | wintersituatie | 1.2 | 0.003 | 250 |
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomersituatie | 0.5-2.0 | | |
| Hubbard 1968 | UK | zomersituatie | 0.6-2.0 | | |

1 Doorgaans hoogte van een steekproef. a = gemiddelde van alle stengels; b = lengte van alleen bloeistengels; c = hoogste kwartiel.

2 Doorgaans is de basale dikte gemeten.

3 Dichtheid in aantal/m²; niet is altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Figuur 39 Rietgras,
links juni (H. Coops), rechts februari 2003 Meinerswijk (P. Jesse)



Structuurkenmerken

Het Rietgras wordt veelal gedomineerd door één enkele soort en om deze reden is er dan ook geen sprake van een gelaagdheid in de vegetatie. Belangrijk kenmerk van het Rietgras is dat in de winterperiode open plekken in de vegetatie zullen ontstaan, waardoor 25 % van het oppervlak kaal (open water) blijft (Tabel 31).

Tabel 31 Structuurkenmerken
Rietgras (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b | opmerking |
|--------|---------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------|-----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] | |
| 1.00 | 200 | 0.002 | 0.4 | 1.8 | 0.1 | 25 % open water |

3.3.5.4 Biezen

De meest voorkomende biezensoort in het rivierengebied is de Mattenbies (Figuur 40). Deze soort kan in grote velden groeien op incidenteel droogvallende slikkige bodem, waar doorgaans een aanzienlijke waterkolom staat.

Ondergronds bestaat de plant uit dikke, stevige rhizomen die een vlechtwerk vlak onder het bodemoppervlak vormen. Uit de rhizomen groeien de halmen, vaak in kleine groepjes bij de rhizoomknopen. De bovengrondse halmgroei start in het voorjaar (maart-april) en de maximale hoogte van de scheuten die in juli wordt bereikt is sterk afhankelijk van de waterdiepte waarin de planten groeien. Na de bloei sterven de groene plantendelen in snel tempo af en de verkleurde halmen breken in het late najaar gemakkelijk af, vaak tot op het dan heersende waterniveau. De stoppels kunnen dan nog tot in het volgende voorjaar aanwezig blijven. Jonge halmen worden al vanaf het najaar gevormd, maar deze blijven in rust onder water (in ondiep water of getijdengebied blijven ze ondergronds).

Figuur 40 Biezen,

Links Afgebroken biezenstengels bij de Zande (maart 2003, P. Jesse), rechts biezen in de Ankeveense Plassen in oktober H. Coops)



Enkele bandbreedtes voor metingen aan Mattenbies (waarden afgerond):

Tabel 32 Veldgegevens Mattenbies (waarden afgerond)

| bron | locatie | opmerking | h^1 | d^2 | dh^3 |
|-------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|----------------------|------------|
| Coops, 1996 | transplantatie N. Merwede | proefbasin, optimaal | 2.0 | 0.004 | 70 |
| Seidel 1952 | N. Duitsland | oevers van meren | 1.8 -a 3.4 -b | 0.003 -a 0.005 -b | 300 250 |
| Kerkum 1994 | Lelystad | helofytenfilter | 1.0 | -- | 300 |
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomer | 0.75- 3.50 | -- | -- |

1 Doorgaans hoogte van een steekproef. a = ondiep water (ca. 50 cm); b = diep water (> 100 cm)

2 Doorgaans is de basale dikte gemeten.

3 Dichtheid in aantal/m²; niet is altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Structuurkenmerken

Bij Biezenvegetaties worden gedomineerd door één enkele soort en om deze reden is er dan ook geen sprake van een gelaagdheid in de vegetatie. In de winter breekt het grootste deel van de stengels waardoor niet alleen de hoogte van de vegetatie wordt gereduceerd maar ook de dichtheid. Vandaar dat er bij dit type rekening wordt gehouden met aandeel van 50% open water in de winter (Tabel 33).

Tabel 33 Structuurkenmerken Mattenbies (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b | opmerking |
|--------|---------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------|-----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] | |
| 0.50 | 300 | 0.004 | 1.2 | 1.8 | 0.1 | 25 % open water |

3.3.5.5 Lisdodde

In Nederland komen twee soorten Lisdodde voor: Kleine en Grote lisdodde. Beide komen vaak voor op vergelijkbare locaties als waar Riet groeit. Hierbij staat Kleine lisdodde over het algemeen in wat dieper water en vaak in een slibrijke zone die vooraf gaat aan het eigenlijke rietland. Grote lisdodde is een soort die voorkomt in ondiepere moerassige vegetaties, vaak in ietwat verstoorde omstandigheden. Grote lisdodde kan hierin uitgestrekte haarden vormen. Beide soorten komen voor in wateren met beperkte hydrologische dynamiek en zijn gevoelig voor zomerhoogwaters. Ze komen dan ook voor in de bekade delen van de uiterwaard. Lisdodde prefereert een slappe drassige bodem die rijk is aan klein en organische stof. De sedimentatie in deze gebieden is veelal aanzienlijk.

Lisdodden kunnen profiteren van gaten die in de rietvegetatie zijn gevallen, op plaatsen waar de bodem bestaat uit slecht afgebroken organisch materiaal. Lisdodde bestaat uit dikke, losse ondergrondse rhizomen waaruit waaivormige planten ontspruiten. Tegen het eind van het seizoen verhouden de hoofdstengels (waarop de sigaarvormige bloeiwijzen staan) zich, terwijl de bladeren vrij snel afbreken.

Enkele bandbreedtes voor metingen aan Kleine lisdodde zijn weergegeven in Tabel 34.

Tabel 34 Veldgegevens Kleine Lisdodde (waarden afgerond)

| bron | locatie | opmerking | h ¹ | d ² | dh ³ |
|----------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Ondok, 1971 | Trebon, Tsjechië | visvijvers | 2.8 -a | -- | 28 |
| Kvet & Hudec 1971 | Nesyt, Tsjechië | visvijver | 3.0 | 0.025 | 25 |
| Kerkum 1994 | Lelystad | helofytenfilter | 2.0 | -- | 60 |
| Meting 2000 | Waal | wintersituatie | 1.1 -a | -- | 15 |
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomersituatie | 1.00- | 0.003- | -- |
| Grace & Wetzel 1981 | USA | mei/september | -- | -- | 15-65 |

1 Doorgaans hoogte van een steekproef. a = gemiddelde van alle stengels.

2 Doorgaans is de basale dikte gemeten.

3 Dichtheid in aantal/m²; niet altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Enkele bandbreedtes voor metingen aan Grote lisdodde zijn weergegeven in Tabel 35.

Tabel 35 Veldgegevens Grote Lisdodde (waarden afgerond)

| bron | locatie | opmerking | h ¹ | d ² | dh ³ |
|----------------------|------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| Van der Meijden 1996 | Nederland | zomersituatie | 1.00- | 0.01-0.02 | -- |
| Fiala 1971 | Trebon, Tsjechië | zomersituatie | 0.5 (gem.) | -- | 20 |
| Grace & Wetzel 1981 | USA | mei/september | -- | -- | 18-24 |

1 Doorgaans hoogte van een steekproef.

2 Doorgaans is de basale dikte gemeten.

3 Dichtheid in aantal/m²; niet altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Figuur 41 Lisdodde.
 Links foto in oktober in Meinerswijk (P. Jesse), Rechts Grote lisdodde
 in januari (H. Coops)



Structuurkenmerken

De Lisdoddevegetaties worden veelal gedomineerd door één enkele soort en om deze reden is er dan ook geen sprake van een gelaagdheid in de vegetatie. Belangrijk kenmerk van de Lisdodde is dat in de winter plekken in de vegetatie vallen waardoor een deel van het oppervlak kaal (open water) zal zijn. Bij Lisdodde wordt dan er ook rekening gehouden dat 25 % van het oppervlak wordt ingenomen door open water (Tabel 36).

Tabel 36 Structuurkenmerken
 Lisdodde (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b | opmerking |
|--------|---------------------|--------|------------------------------------------------|-------|-------|-----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | m ² /m ² /m ¹ | [-] | [m] | |
| 1.5 | 20 | 0.0175 | 0.35 | 1.8 | 0.1 | 25 % open water |

3.3.5.6 Riet

Onder dit type vallen de door Riet gedomineerde helofytenbegroeiingen in kommen en op oevers van wateren in de uiterwaarden. Bodems zijn kleilig, slibrijk of organisch. Het waterpeil staat gewoonlijk boven maaiveld. Rietbegroeiingen kunnen gesloten zijn, maar ook bestaan uit losse pollen met daartussen meer of minder open water of slik; dit laatste is vooral het geval als er sprake is van enige graasdruk van watervogels (ganzen) of in sterk sedimenterende omstandigheden. Door een intensieve veebeweiding (zie hoofdstuk 5) worden rietvelden opgeruimd.

(Bijna) permanent geïnundeerde rietvelden worden gekenmerkt door een klein aantal begeleidende plantensoorten; in niet te gesloten rietoevers kunnen (lage) moerassoorten zoals Moerasvergeetmijnietje en Groot moerasscherm in de ondergroei voorkomen. Veelal is er echter sprake van een situatie waarin riet als enige soort groeit.

Riet vormt ondergrondse rhizomen op enige diepte onder het maaiveld, van waaruit verticale uitlopers in de stengels overgaan. In het vroege voorjaar lopen de scheuten uit tot bebladerde stengels, die tot 4 m hoog (zoetwatergetijdengebied) kunnen worden. Bij rietklonen die 's winters onder water staan kunnen jonge groene scheuten overwinteren. Bij

beschadiging (vraat, golfslag, maaien, parasieten) in het voorjaar wordt een primaire, dikke stengel vervangen door diverse dunne, secundaire stengels. In de winter sterft het riet bovengronds af en verhouten de stengels. De bladeren en bloeiwijzen waaien grotendeels van de plant af gedurende de winter. De stengelskeletten blijven gemiddeld nog 1.5 jaar staan. Door strooiselophoping kunnen open plekken ontstaan. Geschat wordt dat in de uiterwaarden ongeveer 30% van de oppervlakte van rietvelden in de winter uit platliggend strooisel bestaat.

Er is een duidelijke invloed van het milieu (voedingsstoffen, vochtvoorziening) en genetische factoren op de grootte en vorm van de stengels. Hierdoor kunnen verschillende 'ecotypen' worden onderscheiden: het riet van het zoetwatergetijdengebied levert zeer forse, dikke stengels op met een lage dichtheid, terwijl het 'rivier-riet' kleinere stengels met een hogere dichtheid levert.

Figuur 42 Riet.

Links januari (H. Coops)
rechts riet bij Gorinchem (januari 2003 (T. Slingerland))



Kengetallen en waarnemingen:

In de literatuur zijn geen winterwaarden gevonden. Wel kunnen van zomermetingen gegevens voor de winter worden afgeleid, aangezien de hoogte en dikte van stengels niet sterk zullen verschillen, terwijl de dichtheid van dode stengels door middel van een omrekening kan worden geschat.

Tabel 37 Enkele bandbreedtes voor metingen aan Riet (waarden afgerond)

| bron | locatie | opmerking | h^1 | d^2 | dh^3 |
|---------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------------------|--------|-------------------|
| Meting 2001 | Afferden-Deest | wintersituatie | 2.4 ^{-a} | 0.005 | 70 |
| Meting 2000 | Waal | wintersituatie | 2.2 ^{-a} 2.5 ^{-d} | 0.006 | 110 |
| Van der Toorn, 1972 | Kalenberg, NW-Overijssel | veen-ecotype | 2.0 ^{-b} | 0.0055 | 200 |
| | Biesbosch | | 3.5 ^{-b} | 0.009 | 80 |
| | Kampen | rivier-ecotype | 3.0 ^{-b} | 0.008 | 120 |
| Coops, 1996 | transplantatie N. Merwede | proefbassin, optimaal | 1.8 ^{-a} | 0.005 | 80 |
| Coops, 1996 | De Voorst, Noordoostpolder | golfbassin | 2.3 ^{-a} | 0.007 | 140 ^{-a} |
| Binz-Reist, 1989 | Othfresen, Z.-Duitsland | helofytenfilter | 2.3 ^{-c} | 0.006 | -- |

| bron | locatie | opmerking | h ¹ | d ² | dh ³ |
|--------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------------|-----------------|
| Ondok, 1971 | Trebon, Tsjechië | visvijvers | 2.1 ^{-a} | -- | 80 |
| Kerkum 1994 | Lelystad | helofytenfilter | 2.2 ^{-a} | -- | > 200 |
| Kvet & Hudec, 1971 | Nesyt, Tsjechië | visvijver | 3.0 ^{-c} | 0.007 | 80 |
| Dykyjova & Hradecka 1973 | Z.-Bohemen | natuurlijke bestanden | 2.2 ^{-a} 3.0 ^{-d} | -- | 120 |
| Vogel 1984 | Duitsland | zomersituatie | 2.0-3.0 ^{-d} | -- | 32-108 |
| Rodewald-Rudescu, 1974 | Donaudelta | plaur, zomer maximum | 2-4 15 | 0.008- 0.015 | 20-60 200 |
| Ksenofontova, 1988 | Estland | zomersituatie | 2.46 - 3.74 ^{-d} | 0.0069- 0.0117 | 113- 124 |
| Young et al., 1991 | UK | zomersituatie | -- | 0.0061- 0.0074 | -- |
| Haslam, 1972 | UK | zomersituatie | 0.90-2.30 | -- | 70-110 |
| Hubbard, 1968 | UK | zomersituatie | 1.5-3 | -- | -- |

1 Doorgaans hoogte van een steekproef. a = gemiddelde van alle stengels; b = lengte van alleen bloeistengels; c = hoogste kwartiel; d = maximumhoogte.

2 Doorgaans is de basale dikte gemeten.

3 Dichtheid in aantal/m²; niet is altijd duidelijk of jonge scheuten zijn meegeteld; a = inclusief dode stengels

Van het ruimtelijk patroon van de stengels van riet is nauwelijks iets vastgelegd. Algemeen kan worden gesteld dat er over oevers een dichtheidsverloop is van laag naar hoog, met de grootste dichtheid in het midden. Maar er zijn allerlei uitzonderingen: afsterven van riet begint vaak in het midden van het bestand, en de grootste dichtheid wordt dikwijls langs de open-waterrand gevonden.

In rietvelden komt vaak een afwisseling voor van dichte en open stukken. Een heterogene structuur (in de winter) ziet men vooral daar waar veel strooiselaccumulatie of strooiselinvang optreedt. Metingen in de Veluwerandmeren (2001) zoals weergegeven in Tabel 38, maken de grote variatie duidelijk.

Tabel 38 Variatie aan Riet in de Veluwerandmeren (2001)

| randmeer | locatie | waterdiepte | stengel-dichtheid | hoogte | basale dikte (gem.) |
|-------------|------------|-------------|-------------------|-----------|---------------------|
| Drontermeer | landzijde | 0.01 | 70-200 | 1.90-2.80 | 0.00643 |
| | midden | 0.39 | 50-70 | 2.70-3.10 | 0.00691 |
| | waterzijde | 0.67 | 50-120 | 2.65-2.75 | 0.00738 |
| Veluwemeer | landzijde | 0.02 | 60-170 | 1.60-2.30 | 0.00643 |
| | midden | 0.38 | 40-140 | 2.30-2.70 | 0.00644 |
| | waterzijde | 0.50 | 60-120 | 2.40-3.00 | 0.00695 |
| Nijkerk | landzijde | 0.02 | 30-120 | 1.40-2.70 | 0.00577 |
| | midden | 0.26 | 50-130 | 2.60-3.40 | 0.00666 |
| | waterzijde | 0.51 | 20-150 | 2.40-3.10 | 0.00705 |

Structuurkenmerken

De Rietvegetatie wordt in tegenstelling tot Rietruigte gedomineerd door één enkele soort. Desondanks is er veelal wel sprake van een zekere gelaagdheid in de vegetatie bestaande uit een dichte onderlaag en daarboven de (kalere) bloeistengels. Bij het bepalen van de structuurkenmerken wordt hier echter geen onderscheid in gemaakt en wordt gewerkt met een representatieve vegetatiehoogte en dichtheid. Net als de

andere moerasvegetaties vallen in de winter open plekken in de vegetatie. Geschat wordt dat dan ongeveer 25 % van gesloten rietbestanden uit platliggend strooisel bestaat met een laagdikte van 0.1 m (Tabel 39).

Tabel 39 Structuurkenmerken Riet (winter)

| Hoogte | Dichtheid | Dikte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b | opmerking |
|--------|---------------------|-------|---------------------------------------------------|-------|-------|----------------|
| [m] | [n/m ²] | [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] | |
| 2.5 | 80 | 0.005 | 0.37 | 1.8 | 0.1 | 25 % strooisel |

3.3.6 Struwelen

Langs de Nederlandse rivieren komen twee typen van struwelen voor: het zachthoutstruweel (ook wel wilgenstruweel genoemd) en het doornstruweel. In

Tabel 40 zijn de plantengemeenschappen aangegeven die tot deze typen behoren.

Tabel 40 Struwelen

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Doornstruweel | Associaties van Sleedoorn en Eenstijlige meidoorn Vlierstruwelen, Gewone braam |
| Zachthoutstruweel | Klasse der Wilgenvloedbos en struwelen Elzenbroekbos |
| Zachthoutgriend | Zachthoutoobos (beheerd) |

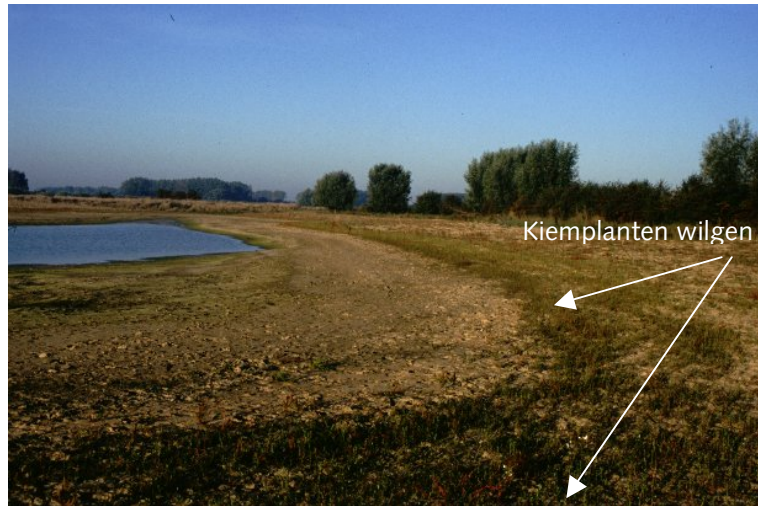
Zachthoutstruwelen vormen veelal een successiestadium voor het ontstaan van oobos. Onderscheid van bos en struweel vindt dan ook niet zozeer plaats op basis van soortensamenstelling maar vooral op basis van structuurkenmerken (dichtheid).

In het kader van het laseraltimetrieonderzoek (maart 2001) zijn verschillende metingen verricht aan struwelen. In het document "Stromingsweerstand van oobos/struwelen (van Velzen, 2000) worden gegevens van andere (buitenlandse) studies gepresenteerd. De in deze paragraaf gepresenteerde structuurkenmerken van de typen zijn gebaseerd op beide bronnen.

3.3.6.1 Zachthoutstruweel

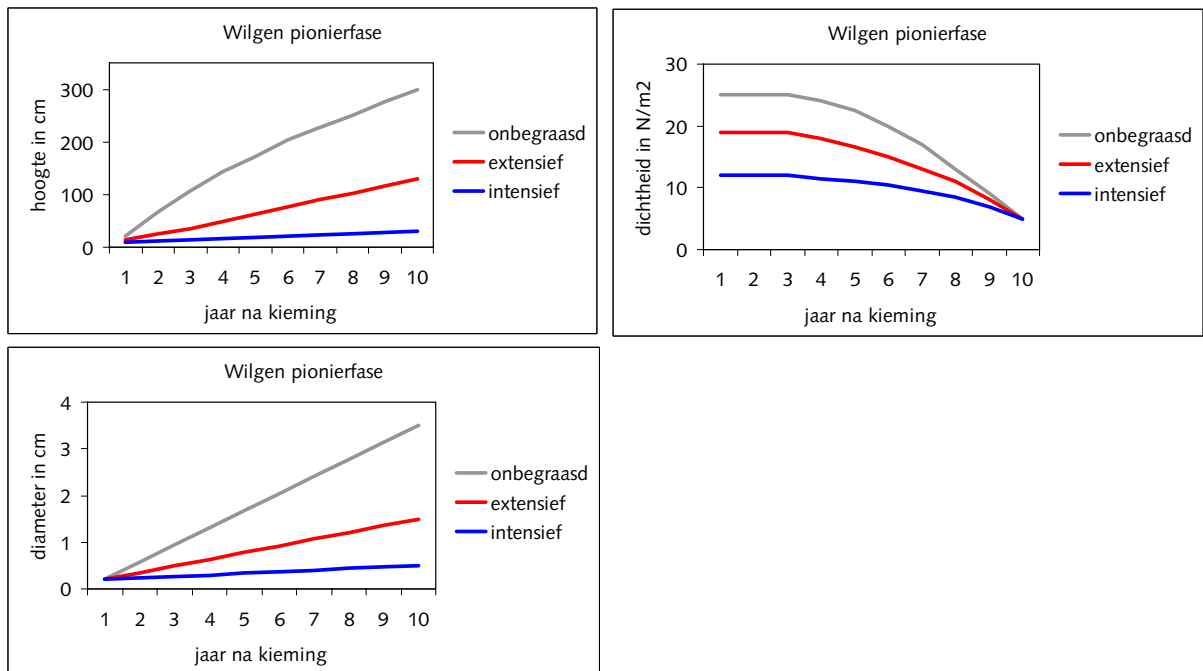
Met name in ontgraven uiterwaarden kan direct na oplevering massaal kieming van soms enkele honderden wilgen per m² optreden (Figuur 43). Afhankelijk van de morfologie van het ontgraven deel kan dit in een smalle of brede band langs de oever plaatsvinden. Deze band geeft de hoogte aan van de oever waar op het moment van kieming het water zich langzaam terug trok. In een onbegrasde situatie kunnen deze kiemplanten in enkele jaren uitgroeien tot struweel (zie Figuur 44). In begrasde situatie wordt deze ontwikkeling sterk vertraagd.

Figuur 43 Kieming van wilgen in het eerste groeiseizoen na ontgraving van de uiterwaard in de Afferdensche en Deestsche Waarden (P. Cornelissen).



Figuur 44 Ontwikkeling van wilgen in relatie tot het aantal jaren na kieming.

De gegevens zijn gebaseerd op begrazingsonderzoek van RIZA en uitgedrukt in gemiddelde hoogte, dichtheid individuen en stamdiameter.



Het zacht houtstruweel bestaat uit struikvormige wilgen (Amandelwilg, Bittere Wilg, Katwilg), jonge Schietwilgen en Zwarte Populieren. De kruidlaag is spaarzaam ontwikkeld en bestaat uit ruigtekruiden als Gele Waterkers en Brandnetel. In de moerassige delen van de uiterwaard kan in de ondergroei een veel dichtere kruid- en struiklaag ontstaan dan in de goed ontwaterde delen.

Het jonge wilgenstruweel van enkele meters hoog kan zeer hoge dichtheden bereiken. Wanneer het struweel ouder wordt en zich meer ontwikkelt richting zacht houtooibos wordt de structuur opener.

.....
Figuur 45 Jong wilgenstruweel in de Duursche Waarden.
 Links oktober 2001 (P. Jesse), rechts maart 2001 (DON).



.....
Figuur 46 (Oud) Wilgenstruweel in de Duursche Waarden.
 Links oktober 2001 (P. Jesse), rechts maart 2001 (DON)



Bij het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 verschillende veldopnamen uitgevoerd aan struweel. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 41.

.....
Tabel 41 Veldgegevens wilgenstruweel

| Gebied | Aantal metingen | Hoogte [m] | Dichtheid [aantal/m ²] | Diameter [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m] |
|-----------------------------------|-----------------|------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------|
| Jong struweel | | | | | |
| Duursche Waarden | 3 | 3.5 | 19.6 | 0.011 | 0.233 |
| (Oud) Struweel | | | | | |
| Duursche Waarden | 7 | 7.3 | 4.6 | 0.034 | 0.097 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 6 | 7.6 | 1.0 | 0.034 | 0.033 |

Structuurkenmerken

Wanneer struweel is ontstaan kan begrazing het struweel iets opener houden. Het effect hiervan valt echter binnen de spreiding van de jonge en oude struwelen. Op basis van bovengenoemde gegevens en op basis van de voorbereidende studie van van Velzen (2000) worden de volgende vegetatiekarakteristieken gehanteerd.

Tabel 42 Structuurkenmerken wilgenstruweel (winter)

| Hoogte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b |
|--------|---------------------------------------------------|-------|-------|
| [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] |
| 6 | 0.13 | 1.5 | 0.4 |

3.3.6.2 Griend

In het verleden zijn op verschillende locaties in het rivierengebied wilgen aangeplant ten behoeve van de griendcultuur. Deze grienden worden tegenwoordig voor het overgrote deel niet meer gebruikt waardoor ze nu veelal zijn doorgeschoten. Deze doorgeschoten grienden lijken qua structuur en soortensamenstelling steeds meer op natuurlijke bossen (zie zachthoutoibos).

Door den Ouden (1993) zijn 4 wilgengrienden geïnventariseerd. De gemeten variatie aan aangestroomd oppervlak lag tussen minimaal 0.023 m²/m²/m en maximaal 0.041 m²/m²/m. Het gemiddeld aangestroomd oppervlak is redelijk constant met de waterdiepte.

Figuur 47 Wilgengriend.

Links Langs de nieuwe Merwede (H. Coops), rechts langs de boven Merwede bij Gorinchem (febr 2003, T. Slingerland)



Structuurkenmerken

Door het knotbeheer van de wilgen worden grienden ten opzichte van de onbeheerde wilgenstruwelen vrij open gehouden. Op basis van de voorbereidende studie van van Velzen (2000) worden in Tabel 43 de representatieve vegetatiekarakteristieken aangegeven.

Tabel 43 Structuurkenmerken wilgengriend (winter)

| Hoogte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 3 | 0.041 | 1.5 | 0.4 |

3.3.6.3 Doornstruweel

Doornstruweel bestaat uit een struiklaag van het hardhoutoibos zoals Meidoorn, Sleedoorn, Kardinaalsmuts, Roos en Gewone braam. Het wordt veelal omzoomd door vegetaties met ruigtekruiden. Ze komen voor op matig basenrijke, matig tot zeer voedselrijke en al of niet overstromde klei en leemgronden. De begroeiingen vormen over het algemeen smalle linten in het landschap, hetzij in de vorm van aangeplante heggen, hetzij als doorgaans spontane mantels langs houtwallen en bosranden (zie ook hoofdstuk Heggen). In begraasde graslanden kunnen zij echter ook spontaan ontkiemen waardoor een gebied met losstaande struiken ontstaat. Door de beschermende stekels worden de struiken door de begrazing amper beïnvloed en kan de struik zich langzaam uitbreiden.

Figuur 48 Doornstruweel

Links Meidoorn in Meinerswijk (oktober 2001, P. Jesse), Rechts bosrand bestaande uit ondermeer sleedoorn in de Duursche Waarden (maart 2001 DON)



Structuurkenmerken

Vanuit het laseraltimetrieonderzoek zijn geen gegevens beschikbaar van doornstruwelen. Wanneer eenmaal struweel is ontstaan kan begrazing het struweel iets opener houden. Het effect hiervan valt echter binnen de spreiding van doornstruwelen. Op basis van de voorbereidende studie van van Velzen (2000) worden de volgende vegetatiekarakteristieken gehanteerd.

Tabel 44 Structuurkenmerken doornstruweel (winter)

| Hoogte [m] | Aangestroomd oppervlak m ² /m ² /m ¹ | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 5 | 0.17 | 1.5 | 0.4 |

3.3.7 Bossen

Binnen de bossen worden natuurlijke typen (zachthout en hardhoutooibossen) en aangeplante typen onderscheiden. In Tabel 45 worden de plantengemeenschappen aangegeven die behoren tot de natuurlijke bossen.

Tabel 45 Plantengemeenschappen behorende tot de bossen

| Vegetatiestructuurtype | Plantengemeenschap |
|------------------------|-------------------------------------------------|
| Zachthoutooibos | Klasse der wilgenvloedbossen en struwelen |
| Hardhoutooibos | Abelen-lepenbos Essen-lepenbos |
| Productiebos | Rompgemeenschap van <i>Populus x canadensis</i> |

Bij de aangeplante bossen (productiebossen) kan afhankelijk van de aangeplante soorten onderscheid worden gemaakt in zachthout, hardhout en naaldhoutproductiebos. Afhankelijk van de (natuurlijke) ondergroei kunnen zich in productiebossen verschillende plantengemeenschappen ontwikkelen

In het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn metingen verricht aan zachthoutooibos en hardhoutproductiebos. Andere metingen, veelal vanuit buitenlandse rivieren zijn beschreven in het document "Stromingsweerstand van ooibos/Struwelen (van Velzen, 2000). Beide gegevensbronnen resulteren in structuurkenmerken voor het bepalen van de stromingsweerstand.

Figuur 49 Doorstroomd zachthoutbos nabij de Pannerdensche overlaat (maart 2001; P. Jesse)



3.3.7.1 Zachthoutooibos

Zachthoutooibossen komen voor op periodiek overstroomde laaggelegen, voedselrijke gronden in het stroomgebied van de grote rivieren. Ze zijn gebonden aan jonge ongerijpte gronden. Wat de waterdynamiek betreft is zowel de amplitude, de duur als de frequentie van overspoeling van belang.

Het zachthoutooibos bestaat in de laaggelegen natte uiterwaarden voornamelijk uit Schietwilgen. De struiklaag van Mei- en Sleedoorn is hierin

veelal slecht ontwikkeld. Op de hoger gelegen oeverwallen zijn de zachthoutoibossen een fase in de ontwikkeling in de richting van hardhoutoibos. Op deze oeverwallen komt ook de Zwarte Populier voor en kan zich ook een struiklaag ontwikkelen.

Figuur 50 Zachthout oibos

Links Meinerswijk oktober 2001 (P. Jesse 2001), rechts Afferdensche en Deestsche Waarden, maart 2001 (MD)



Bij het laseraltimetrieonderzoek zijn in maart 2001 verschillende veldopnamen uitgevoerd aan zachthoutoibos. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 46.

Tabel 46 Veldgegevens zachthoutoibos (n.b. = niet bepaald)

| Gebied | Aantal metingen | Hoogte | | Dichtheid [aantal/m ²] | Diameter [m] | Aangestroomd opp. [m ² /m ² /m] |
|-----------------------------------|-----------------|--------|------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| | | bos | ondergroei | | | |
| Duursche Waarden | 2 | 19 | n.b. | 0.2 | 0.137 | 0.027 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 3 | n.b. | 0.4 | 0.2 | 0.107 | 0.022 |

Structuurkenmerken

Wanneer eenmaal zachthoutoibos is ontstaan kan begrazing het bos wat opener houden. Het effect hiervan valt echter binnen de spreiding van de verschillende zachthoutoibossen. Op basis van bovengenoemde gegevens en op basis van de voorbereidende studie van van Velzen (2000) worden de volgende vegetatiekarakteristieken gehanteerd.

Tabel 47 Structuurkenmerken zachthoutoibos (winter)

| Hoogte | Aangestroomd oppervlak | C _d | k _b |
|--------|---------------------------------------------------|----------------|----------------|
| [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] |
| 20 | 0.028 | 1.5 | 0.6 |

3.3.7.2 Zachthoutproductiebos

Zachthout productiebos komt in Nederland vaak voor. Het zijn voornamelijk populierenbossen. Op 12 Nederlandse locaties met productiebos zijn de structuurkenmerken geïnteriseerd (WL 1998). Het gemiddeld aangestroomd oppervlak blijkt redelijk constant met de hoogte te zijn. De spreiding in de dichtheden is tamelijk groot. Dit is in overeenstemming met de verwachtingen. Populierenbossen worden namelijk in hun definitieve plantverband (gemiddeld 7 tot 8 m in het vierkant) aangeplant. In eerste instantie zijn de bomen nog dun en zijn de dichtheden dus zeer laag. Naarmate de bomen dikker worden neemt de dichtheid toe in de richting van het maximum.

Het aangestroomd oppervlak varieert hierdoor van minimaal 0.001 m²/m²/m tot maximaal 0.025 m²/m²/m.

Ook langs de Wupper (Ritterbach, 1991) zijn populieren-opstanden geïnteriseerd daaruit is een waarde voor het aangestroomd oppervlak afgeleid van 0.0097 m²/m²/m.

Structuurkenmerken

De volgende structuurkenmerken worden gehanteerd.

Tabel 48 Structuurkenmerken zachthoutproductiebos (winter).

| Hoogte | Aangestroomd oppervlak | C _d | k-bodem |
|--------|-------------------------------------|----------------|---------|
| [m] | [m ² /m ² /m] | [-] | [m] |
| 20 | 0.01 | 1.5 | 0.3 |

3.3.7.3 Hardhoutooibos

Het hardhoutooibos wordt langs de Nederlandse rivieren nog maar zelden aangetroffen (Jansen en Backx 1998). Het is een structuurrijk bos, met een goed ontwikkelde struiklaag, veelal twee boomlagen en een weelderige ontwikkelde bodemflora. De boomlaag bestaat uit Es, Zomereik, Steeliep en Gladde Iep. Overstromingsgevoelige soorten als Beuk en Haagbeuk ontbreken in deze vegetatie. Hardhoutooibossen groeien langs rivieren op zavelige tot kleiige gronden die incidenteel tot regelmatig overspoeld raken. Hierdoor raken de (jonge) gronden niet ontkalkt en blijft een zekere toevoer van voedingsstoffen gegarandeerd.

.....
Figuur 51 Hardhoutooibos in het
 voorjaar langs de Allier
 (H. Coops)



Structuurkenmerken

Bij het laseraltimetrieonderzoek zijn geen veldopnamen uitgevoerd aan hardhoutooibos. Wanneer eenmaal hardhoutooibos is ontstaan kan begrazing het bos wat opener houden. Het effect hiervan valt echter binnen de spreiding van de verschillende hardhoutooibossen. Op basis van de voorbereidende studie van van Velzen (2000) worden in Tabel 49 de representatieve vegetatiekenmerken aangegeven.

.....
Tabel 49 Structuurkenmerken
 hardhoutooibos

| Hoogte | Aangestroomd oppervlak | C_d | k_b |
|--------|---------------------------------------------------|-------|-------|
| [m] | [m ² /m ² /m ¹] | [-] | [m] |
| 20 | 0.023 | 1.5 | 0.6 |

3.3.7.4 Hardhoutproductiebos

Hardhout productiebos (loofhout) komt langs de Nederlandse rivieren niet of nauwelijks voor. In Duitsland komen dit soort bossen veel meer voor.

.....
Figuur 52 Hardhoutproductiebos
 (Beuk) oktober 2001
 Fortmond.
 (P. Jesse)



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek is in maart 2001 één meting verricht aan hardhoutproductiebos. De gegevens hiervan zijn weergegeven in Tabel 50.

Tabel 50 Veldgegevens
hardhoutproductiebos
(Beuk)

| Gebied | Aantal metingen | Hoogte [m] | Dichtheid [aantal/m ²] | Diameter [m] | Aangestroomd opp. [m ² /m ² /m] |
|------------------|-----------------|---------------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------|
| Duursche waarden | 1 | 14.4 | 0.02 | 0.33 | 0.008 |

Ritterbach (1991) vond voor productiebossen langs de Wupper de volgende waarden voor het gemiddelde aangestroomd oppervlak (m²/m²/m¹):

| | |
|---------|--------|
| eik | 0.0093 |
| beuk | 0.0095 |
| esdoorn | 0.01 |

Structuurkenmerken

Op basis van bovengenoemde gegevens worden de volgende vegetatiekarakteristieken aangehouden.

Tabel 51 Structuurkenmerken
hardhoutproductiebos

| Hoogte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m ¹] | C _d [-] | k _b [m] |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 20 | 0.011 | 1.5 | 0.3 |

3.3.7.5 Naaldhoutproductiebos

Net als het hardhoutproductiebos komt ook het naaldhoutproductiebos langs de Nederlandse rivieren nauwelijks voor. In Duitsland worden dit soort bossen veel meer aangetroffen.

Figuur 53 Naaldhoutproductiebos
bestaande uit Den in
oktober 2001
(P. Jesse)



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek is een meting verricht aan naaldhoutproductiebos. De gegevens hiervan zijn weergegeven in Tabel 52.

Tabel 52 Veldgegevens
naaldhoutproductiebos
(Den)

| Gebied | Aantal metingen | Hoogte [m] | Dichtheid [aantal/m ²] | Diameter [m] | Aangestroomd opp. [m ² /m ² /m] |
|------------------|-----------------|------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------|
| Duursche waarden | 1 | 16.7 | 0.08 | 0.22 | 0.018 |

In Nederland is in de literatuur van naaldhout productiebos weinig bekend. In Duitsland zijn ook weer langs de Wupper productiebossen met Spar geïnventariseerd. Als gemiddeld aangestroomd oppervlak is daar gevonden 0.016 m²/m²/m¹.

Structuurkenmerken

Op basis van bovengenoemde gegevens worden de volgende vegetatiekarakteristieken aangehouden.

Tabel 53 Structuurkenmerken
naaldhoutproductiebos

| Hoogte [m] | Aangestroomd oppervlak m ² /m ² /m ¹ | C _d [-] | k _b [m] |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| >10 | 0.016 | 1.5 | 0.3 |

3.3.8 Overige typen

Naast de in voorgaande hoofdstukken beschreven vegetatie-structuurtypen worden er langs de Nederlandse rivieren nog een aantal typen aangetroffen die niet goed zijn onder te brengen in een bepaalde vegetatie-eenheid (Tabel 54). Het betreft agrarische gebieden als akkers en boomgaarden of gebieden die door hun vorm (laanbeplanting, heggen) afwijken van de andere typen.

In het type waterbodem kunnen veelal nog wel waterplantengemeenschappen worden aangetroffen. Aan het eind van de herfst zijn deze vrijwel geheel terug getrokken. Alleen de slappe onderwaterbladeren van Gele Plomp zijn soms nog zichtbaar. Er wordt vanuit gegaan dat dit geen andere weerstand oplevert dan de waterbodem zelf. De gemeenschappen van de kale (oever) bodems zijn beschreven bij de pioniervegetaties (Tabel 7).

Tabel 54 Overige typen

| type | Plantengemeenschap |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Waterbodem | Eendekroos-, Kranswier- en fonteinkruid- klasse |
| Akkers | nvt |
| Boomgaard | Hoog- en laagstam bomen |
| Heggen/houtwallen | n.v.t. |
| Laanbeplanting | n.v.t.- |
| Verspreid voorkomende bomen | n.v.t. |

Een beschrijving van de onbegroeide (water)bodem en de verspreid voorkomende bomen is al gegeven in respectievelijk de paragrafen 2.6 en 2.4.3. In de volgende paragrafen zullen de andere typen worden beschreven.

3.3.8.1 Akkers

De meeste akkers langs de Nederlandse Rijn worden gebruikt voor de teelt van (voeder-)mais. Ook andere teeltgewassen en af en toe zelfs natuurlijk beheerde akkers kunnen worden aangetroffen zoals bij Cortenoever langs de IJssel. Op dit type akkers wordt (vrijwel) geen gebruik gemaakt kunstmest en bestrijdingsmiddelen waardoor hierin ook verschillende akkerkruiden in ontwikkeling kunnen komen als klaproos en korenbloem.

Vooral mais kan in de zomer een hoge en dichte vegetatie opleveren. In het late najaar wordt deze echter geogst en van het land verwijderd. Soms zijn er nog wel stoppels op het land te vinden maar veelal in lage dichtheden. Ter bevordering van de bodemstructuur wordt de grond meestal voor de winter geploegd.

Figuur 54 Akkers

Links maisakker bij Fortmond (maart 2001, DON), rechts een natuurlijke akker met graan en klaprozen bij Cortenoever (juni 2003, P. Jesse)



In het kader van het laseraltimetrieonderzoek zijn er verschillende metingen verricht aan akkers in de winter. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 55.

Tabel 55 Veldgegevens akkers (n.b. = niet bepaald)

| Gebied | Aantal metingen | hoogte vegetatie [m] | hoogte bodemrelief [m] |
|-----------------------------------|-----------------|----------------------|------------------------|
| Fortmond | 3 | 0.08 (<1 %) | 0.04 |
| Afferdensche en Deestsche Waarden | 3 | n.b. | 0.09 |

In Tabel 56 zijn de Manning waarden van kale akkers die door Ven te Chow (1973) zijn beschreven weergegeven. Hiernaast zijn in deze tabel de hiervan afgeleide Nikuradze k-waarden opgenomen.

Tabel 56 Literatuurwaarden akkers

| | Manning waarde (Ven te Chow, 1973) | Afgeleide Nikuradze k-waarde [m] |
|-----------|------------------------------------|----------------------------------|
| minimum | 0.02 | 0.02 |
| gemiddeld | 0.03 | 0.17 |
| maximum | 0.04 | 1.0 |

Structuurkenmerken

Voor akkers wordt een Nikuradse k-waarde van 0.20 m aangehouden.

3.3.8.2 Boomgaarden

In het rivierengebied van Rijn en Maas worden veelvuldig op de rijke hooggelegen gronden fruitboomgaarden aangetroffen. Ook in de uiterwaarden kunnen fruit-boomgaarden worden aangetroffen. Behalve op soort en ras kan hierbij onderscheid worden gemaakt in hoog- en laagstam boomgaarden. De hoogstam wordt vaak aangetroffen op oude boomgaarden en hebben veelal een hoge culturele en ecologische waarde. Moderne boomgaarden zijn vaak aangeplant met fruit-rassen die als laagstam kunnen worden gehouden waardoor het oogsten wordt vereenvoudigd.

In (Kleobs, 1999) zijn karakteristieke waarden gegeven voor de hoogte en de stamdiameter van hoogstam- resp. laagstam boomgaarden. Voor het aantal bomen per oppervlakte eenheid worden de volgende veronderstellingen ten aanzien van de plantafstand (zie ook Klaassen, 1976) aangehouden:

Hoogstambomen 7 m
Laagstambomen 2.5 m

.....
Figuur 55 Boomgaarden nabij Arnhem,
links Hoogstam (jan 2003), rechts laagstam december 2001 (P. Jesse)



In het kader van deze studie zijn geen metingen verricht aan boomgaarden. In Tabel 57 zijn de uit de literatuur bekende vegetatiekarakteristieken opgenomen.

.....
Tabel 57 Literatuurwaarden
structuurkenmerken van
boomgaarden

| type | hoogte | stamdiameter | N | Aangestroomd oppervlak |
|--------------------------------------------------------|--------|---------------------------|------|-------------------------------------|
| | [m] | [m] | | [m ² /m ² /m] |
| Laagstambomen conventioneel (kersen, appels, peren) | 3 | 0.1-0.2 | 0.16 | 0.016-0.032 |
| Laagstambomen modern | 2 | Appels: 0.1 Peren: 0.2 | 0.16 | Appels:0.016 Peren: 0.032 |
| Hoogstambomen (kersen, appels, peren) | >5 | 0.3 | 0.02 | 0.006 |

Structuurkenmerken

In Tabel 58 zijn de representatieve structuurkenmerken van boomgaarden weergegeven.

Tabel 58 Structuurkenmerken van boomgaarden

| type | Hoogte [m] | Aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m] | C _d [-] | K _b [m] |
|---------------|---------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Laagstambomen | 3 | 0.024 | 1.5 | 0.2 |
| Hoogstambomen | 6 | 0.010 | 1.5 | 0.2 |

3.3.8.3 Heggen/houtwallen

Onder heggen wordt verstaan (bron: Stichting wAarde, www.heggen.nl):

| | |
|---------|-------------------------------------------------------|
| heg | Dichte rij struiken ter afscheiding van een stuk land |
| haag | Laag geschoren heg |
| houtwal | Met kreupelhout beplante wal |

T.b.v. de WAQUA schematisatie zijn in 1983 heggen en houtwallen geïventariseerd in het Rijntakkengebied. Het onderscheid tussen typen beplanting is vaak moeilijk eenduidig te maken. Bij het Rijntakkenonderzoek is de pragmatische keus gemaakt door het onderscheid te baseren op de gemiddelde hoogte (zie Tabel 59).

Tabel 59 Structuurkenmerken heggen en houtwallen

| | aantal opgenomen | gem hoogte [m] |
|-------------------|------------------|----------------|
| Heggen (<3 m) | 422 | 2.05 |
| Houtwallen (>3 m) | 665 | 5.41 |

Over het aangestroomd oppervlak van de heggen/houtwallen is weinig bekend. Uitgedrukt in het aantal struiken per m wordt 1.45 gevonden. (maximum 10, minimum 0.1). Het aantal struiken is echter geen goede maat voor het aangestroomd oppervlak.

Ten behoeve van onderzoek aan stromingsweerstand worden 3 typen heggen onderscheiden: zeer open, open en dichte. De dichte vorm bestaat bijvoorbeeld uit zogenaamde vlechtheggen. Hierbij wordt door de beheerder een deel van stammen half gekapt en platgelegd waardoor een zeer dichte wand van (horizontale) stammen ontstaat. Hier vanuit kunnen weer nieuwe takken omhoog schieten. Ook heggen van bijvoorbeeld Meidoorn kunnen zeer dicht worden.

Ritzen e.a. (2002) leiden het aangestroomd oppervlak af op basis van de lichtdoorlatendheid. Hierbij is de term dichtheidslengte geïntroduceerd. Dit is de lengte waarbinnen vegetatie, bij aanzicht, niet achter elkaar wegvalt. De lichtdoorlatendheid, in % van het totale verticale oppervlak van de heg, kan dan met de volgende formule berekend worden:

$$\text{lichtdoorlatendheid} = (1 - s \cdot A_s)^{\frac{B}{s}} * 100$$

met:

| | | | |
|----------------|---|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| s | = | dichtheidslengte | (m) |
| A _s | = | aangestroomd oppervlak (per m ² grondoppervlak) | (m ² /m ² /m) |
| B | = | dikte van de heg | (m) |

Voor struiken wordt door Ritzen e.a. een dichtheidslengte van 0,5 m gebruikt. Het lijkt logischer geen constante waarde te gebruiken voor de dichtheidslengte maar een waarde die omgekeerd evenredig is met het aangestroomde oppervlak A_s. Daarom wordt hier gerekend met een dichtheidslengte

$$s = \frac{0.075}{A_s}$$

Bij een gemiddeld aangestroomd oppervlak van struweel levert dat de eerder genoemde 0,50 m op. Toepassing hiervan levert onderstaande tabel op voor de lichtdoorlatendheid.

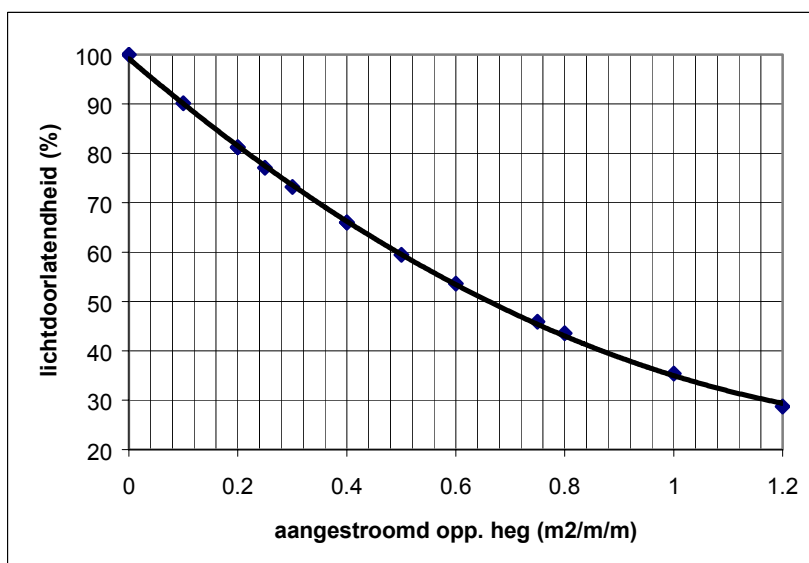
Tabel 60 Aangestroomd oppervlak versus lichtdoorlatendheid

| A _s [m ² /m ² /m] | B | A _s heg [m ² /m/m] | S | percentage lichtdoorlatendheid |
|-------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| 0,1 | 1 | 0,1 | 0,75 | 90,1 |
| 0,1 | 2 | 0,2 | 0,75 | 81,2 |
| 0,1 | 3 | 0,3 | 0,75 | 73,2 |
| 0,1 | 4 | 0,4 | 0,75 | 66,0 |
| 0,2 | 1 | 0,2 | 0,375 | 81,2 |
| 0,2 | 2 | 0,4 | 0,375 | 66,0 |
| 0,2 | 3 | 0,6 | 0,375 | 53,6 |
| 0,2 | 4 | 0,8 | 0,375 | 43,5 |
| 0,25 | 1 | 0,25 | 0,30 | 77,1 |
| 0,25 | 2 | 0,50 | 0,30 | 59,5 |
| 0,25 | 3 | 0,75 | 0,30 | 45,9 |
| 0,25 | 4 | 1,00 | 0,30 | 35,4 |
| 0,3 | 4 | 1,20 | 0,25 | 28,7 |

Hierbij wordt opgemerkt dat het aangestroomd oppervlak heg (A_s heg) gelijk is aan het aangestroomd oppervlak per m² grondoppervlak (A_s) vermenigvuldigt met de dikte van de heg.

In grafiekvorm wordt dan gevonden

.....
 Figuur 56 Aangestroomd oppervlak
 versus lichtdoorlatendheid



Op basis van deze grafiek delen we heggen in in de drie klassen die zijn weergegeven in Tabel 61:

.....
 Tabel 61 Onderscheiden heggen

| hegtype | aangestroomd opp. heg [m ² /m/m] | lichtdoorlatendheid [%] |
|-----------|------------------------------------------------|----------------------------|
| Zeer open | 0,2 (klasse 0-0,4) | >65% |
| Open | 0,6 (klasse 0,4-0,8) | 45-65% |
| Dicht | 1 (klasse 0,8-1,2) | < 45% |

.....
Figuur 57 Drie onderscheiden typen heg in zomer
en winteromstandigheden

Winter



Zomer



Zeer open heg (houtwal) in de winter (K. van Dixhoorn)



Open heg (meidoorn, K. van Dixhoorn)



Dichte heg (meidoorn, K. van Dixhoorn)

3.3.8.4 Laanbeplanting

Laanbeplanting is vrijwel altijd aangeplant en kan uit zeer veel verschillende soorten bomen bestaan. Het is gedefinieerd als een (enkele) rij bomen met een regelmatige plantafstand. Formeel kan nog onderscheid gemaakt worden in lijn- en laanbeplanting waarbij de laatste is gesitueerd langs een weg en de eerste niet. Voor de eenduidigheid wordt in dit document alleen gesproken over laanbeplanting.

Mede vanwege de grote variatie aan soorten is er ook een grote variatie aan hoogte van de bomen. Knotwilgen worden door beheer laag gehouden terwijl onbeheerde wilgen en vooral populieren hoog kunnen opschieten (Figuur 58).

Ten behoeve van de WAQUA schematisatie zijn in 1983 bomenlanen geïnventariseerd in het Rijntakkegebied. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 62. Wanneer laanbeplanting op een kade is aangeplant dan gelden andere hydraulische condities dan wanneer dit niet het geval is.

Figuur 58 Laanbeplanting rechts langs de IJssel okt 2002, links knotwilg nabij stuw Driel dec. 2001 (P. Jesse)



Tabel 62 Gemiddelde veldkenmerken bomenlanen

| catagorie | aantal opnamen | aantal [1/m'] | hoogte [m] | diameter [m] | aangestroomd oppervlak [m ² /m ² /m] |
|--------------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| <3 m (knotwilg) | 559 | 0.17 | 2.35 | 0.38 | 0.065 |
| 3 – 6 m | 311 | 0.333 | 5.11 | 0.48 | 0.16 |
| > 6m | 992 | 0.15 | 13 | 0.58 | 0.09 |

Structuurkenmerken

In Tabel 63 worden de karakteristieken voor laanbeplanting weergegeven

Tabel 63 Structuurkenmerken laanbomen

| catagorie | diameter [m] | C _d |
|----------------|-----------------|----------------|
| laanbeplanting | 1.0 | 1.5 |

4 Vegetatiestructuurtypen en ecotopen

Bij hydraulische modellen van de Rijn en Maas wordt voor de bepaling van de hydraulische weerstand van de uiterwaarden ook uitgegaan van ecotopenkaarten (Rademakers en Wolfert, 1994). De vegetatieindeling die is gekozen voor het beschrijven van de hydraulische weerstand (dit handboek) sluit niet een op een aan op de ecotopenindeling. De structuurtypen kunnen in meerdere ecotopen voorkomen. In Tabel 64 wordt per structuurtype aangegeven in welke ecotopen ze kunnen voorkomen.

Het onderscheid in struwelen en bossen is bij de ecotopenkartering gebaseerd op de hoogte. Zachthoutstruwelen omvatten vooral struikvormende wilgen en zijn, conform de definitie bij de ecotopenkartering, lager dan 5m. Vegetaties met hogere bomen worden tot de (zachthoutooi-)bossen gerekend.

Voor de bepaling van de stromingsweerstand ten behoeve van bijvoorbeeld MHW berekeningen wordt op dit moment uitgegaan van de ecotopenkartering. Om beide methoden aan elkaar te kunnen relateren worden in bijlage 2 koppeltabellen gepresenteerd waarbij wordt aangegeven in welke ecotopen de structuurtypen kunnen voorkomen. Binnen een ecotoop kunnen echter meerdere typen voorkomen. In de praktijk wordt echter een locatie door één type gedomineerd en deze kan dan ook representatief worden geacht voor het desbetreffende ecotoop. De structuurkenmerken van dit type (zie hoofdstuk 3) dienen gebruikt te worden bij hydraulische berekeningen waarbij de ecotopenkaart wordt gebruikt als input voor een ruwheid van het gebied.

Tabel 64 Vegetatie & ecotopen

| Vegetatiestructuur | Ecotoop |
|------------------------------|---------------------------------------|
| Pioniervegetatie | Zs-2 Zandplaat/zandstrand |
| | Zs-3 Slikplaten/slikkige oevers |
| | Or-1 Oeverwal met rivierduinvorming |
| Graslanden | |
| Productiegrasland | Og-3 Oeverwal productiegrasland |
| | Ug-3 Uiterwaard productiegrasland |
| | Hg-3 Hoogwatervrij productiegrasland |
| Natuurlijk gras- en hooiland | Mg-2 Moerassig productiegrasland |
| | Mg-1 Moerassig uiterwaardgrasland |
| | Og-1 Oeverwal stroomdalgrasland |
| | Og-2 Oeverwal hooiland |
| | Ug-1 Structuurrijk uiterwaardgrasland |
| | Ug-2 Uiterwaard hooiland |
| | Hg-1 Hoogwatervrij schaalgrasland |
| Verruigd grasland | Hg-2 Hoogwatervrij hooiland |
| | Mg-1 Moerassig uiterwaardgrasland |
| | Og-1 Oeverwal stroomdalgrasland |
| | Ug-1 Structuurrijk uiterwaardgrasland |
| | Hg-1 Hoogwatervrij schaalgrasland |

| Vegetatiestructuur | Ecotoop | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------------------------|
| Ruigten | | |
| Akkerdistelruigte | Or-2a | Soortenarme oeverwalruigte |
| | Ur-2 | Soortenarme uiterwaardruigte |
| | H-r1a | Soortenarme ruigte op hoogwatervrij terrein |
| Droge ruigte | Or-2b | Structuurrijke oeverwalruigte |
| | Ur-1 | Structuurrijke uiterwaardruigte |
| | Mr-1 | Moerasruigte |
| | H-r1b | Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein |
| Dauwbraamruigte | idem droge ruigte | |
| Harig Wilgenroosje ruigte | idem droge ruigte | |
| Rietruigte | Mr-1 | Moerasruigte |
| | Mr-2 | Rietmoeras |
| | Ur-2 | Soortenarme uiterwaardruigte |
| Moerasvegetatie | | |
| Natte ruigte | Or-2 | Structuurrijke oeverwalruigte |
| | Ur-1 | Structuurrijke uiterwaardruigte |
| | Mr-1 | Moerasruigte |
| | Mr-2 | Rietmoeras |
| | Mr-3 | Kwelmoeras |
| Zeggen | Mr-1 | Moerasruigte |
| Rietgras | Mr-1 | Moerasruigte |
| | Ur-1 | Structuurrijke uiterwaardruigte |
| Biezen | Zs-4 | Biezenoever |
| Lisdodde | Mr-2 | Rietmoeras |
| Riet | Mr-2 | Rietmoeras |
| Struweel | | |
| Zachthoutstruweel | Ob-4 | Oeverwal zachthoutstruweel |
| | Ub-4 | Uiterwaard zachthoutstruweel |
| | Mb-3 | Moerassig zachthoutstruweel |
| | Mb-4 | Broekbos-Struweel |
| | Hb-2 | Hoogwatervrij struweel |
| Wilgengriend | Ub-6 | Uiterwaard Zachthoutproductiebos / Griend |
| Doornstruweel | Ob-2 | Oeverwal doornstruweel |
| | Ub-2 | Uiterwaard doornstruweel |
| | Hb-2 | Hoogwatervrij struweel |
| Bossen | | |
| Zachthoutoibos | Ob-3 | Oeverwal zachthoutoibos |
| | Ub-3 | Uiterwaard zachthoutoibos |
| | Mb-2 | Moerassig zachthoutoibos |
| | Hb-1 | Hoogwatervrij bos |
| Zachthoutproductiebos | Ob-5 | Oeverwal productiebos |
| | Ub-6 | Uiterwaard Zachthoutproductiebos / Griend |
| | Hb-3 | Hoogwatervrij productiebos |
| Hardhoutoibos | Ob-1 | Oeverwal hardhoutoibos |
| | Ub-1 | Uiterwaard hardhoutoibos |
| | Mb-1 | Moerassig hardhoutoibos |
| | Hb-1 | Hoogwatervrij bos |
| Hardhoutproductiebos | Ob-5 | Oeverwal productiebos |
| | Ub-5 | Uiterwaard hardhoutproductiebos |
| | Hb-3 | Hoogwatervrij productiebos |
| Naaldhoutproductiebos | idem hardhoutproductiebos | |

| Vegetatiestructuur | Ecotoop |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Overigen | |
| Onbegroeide (water) bodem * | Zs-1 Grindbanken Zs-2 Zandplaten zandstrand Zs-3 Slikplaten/slikkige oevers Wn-1 Zandige nevengeul Wn-2 Kleiige nevengeul Wn-3 Getijdekreek Ws-1 Aangekoppelde strang Ws-2 Afgesloten strang Ws-3 Stagnante strang Ws-4 Kwelgeul Ws-5 Beek-strang Wp-1 Aangekoppelde zand/grindgaten Wp-2 Afgesloten zand/grindgat Wp-3 Klein diep water/kolk |
| Akkers | Or-3 Oeverwal akker Ur-3 Uiterwaard akker Hr-2 Hoogwatervrije akker |
| Boomgaarden | Ob-5 Oeverwal productiebos Ub-5 Uiterwaard hardhoutproductiebos Hb-3 Hoogwatervrij productiebos |
| Heggen ** | Wordt niet als ecotoop gekarteerd. |
| Laanbeplanting | Wordt niet als ecotoop gekarteerd. |
| Verspreid voorkomende bomen | Wordt niet als ecotoop gekarteerd. |

* De ecotopen in het zomerbed zijn hier niet mee meegenomen. De ruwheid van deze ecotoop wordt op een andere wijze bepaald dan beschreven in dit document (Brink et al, 2002).

**In de ecotopenkartering van de Maas zijn ten opzichte van de Rijn ook gebieden met heggen als aparte eenheden (bv "productiegrasland met heggen") gekarteerd.

5 De invloed van begrazing en successie

5.1 De invloed van begrazing op de vegetatiestructuur

De gegevens in dit hoofdstuk zijn voor een belangrijk deel gebaseerd op resultaten van het project begrazingsonderzoek Rivieren van het RIZA dat o.a. is gerapporteerd in Wolters et al (2002).

5.1.1 Hoe functioneert begrazing

Runderen en paarden zijn typische grazers die voor hun onderhoud en groei voornamelijk afhankelijk zijn van grassen, met name van die van droog grasland (Cornelissen & Vulink 2001). Het terreingebruik van deze herbivoren wordt dan ook in belangrijke mate bepaald door de productie van grasland, die weer voor een belangrijk deel afhangt van de voedselrijkdom van de bodem. De voedselrijkdom hangt weer grotendeels samen met het kleigehalte van de bodem.

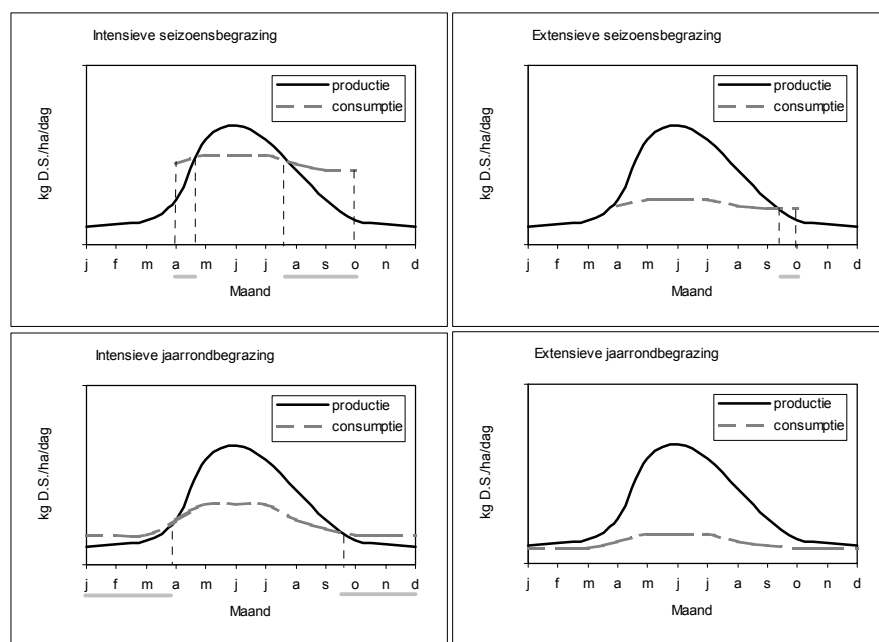
Bij een extensieve begrazing (0.5 - 1 dier / ha) kunnen de grazers vrijwel uitsluitend met het aanbod aan grassen in hun behoefte voor onderhoud en groei voorzien. In een gevarieerd landschap zal bij een extensieve begrazing het dieet echter nooit geheel uit grassen bestaan. Afhankelijk van hoe extensief de begrazing is en waaruit het aanbod bestaat, zal onder deze omstandigheden ca 5 tot 20 % van het dieet bestaan uit kruiden, helofyten, ruige grassen en houtigen. Bij een extensieve begrazing zal de graasdruk voornamelijk geconcentreerd zijn op het droge grasland. Een bepaald deel van het grasland zal intensief begraasd worden en kort blijven. De rest zal extensiever worden begraasd en verruigt. Andere vegetatietypen die minder aantrekkelijk zijn voor runderen en paarden zullen bij een extensieve begrazing niet of nauwelijks benut worden en verruigen. De ontwikkeling van bos en struweel wordt bij extensieve begrazing niet geheel tegengegaan.

Bij een intensieve begrazing (1-2 dier / ha) kunnen de dieren niet meer volledig met het aanbod aan grassen in hun behoefte voorzien. Zij worden gedwongen plantensoorten uit andere vegetatietypen op te nemen. In dit geval wordt vrijwel het gehele oppervlak droog grasland kort gehouden. De druk op de andere vegetatietypen is groter dan bij de extensieve begrazing en de ruigere vegetatietypen kunnen worden omgezet in grazige vegetaties. Struweel- en bosontwikkeling wordt bij een intensieve begrazing onderdrukt.

Op basis dichtheid en de specifieke voorkeur van de grazers kan goed worden ingeschat hoe de graasdruk zich zal verdelen over een gebied bij een gegeven vegetatie, bodemtype en dierbezetting en waar ze dus de grootste invloed op de structuur (aantal en grootte van de takken/twijgen) van de vegetatie uitoefenen. In uiterwaarden zullen de dieren zich voornamelijk concentreren op de droge graslanden op de zwaardere en dus rijkere gronden.

Het productieverloop van grasland binnen een jaar stuurt in combinatie met de dierbezetting het terreingebruik en daarmee de begrazingseffecten. In Figuur 59 is de productie van de graslanden vergeleken met de behoefte (maximale consumptie) van runderen en paarden. De horizontale grijze strepen onder de maanden geven de perioden weer waarin de consumptie de productie van grasland overtreft en de alternatieve vegetatietypen, waaronder struweel en bos, begraasd worden. Afhankelijk van de begrazingsvorm ontstaan er kortere of langere perioden in het jaar waarin dit optreedt. In Figuur 59 is te zien dat bij de intensieve begrazingsvormen de alternatieve vegetatietypen, waaronder struweel en bos, gedurende een periode van 4 tot 6 maanden begraasd moeten worden om aan de behoefte te blijven voldoen. Dit betekent dat de invloed op de structuur van deze typen groter wordt.

Figuur 59 Theoretische relatie tussen de productie van grasland en de consumptie van runderen en paarden.
(D.S. = droge stof)



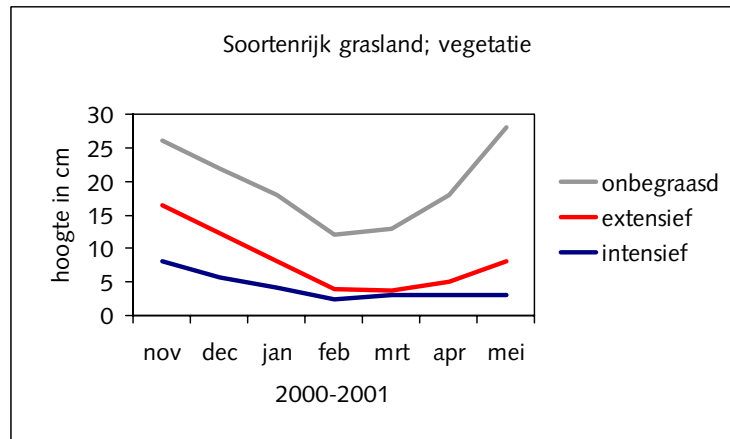
Andere factoren die een rol spelen bij de verdeling van de graasdruk over het gebied zijn de variatie in dierdichtheid in de tijd en de soort grazer. Wanneer ieder jaar met een zelfde dierdichtheid wordt gewerkt en de dieren ieder jaar hetzelfde graaspatroon vertonen, ontstaan harde grenzen tussen bepaalde vegetatietypen als bos, ruigte en gras. Als de dierdichtheid eens in meerdere jaren wordt verlaagd krijgen bepaalde delen van de vegetatie de kans te verruigen en ontstaat er weer ruimte voor allerlei overgangen tussen structuurtypen.

5.1.2 Effecten van begrazing

Met begrazingsbeheer kan de hydraulische weerstand van de uiterwaard worden verminderd doordat de vegetatiehoogte afneemt. Afhankelijk van de dierbezetting kan de vegetatie meer of minder kort worden afgegraasd. In Figuur 60 is het effect van de begrazingsvorm op natuurlijk grasland weergegeven (gebaseerd op het begrazingsonderzoek van RIZA). In het extensief begraasde gebied vindt jaarrondbegrazing met runderen en paarden plaats met een dierdichtheid van 0.8 dier/ha. In het intensief begraasde gebied vindt seizoensbegrazing met runderen plaats en jaarrondbegrazing met paarden. In de zomer is de graasdruk 1.8 dier/ha en in de winter 0.9 dier/ha.

Grofweg kan gesteld worden dat een halvering van de graasdruk leidt tot een verdubbeling van de hoogte van de vegetatie.

.....
Figuur 60 Relatie tussen vegetatiehoogte, graasdruk, begrazingsvorm en tijd op soortenrijk grasland.



Vanuit veiligheid tegen overstroming is de situatie in de winterperiode van groot belang. Bij intensieve jaarrondbegrazing neemt de hoogte in de winter af tot een minimum. Bij extensieve jaarrondbegrazing is de vegetatie hoger aan het begin van het winterhalfjaar dan bij intensieve begrazing en blijft in de winterperiode hoger in vergelijking met de intensieve begrazing. Bij sommige vegetatietypen (zie Figuur 60; en hoofdstuk 3) neemt de hoogte verder af gedurende de winter, totdat in februari-maart vergelijkbare hoogten worden bereikt als bij intensieve jaarrondbegrazing.

Ontwikkeling van houtigen kan tot op zekere hoogte worden tegengegaan. Een belangrijke rol hierin spelen de afweermechanismen van de houtigen. Antivraatstoffen (zoals bijv. bij gewone vlier) en afweersystemen zoals stekels (bijv. bij eenstijlige meidoorn) voorkomen dat de plant gegeten wordt door herbivoren. Ontwikkeling van wilgenbos kan met behulp van begrazing met runderen en paarden worden tegengegaan, mits de graasdruk intensief is (Tabel 65). Ontwikkeling van meidoornstruweel en andere houtige gewassen met anti-vaatstoffen of andere afweermechanismen is niet tegen te gaan met grazers die dat niet aankunnen (Figuur 61, Tabel 65); aanvullende beheersmaatregelen zijn nodig waar vanwege veiligheid struweel- of bosontwikkeling niet gewenst is.

Wanneer de grote herbivoren de vrije hand krijgen en zij zelf kunnen bepalen waar ze wel en niet willen grazen, kan de situatie ontstaan dat korte en structuurrijke vegetaties of struweel en bos niet op de plaatsen ontstaan waar dat vanuit veiligheid toelaatbaar is. Sturing van de begrazing of tijdelijke aanvullende maatregelen als maaien of inzetten van extra grazers is dan nodig.

Tabel 65 Effect van begrazing op de verschillende vegetatiestructuurtypen

| Structuurtype | Onbegaasd (autonome ontwikkeling) | Extensief Begaasd 0.5-1 dier/ha | Intensief Begaasd 1-2 dier/ha |
|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Pioniervegetaties (kruiden) | ++ | ++/+ | o/- |
| Graslanden | | | |
| Productie grasland | ++ | ++ | o |
| Natuurlijk gras en hooiland | ++ | o | -/-- |
| Verruigd grasland | ++ | - | -- |
| Droge ruigten | | | |
| Akkerdistelruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Droge ruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Dauwbraamruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Harig wilgenroosjeruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Rietruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Moerasvegetatie | | | |
| Natte ruigte | ++ | ++/+ | -/-- |
| Rietgras | ++/o | ++/o | -/-- |
| Biezen | ++/o | ++/o | -/-- |
| Zeggen | ++/o | ++/o | -/-- |
| Biezen | ++/o | ++/o | -/-- |
| Lisdodde | ++/o | ++/o | -/-- |
| Riet | ++/o | ++/o | -/-- |
| Struwelen | | | |
| Zachthoutstruweel | ++ | o/- | -/-- |
| Wilgengriend | ++ | ++/+ | -/-- |
| Doornstruweel | ++ | +/o | o/- |
| Bossen | | | |
| Zachthoutoobos | o | o/- | -/-- |
| Zachthoutproductiebos | ++ | ++/+ | -/-- |
| Hardhoutoobos | o | o/- | - |
| Hardhoutproductiebos | ++ | ++/+ | o |
| Naaldhoutproductiebos | ++ | ++/+ | o |
| Overige | | | |
| Akkers | nvt | nvt | nvt |
| Boomgaarden | nvt | nvt | nvt |
| Laanbeplanting | ++ | +/o | o |
| Heggen / Houtwallen | ++ | ++/+ | -/-- |

- : afname hoogte en bedekking van de vegetatie, successie naar ander vegetatiestructuurtype
- : afname hoogte en bedekking van de vegetatie, type blijft langdurig in stand
o : geen effect, type blijft ongewijzigd in stand
+ : toename hoogte en bedekking van de vegetatie, type blijft langdurig in stand
++ : toename hoogte en bedekking van de vegetatie, successie naar ander vegetatiestructuurtype

.....
Figuur 61 Effecten van begrazing op houtigen

(P. Cornelissen)



De invloed van begrazing op ruimtelijke patronen is geïllustreerd in Figuur 61. De foto links geeft de situatie weer van de ontwikkeling van Wilgen binnen en buiten een exclusure in de Afferdensch en Deestsche waarden. De foto rechts laat de ontwikkeling van meidoorn zien in begraasd grasland in de Duursche Waarden.

Deze patronen kunnen van jaar tot jaar sterk variëren onder invloed van rivierdynamiek en begrazing. In een relatief nat jaar (waarbij de uiterwaarden voor een deel zijn overstroomd) zijn de grazers gedwongen te grazen op de hoger gelegen delen. Deze delen worden dat jaar intensief begraasd waardoor een groot deel van de vegetatie kort blijft en slechts een gering deel kan verruigen (afhankelijk van de dierbezetting). De ondergelopen vegetatie komt pas laat in het jaar in productie en de jonge voedselrijke en smakelijke vegetatie vormt dan een belangrijke voedselbron voor de grazers. Doordat het laat in productie komt en doordat het direct een belangrijke voedselbron wordt voor de grazers blijft de vegetatie van deze lagere delen in zo'n situatie kort. In een relatief droog jaar komt de productie van de vegetatie overal gelijk op gang. Er is dan voldoende voedsel voor de grazers en grote delen worden niet begraasd en verruigen. Het variëren van structuurpatronen in de tijd wordt geïllustreerd door de false colour opnamen van de Stiftse waard in Figuur 62. In dit gebied vindt seizoensbegrazing (mei-oktober) met runderen plaats (ca 1,5 dier/ha). Als gevolg van langdurig hoog water in het voorjaar van 1999 werden de grazers gedwongen het hoger gelegen grasland intensiever te begrazen. De false colour foto's geven de structuur van de graslanden weer: de donkerrode kleur geeft hoge vegetatie weer en de roze kleur korte vegetatie.

.....

Figuur 62 Verandering in structuurpatronen van droog grasland onder invloed van begrazing en rivierdynamiek.



Augustus 1997

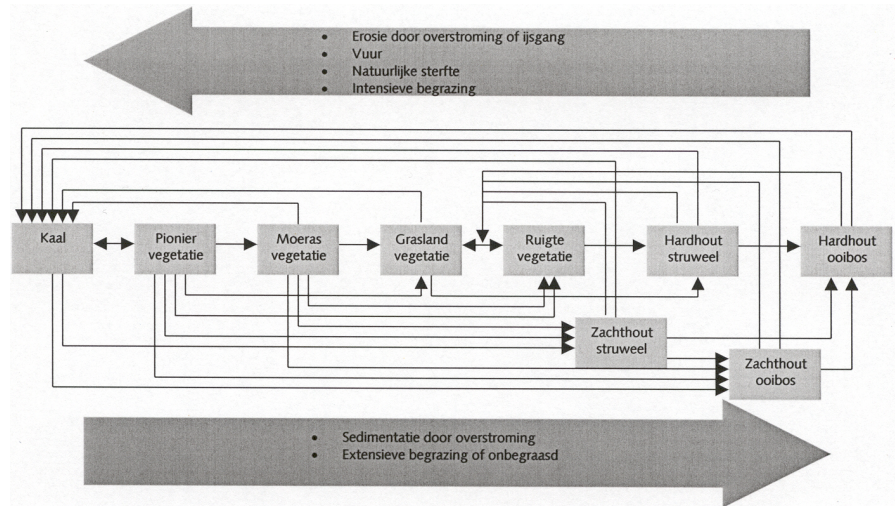


Augustus 1999

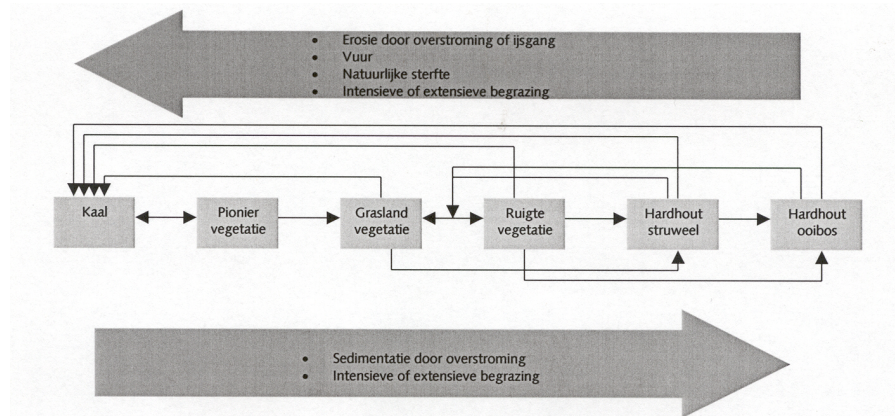
5.2 Successie

Onder invloed van verschillende processen, zoals erosie en sedimentatie door overstroming en ijsgang, vuur, natuurlijke sterfte en begrazing kunnen vegetaties in stand blijven of veranderen in andere vegetaties (Figuur 63 en Figuur 64). Vegetatiesuccessie kan in twee richtingen lopen: richting een toename van biomassa en structuur of omgekeerd in de richting van een afname van biomassa en structuur. Autonome successie en successie in gebieden die beheerd worden met een extensief begrazingsbeheer verlopen in veel gevallen in de richting van een toename van de biomassa en structuur. Erosie, vuur, natuurlijke sterfte en intensieve begrazing zorgen in de regel voor een afname van de biomassa en structuur. Deze processen kunnen er voor zorgen dat successiereksen worden gestopt, in een bepaald successiestadium blijven hangen of dat het volledig wordt teruggezet naar het begin van de successiereeks.

.....
Figuur 63 Successieschema voor een laaggelegen 'natte' situatie



.....
Figuur 64 Successieschema voor een hooggelegen 'droge' situatie



In het uiterwaardengebied kunnen verschillende successiereeksen worden onderscheiden. De belangrijkste zijn de 'natte' en 'droge' reeksen. In Figuur 63 wordt een voorbeeld gegeven van successie voor een laaggelegen 'natte' situatie in een Nederlandse uiterwaard waar sedimentatie nauwelijks mogelijk is. In Figuur 64 wordt een voorbeeld gegeven van successie voor een hooggelegen 'droge' situatie in een Nederlandse uiterwaard waar sterke erosie vanuit veiligheid niet gewenst is. Bij beide reeksen spelen dezelfde processen een rol. Het grote verschil tussen beide is dat in de droge reeks geen moerasvegetatie en zacht houtstruweel en -ooibos ontstaat, terwijl in de natte reeks door voortdurende sedimentatie wel hard houtstruwelen en -ooibossen kunnen ontstaan. Afhankelijk van de bodem, morfologie, rivierdynamiek en het beheer kunnen verschillende successiereeksen ontstaan. Tot hoever een successiereeks doorloopt, hoe lang een bepaald successiestadium blijft bestaan en hoe lang een overgangsfase van het ene naar het andere stadium duurt, is voor een belangrijk deel afhankelijk van de dynamiek van de processen. In Figuur 65, Figuur 66 en Figuur 67 worden voorbeelden gegeven van successiereeksen in droge en natte omstandigheden bij een intensieve en extensieve begrazing en bij een autonome ontwikkeling. De verdeling tussen de structuurtypen is slechts indicatief. Voor iedere uiterwaard kan, afhankelijk van bodem, morfologie en dynamiek van verschillende natuurlijke processen, een reeks anders lopen en kunnen de verhoudingen tussen de verschillende structuurtypen anders zijn. Op basis van deze indicatieve

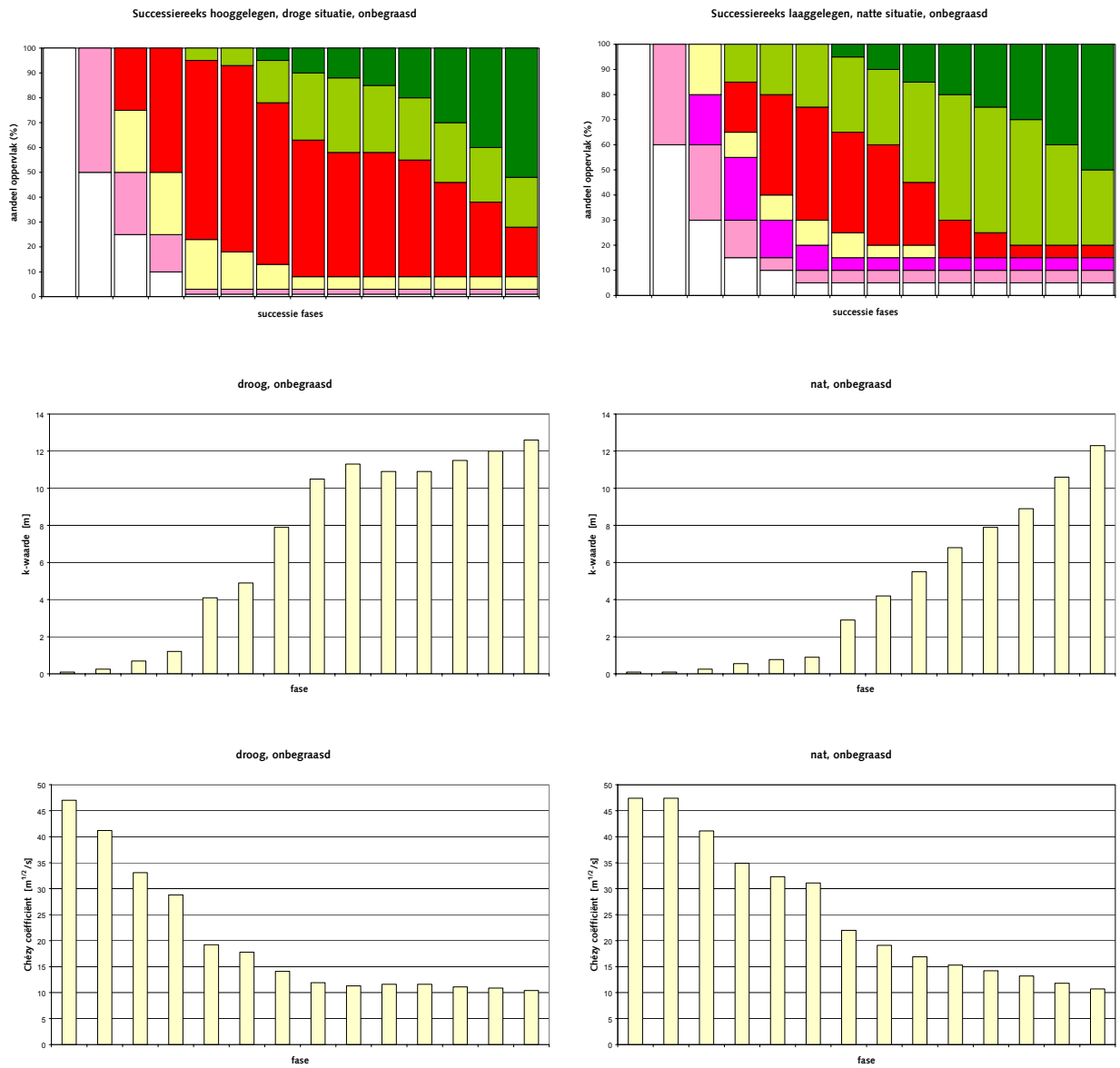
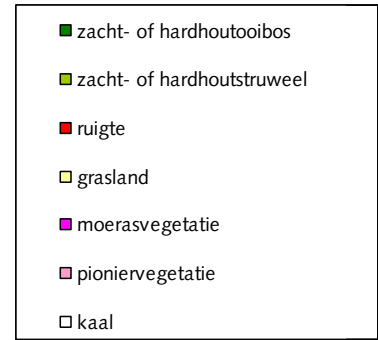
getallen kunnen wel verschillen tussen de beheersvormen worden aangegeven. In het algemeen zal een intensiever beheer leiden tot een hoger aandeel grazige vegetatie. In de natte reeks blijft een groter aandeel kaal, pioniervegetatie en moerasvegetatie aanwezig als gevolg van een hoger dynamisch milieu.

De pionierfase duurt veelal 5-10 jaar. In deze fase kan kunnen ook wilgen, een typische pioniersoort van kale rivieroever tot ontwikkeling komen en in de pionierfase al struweel om uiteindelijk na 30 –50 jaar volwassen zachthoutoibos te vormen. Deze ontwikkeling gaat veel sneller dan de zachthoutoibos via grasland en ruigte naar zachthoutstruweel/-bos. Dit neemt 50-75 jaar in beslag. Hardhoutoibos ontwikkelt zich op de wat hoger gelegen delen van de uiterwaard. Ongeveer na 10 jaar na herinrichting van een uiterwaard kunnen de eerste hardhoutsoorten als meidoorn in het extensief beheerder grasland tot ontwikkeling komen. Indien deze ontwikkeling zich kan voortzetten kan dit na 75-100 jaar resulteren in een volwassen hardhoutoibos/struweel.

Bij een intensiever beheer zal de ontwikkeling wat langzamer gaan dan bij een extensiever beheer. Het grootste verschil tussen de verschillende vormen van beheer zal waarschijnlijk niet zitten in de ontwikkelingstijd, maar meer in de aandelen van de verschillende vegetatiestructuurtypen die zich zullen ontwikkelen.

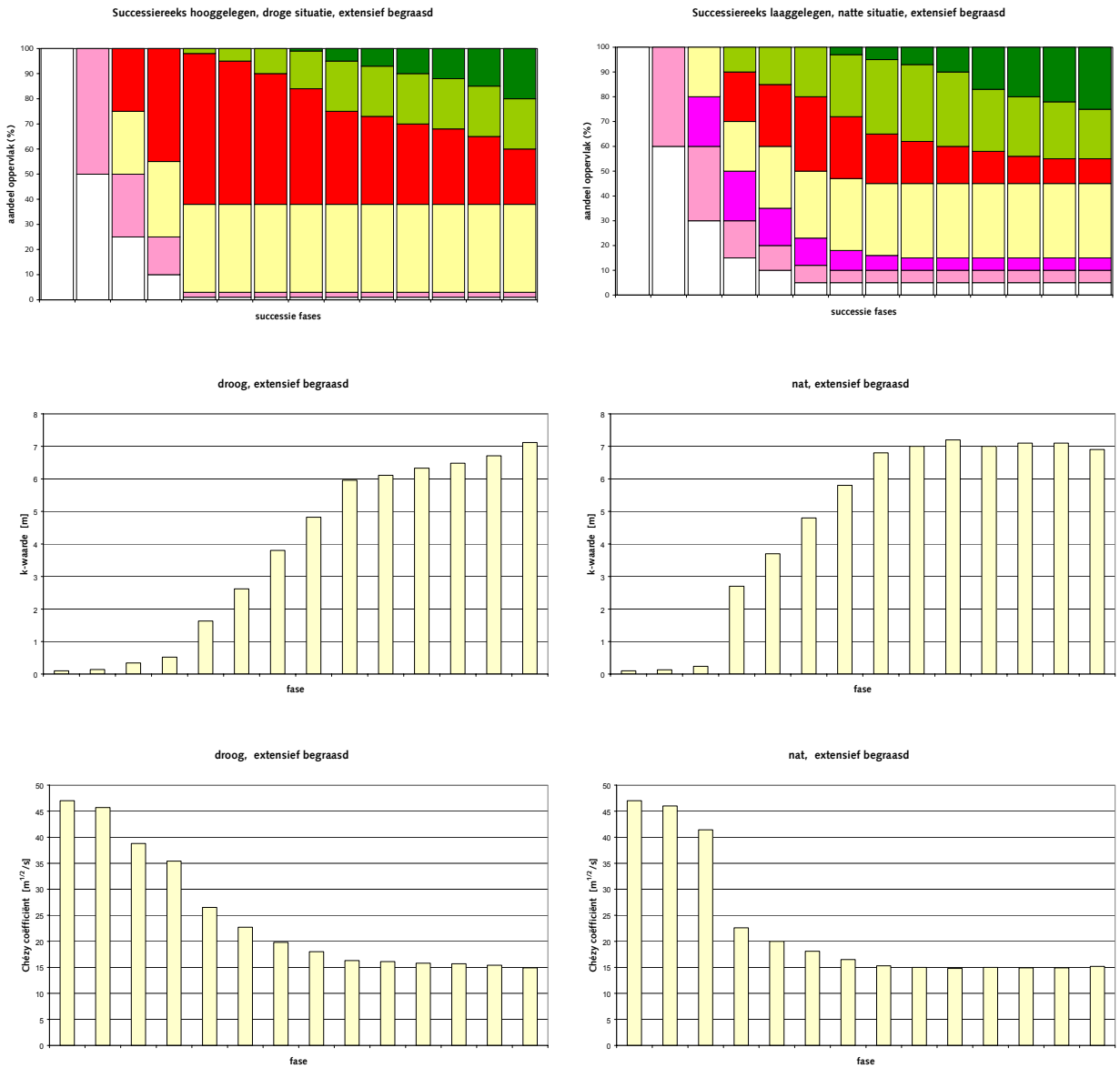
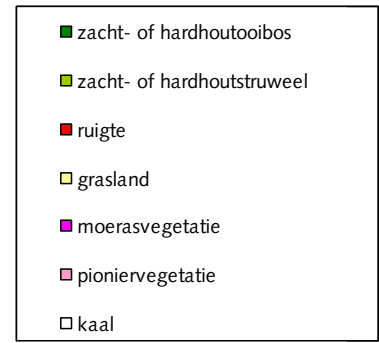
Met de theorie van par. 2.3.3 en 2.3.4 is de bij de successiereeks behorende ruwheidsreeks berekend. In Figuur 65, Figuur 66 en Figuur 67 zijn deze reeksen weergegeven waarbij de ruwheid is uitgedrukt in k-waarde (Nikuradse zandruwheid) en in C-waarde (Chézy-waarde).

Figuur 65 Indicatieve successiereeksen vanuit een onbegraasde situatie (nat en droog).



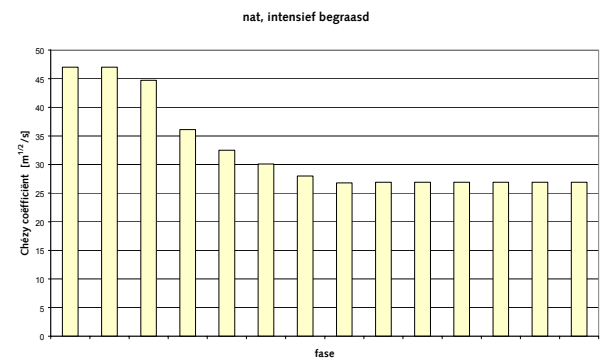
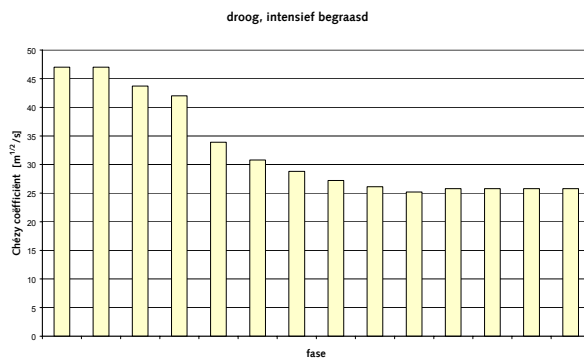
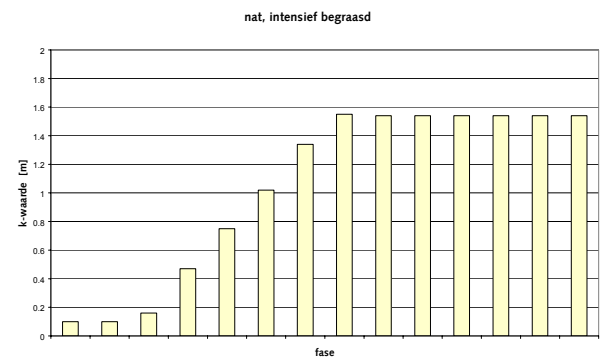
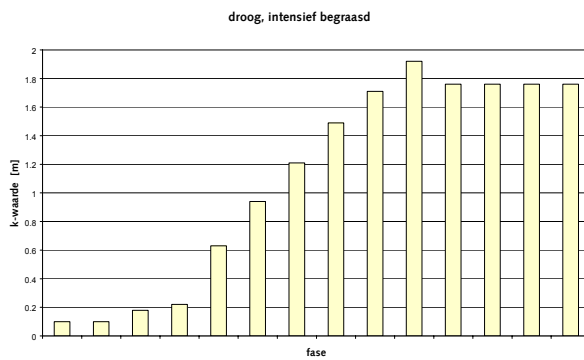
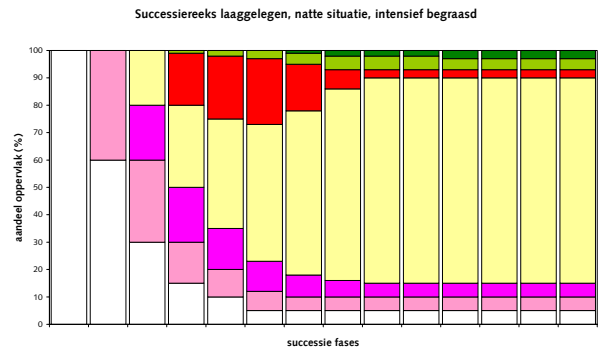
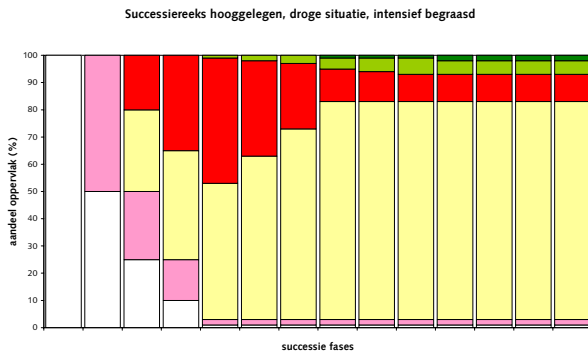
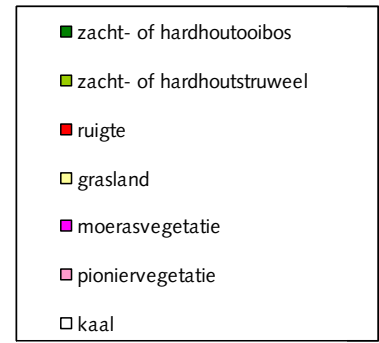
* In de droge reeks ontstaat hardhout struweel en -oibos. In de natte reeks zachthout struweel en -oibos

Figuur 66 Indicatieve successiereeksen vanuit een extensief begraasde situatie (nat en droog).



* In de droge reeks ontstaat hardhout struweel en -oibos. In de natte reeks zachthout struweel en -oibos

Figuur 67 Indicatieve successiereeksen vanuit een intensief begraasde situatie (nat en droog).

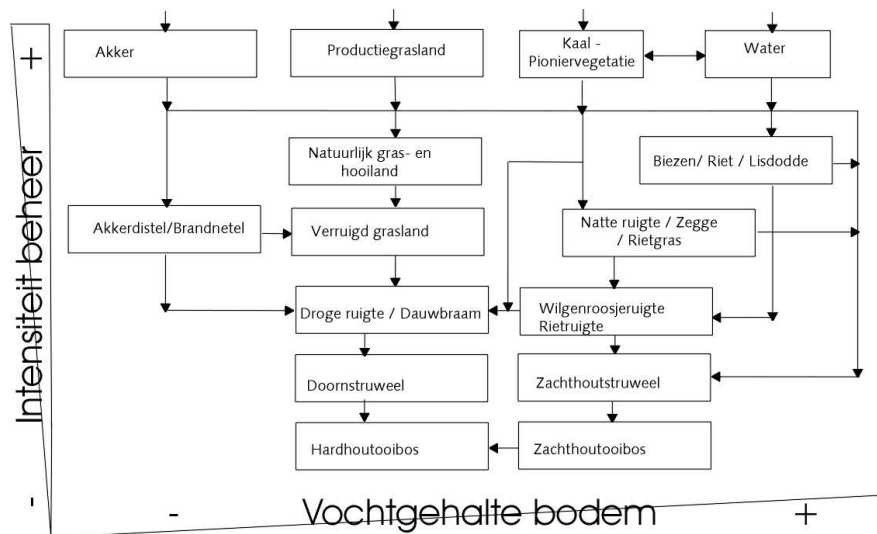


* In de droge reeks ontstaat hardhout struweel en -oobos. In de natte reeks zachthout struweel en -oobos

5.3 Veranderingen door beheer

In paragraaf 3.2 is aangegeven is dat een structuurtype bij voorkeur homogeen dient te zijn qua hoogte en dichtheid van de vegetatie (geringe spreiding). Dit dient bij voorkeur niet alleen het geval te zijn in de ruimte maar ook in de tijd. Een type dient bij eenzelfde beheer een langere tijd (orde 5 jaar) stabiel in een gebied aanwezig te kunnen zijn. Door gelijkblijvend beheer wordt de vegetatie in hetzelfde successiestadium gehouden. Wanneer het beheer verandert bijvoorbeeld door het extensiveren of intensiveren van de begrazing zal ook de structuur (hoogte en dichtheid) van het desbetreffende type veranderen. In hoofdstuk 3 zijn hier gegevens van opgenomen. Hierbij zal het type in een ander type overgaan. In figuur 68 is, sterk vereenvoudigd, in een schets de overgang van de onderscheiden structuurtypen als gevolg van veranderend beheer (in of extensiveren) aangegeven. Welk structuurtype hierbij zal ontstaan wordt hierbij vooral gestuurd door de vochtigheid van de bodem (droog of plas-dras situatie) en de Ausgangssituatie.

.....
 Figuur 68 Samenhang van de verschillende type in relatie tot vochtgehalte en beheerintensiteit



Literatuur

Bernard, J.M. (1976) The life history and population dynamics of shoots of *Carex rostrata*. J. Ecol. 64: 1045-1048.

Bernard, J.M. (1988) Production and nutrient dynamics in *Carex* wetlands. Aquat. Bot. 30: 125-147.

BWK, (1997) Grundlagen für stationäre, eindimensionale Wasser-spiegellagenberechnungen. Berichte 2/1997.

Coops, H. (1996). Helophyte zonation: impact of water depth and wave exposure. Thesis, Nijmegen.

Cornelissen, P., E.J.M. van Deursen & J.T. Vulink (1995). Jaarrondbegrazing op de Zoutkamperplaat in het Lauwersmeergebied. Effecten op de vegetatie en zelfredzaamheid van runderen en paarden. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. Flevobericht nr. 379. Lelystad.

Cornelissen, P. & J.T. Vulink (1996). Grote herbivoren in wetlands. Evaluatie begrazingsbeheer Oostvaardersplassen. Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied. Flevobericht nr. 399. Lelystad.

Cornelissen, P. & J.T. Vulink (2001). Density-dependent exploitation of well-drained grassland by free-ranging cattle and horses. In: J.T. Vulink, Hungry Herds. Proefschrift. Instituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA. Lelystad.

CUR (1999). Natuurvriendelijke oevers: Vegetatie langs grote wateren. Rapport 204. Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving, Gouda, RWS Dienst Weg en Waterbouwkunde, Delft.

Dykyjova, D. & D. Hradecka (1973). Productivity of reed-bed stands in relation to the ecotype, microclimate and trophic conditions of the habitat. Pol.Arch.Hydrobiol. 20: 111-119.

DVWK (1991), Merkblätter zur Wasserwirtschaft. Hydraulische Berechnung von Fliessgewässern. DK 551.51/54 Fliessgewässer.

Falinska, K. (1986) Demography of *Iris pseudacorus* L. populations in abandoned meadows. Ekol Pol 34: 583-613.

Fiala, K. (1971) Seasonal changes in the growth of clones of *Typha latifolia* in natural conditions. Fol.Geobot.Phytotax. 6: 255-270.

Grace, J.B. & R.G. Wetzel (1981) Habitat partitioning and competitive displacement in cattails (*Typha*): experimental field studies. Amer Nat 118: 463-474.

Ham, R. van der (1999) Turbulent exchange of fine sediments in tidal flow PhD-thesis, Delft University of Technology

Haslam, S.M. (1972) Biological Flora of the British Isles: *Phragmites communis* Trin. J. Ecol. 60: 565-610.

Held, J.J. den, (1989). Beknopt overzicht van Nederlandse plantengemeenschappen. wetenschappelijke mededelingen KNNV nr 134 maart 1989 7^e druk.

Houwing, E.J. (2000) Sediment dynamics in the pioneer zone in the land reclamation area of the Wadden Sea. PhD-thesis, Utrecht University.

Hubbard, C.E. (1968) Grasses. A guide to their structure, identification, uses, and distribution in the British Isles. 2nd edition.

Jansen, B.J.M. & J.J.G.M. Backx (1998). Biologische monitoring zoete rijkswateren. Ecotopenkartering Rijntakken - Oost 1997. RIZA rapport 98.054.

Janssen, B.J.M. & I. van Splunder (2000). Biologische monitoring zoete rijkswateren. Ecotopenkartering Maas 1996. RIZA rapport 2000.36 MD raport MDGAE 2000.35.

Jermy, A.C., A.O. Chater & R.W. David (1982). Sedges of the British Isles. 2nd edition.

Jesse, P. D. Beyer, J. F. van den Born, 2002. Laseraltimetrie als invoer voor WAQUA. Toepassing van laseraltimetrie bij hydraulische berekeningen. RIZA werkdocument 2002.210X.

Julien, P.Y. (2000). Bed resistance to flow of the Bovenrijn-Waal rivers during the 1998 flood. WL/Delft Hydraulics, rapport Q2691.

Kerkum, F.C.M. (1994). Aanplant en ontwikkeling van verschillende soorten moerasplanten in een helofytenfilter bij Lelystad. RIZA werkdocument 94.027X.

Klaassen, G.J. (1971). Invloed van begroeiing op de afstroming van hoogwaters. Deel 1. Heggen in het winterbed. Nota 71-2 Rijkswaterstaat studiedienst Maas.

Klaassen, G.J. (1976) Begroeiingsweerstand in het winterbed van de Maas Verslag onderzoek R1053 deel 1, Waterloopkundig Laboratorium.

Klaassen, G.J., Stolker, C., Velzen, E. van & Verhey, H. (1999). Naar een ruweheidsvoorspeller voor moerasvegetatie op basis van riet en gras. WL/Delft Hydraulics en RWS/RIZA, RIZA werkdocument :2000.166X.

Klaassen, G.J. & van Urk, A. van (1985). Resistance to flow of floodplains with grasses and hedges, Proc. XXIth IAHR Congress, Melbourne, Australia, 5pp.

Klaassen, G.J. & J.J. van der Zwaard (1974). Roughness coefficients of vegetated floodplains. Journal of Hydraulic Research 12; blz. 42-63.

Klopstra D., H.J. Barneveld & J.M. van Noortwijk (1996). Analytisch model hydraulische ruweheid van overstromde moerasvegetatie. PR051, HKV lijn in water.

-
- Kouwen, N. et. al. (1969). Flow retardance in vegetated channels. Proc. ASCE, Journal of the irrigation and drainage division. Proceedings of the ASCE.
- Ksenofontova, T. (1968) Morphology, production and mineral contents in *Phragmites australis* in different waterbodies of the Estonian SSR. Fol.Geobot.Phytotax. 23: 17-43.
- Kvet, J. & K. Hudec (1971) Effects of grazing by Grey-lag geese on reedswamp plant communities. Hydrobiologia 12: 351-359.
- Lambert, J.M. (1947) Biological Flora of the British Isles: *Glyceria maxima*. J. Ecol. 34: 310-344.
- Leeman, J. & de Boer, D. (1997) Uiterwaardvegetaties
Voorstudie begrazingsonderzoek in de uiterwaarden van de grote rivieren
Ecologisch adviesbureau STL.
- Li, R.M. & H.S. Shen (1973) Effect of tall vegetation on flow and sediment
Journal Hydraulic Division ASCE, 99(hy5) 793-814.
- Lopez F. & Garcia H. (2001) Mean Flow and Turbulence Structure of Open Channel Flow through Non-Emergent Vegetation.
Journal of Hydraulic Engineering , Vol 127, no.5, May 2001.
- Meijer D.G. (1998a). Modelproeven overstroomde vegetatie. PR121, HKV lijn in water.
- Meijer D.G. (1998b) Modelproeven overstroomd riet. PR177, HKV lijn in water.
- Meijer D.G., H.J. Barneveld & D. Klopstra (1997). Vooronderzoek modelproeven overstroomde vegetatie. PR085. HKV lijn in water.
- Meursing L.A.(1995). De hydraulische ruwheid van doorstroomde vegetatie Interuniversitair Centrum voor Geo-ecologisch Onderzoek, ICG 95/5.
- Middelkoop, H. (red), (1998). Twee rivieren. Rijn en Maas in Nederland. RIZA rapport 98.041 Arnhem: RIZA.
- Murota, A. et. al. (1984). Turbulence structure in vegetated open channel flows. Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering, Vol.2, no. 1, pp 47-61.
- Odé , B. & R. Beringen (2000). Floristisch meetnet Oevers Zoete Rijkswateren 1999; uitwerking Rijntakken en evaluatie eerste ronde. FLORON rapport 20 / RIZA nota nr. 2000.023. Stichting FLORON, Leiden.
- Ondok, J.P. (1971) Horizontal structure of some macrophyte stands and its production aspects. Hidrobiologia 12: 47-55.
- Ouden, J.B. den (1993) Het aangestroomde oppervlak van geïnundeerde oobossen in diverse ontwikkelingsstadia.
IBN-DLO, IBN rapport 039.

Pedroli, G.B.M., H. Duel & M. Vonk (1998). Verkenning naar de hydraulische ruwheid van rivierecotopen. WI | Delft hydraulics. T2052.

Rademakers, J.G.M. & H.P. Wolfert (1994). Het Rivier-Ecotopen-Stelsel: Een indeling van ecologisch relevante ruimtelijke eenheden ten behoeve van ontwerp- en beleidsstudies in het buitendijkse rivierengebied. Lelystad, RIZA. Publicaties en rapporten van het project 'Ecologisch Herstel Rijn en Maas' nr.61-1994.

Raudkivi, J. (1997) Ripples on stream bed. Journal of hydraulic engineering, january 1997.

Ree, W.O. & F.R. Crow (1977). Friction factors for vegetated waterways of small slope. USDA, Agriculture Research Service, ARS-S-151, Stillwater, USA.

Ritterbach, E., 1991. Wechselwirkungen zwischen Auenökologie und Fließgewasserhydraulik und Möglichkeiten der integrierenden computergestützten Planung. Von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Rheinisch- Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation. ISSN 0343-1045. Aachen juni 1991.

Ritzen, M.R., Straatsma, M.W., Middelkoop, H., 2001. Bepaling van de vegetatiedichtheid in uiterwaarden met behulp van digitale foto's. Universiteit Utrecht, Fysische Geografie.

Rodewald-Rudescu, L. (1974). Das Schilfrohr, *Phragmites communis* Trinius. Die Binnengewässer, Bd. 27.

Schamineé, J.H.J., A.H.F. Stortelder & V. Westhoff (1995). De vegetatie van Nederland 1. Inleiding tot plantensociologie – grondslagen, methoden en toepassingen. Opulus Press, Uppsala/ Leiden, 269 pp.

Schamineé, J.H.J., E.J. Weeda & V. Westhoff (1995). De vegetatie van Nederland, deel 2.

Seidel, K. (1955) Die Flechtbinse, *Scirpus lacustris* L. Die Binnengewässer, Bd. 21.

Shimizu, Y. & T. Tsujimoto (1994) Numerical analysis of turbulent open-channel flow over a vegetation layer. Journal of hydroscience and hydraulic engineering. Vol 11, no. 2

Soulsby R.L (1995) Bed shear stresses due to combined waves and currents An overview of the G8 Coastal Morphodynamics Project. Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands: 420-423.

Stolker C. & H.J. Verhey (2000) Vergelijken van berekeningsmethoden voor de ruwheid van overstroomde flexibele vegetatie. Bureau studie WL/Delft Hydraulics, Q2693.

Stortelder, A.F.H., J.H.J. Schamineé & P.W.F.M. Hommel (1999) De vegetatie van Nederland, deel 5.

Tsujimoto, T. & T. Kitamura (1990) Velocity profile of flow in vegetated bed channels. KHL progressive report 1, Hydraulic Laboratory, Kanazawa University, no. 3, pp 43-55.

Tsujimoto, T., T. Okada & K. Kontani, (1993). Turbulent structure of open channel flow over flexible vegetation. KHL progressive report, Hydraulic Laboratory, Kanazawa University, no.4, pp 1-15.

Urk, A. van (1983) Weerstand begroeiingen in uiterwaarden
Nota WWZO 83.11.

Van der Meijden, R. (1996) Heukels. Flora van Nederland.

Van der Toorn, J. (1972) Variability of *Phragmites australis* in relation to the environment. Thesis, Wageningen.

Velzen, E.H. van & G.J. Klaassen, (1999). Verspreide en aaneengesloten gebieden met begroeiing. Studie naar het effect van begroeiingspatronen RIZA werkdocument 99.193X.

Velzen, E.H. van (2000). Stromingsweerstand van ooibos/struwelen. Een studie t.b.v. het handboek voor stromingsweerstand uiterwaarden vegetatie. RIZA werkdocument 2000.193X.

Velzen, E.H. van (2000). Stromingsweerstand van laanbeplanting RIZA werkdocument 2000.194X.

Velzen, E.H. van (2003). Stromingsweerstand van heggen. RIZA werkdocument in voorbereiding.

Ven te Chow (1973) Open-Channel Hydraulics. Mc Graw-Hill , International Editions.

Vogel, M. (1984). Ökologische Untersuchungen in einem *Phragmites*-Bestand. Ber. ANL 8: 130-166.

Whitehouse e.a. (1988). Observations of the morphodynamic behaviour of an intertidal mudflat at different time scales. Sedimentary processes in intertidal zone. Geological Society, London, Special Publications 139, 225-271.

Wilbers, A. (1999). Bodemtransport en duinontwikkeling in de Rijntakken Netherlands Centre For Geo-ecological Research , ICG 99/10.

Winterwerp, J.C. (1999). On the dynamics of high concentrated mud suspensions. PhD-thesis, Delft University of Technology.

WL/Delft Hydraulics (2001). Spankrachtstudie rapport 1a. Kader hydraulische analyse. Q2975.

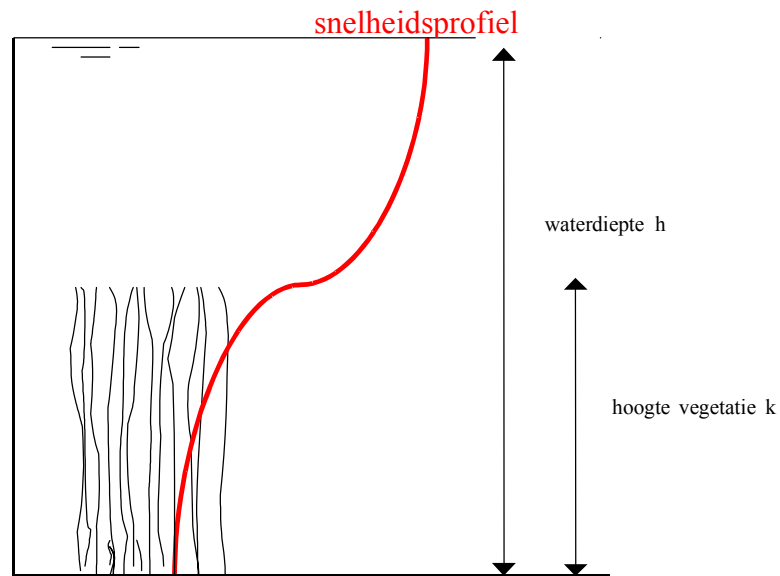
Wolfert, H.P. (1996). Rijkswateren Ecotopen Stelsels. Uitgangspunten en plan van aanpak. RIZA nota 96.050.

Wolters, H.A., M. Platteeuw & M. Schoor (2002) Richtlijnen voor inrichting en beheer van uiterwaarden. Ecologie en veiligheid gecombineerd. RIZA-rapport 2001.059. Lelystad.

Young, S.W., D.H. Davies & P.J. Milligan (1991). The potential of anatomical features of the common reed *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel as a biotic indicator of adjoining land use. Arch.Hydrobiol. 122: 297-304.

Zwaard, J.J. van der (1970). Begroeiingsweerstand in het winterbed van de Maas. Verslag modelonderzoek M1056, WL Delft.

Bijlage 1: Formulering overstroomde vegetatie



Formuleringen

Voor waterdiepten groter dan de vegetatiehoogte ($h > k$) :

$$C_r = \frac{k \cdot U_v + (h - k) \cdot U_o}{h \sqrt{h \cdot i}}$$

met

$$U_v = \frac{2}{k \sqrt{2A}} (\sqrt{C_2 \cdot e^{k \sqrt{2A}} + u_{s0}^2} - \sqrt{C_2 + u_{s0}^2}) + \frac{u_{s0}}{k \sqrt{2A}} \cdot \ln \left[\frac{(\sqrt{C_2 \cdot e^{k \sqrt{2A}} + u_{s0}^2} - u_{s0})(\sqrt{C_2 + u_{s0}^2} + u_{s0})}{\sqrt{C_2 \cdot e^{k \sqrt{2A}} + u_{s0}^2} + u_{s0} (\sqrt{C_2 + u_{s0}^2} - u_{s0})} \right]$$

met

$$U_o = \frac{u_*}{\kappa (h - k)} \left[(h - (k - a)) \cdot \ln \left(\frac{h - (k - a)}{z_0} \right) - a \cdot \ln \left(\frac{a}{z_0} \right) - (h - k) \right]$$

met:

$$\alpha = 0,0227 \cdot k^{0.7}$$

$$A = \frac{C_d \cdot A_r}{2\alpha}$$

$$B = -\frac{gi}{\alpha}$$

$$u_{s0}^2 = \frac{k.i}{\frac{A_r * k * C_d}{2g} + \frac{1}{C_b^2}}$$

C_b is gedefinieerd als :

$$C_b = 18 \log\left(\frac{12h}{k_b}\right)$$

met:

k_b = Nikuradse k-waarde van de bodem/ondergroei [m]

$$C_1 = \frac{+2B(h-k)}{\sqrt{2A} \cdot (e^{k\sqrt{2A}} + e^{-k\sqrt{2A}})}$$

$$C_2 = -C_1$$

$$E = \frac{\sqrt{2A}(-C_1 e^{-k\sqrt{2A}} + C_2 \cdot e^{k\sqrt{2A}})}{2\sqrt{C_1 e^{-k\sqrt{2A}} + C_2 \cdot e^{k\sqrt{2A}} + u_{s0}^2}}$$

$$F = \frac{\kappa \cdot \sqrt{C_1 e^{-k\sqrt{2A}} + C_2 \cdot e^{k\sqrt{2A}} + u_{s0}^2}}{\sqrt{g(h-(k-a))} \cdot i}$$

$$a = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot E^2 \cdot \kappa^2 \cdot (h-k)}{g \cdot i}}}{\frac{2 \cdot E^2 \cdot \kappa^2}{g \cdot i}}$$

$$z_0 = a \cdot e^{-F}$$

$$u_* = \sqrt{g(h-(k-a))} \cdot i$$

Voor waterdiepten kleiner of gelijk aan de vegetatiehoogte ($h \leq k$)

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{A_r \cdot h \cdot C_d}{2g} + \frac{1}{C_b^2}}}$$

Voor sommige toepassingen wordt de Nikuradse zandruwheid gevraagd om de stromingsweerstand uit te drukken. In dat geval kan de representatieve k- waarde worden uitgerekend m.b.v de representatieve Chézywaarde C_r :

$$k_r = \frac{12h}{\frac{C_r}{10^{18}}}$$

symbolen

| | | |
|------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| C_r | = representatieve Chézy coëfficiënt | [m ^{1/2} /s] |
| k_r | = representatieve Nikuradse zandruwheid | [m] |
| h | = waterdiepte | [m] |
| k | = vegetatiehoogte | [m] |
| A_r | = representatief aangestroomd oppervlak | [m ² /m ² /m'] |
| C_d | = weerstandscoefficiënt [eng: dragcoëfficiënt] | [-] |
| k_b | = nikuradse zandruwheid bodem | [m] |
| C_b | = Chézy coëfficiënt voor bodemruwheid | [m ^{1/2} /s] |
| i | = verhang van de waterspiegel | [-] |
| α | = karakteristieke lengtemaat voor de turbulentie | [m] |
| g | = versnelling van de zwaartekracht: 9.81 | [m/s ²] |
| κ | = von Kármán constante : 0.4 | [-] |
| u_{s0} | = karakteristieke stroomsnelheid in vegetatielaag | [m/s] |
| u_* | = schuifspanning op overgang vegetatielaag/waterlaag | [kg m ⁻¹ s ⁻²] |
| z_0 | = virtuele bodemruwheid waterlaag | [m] |
| a | = indringingslengte | [m] |
| U_0 | = gemiddelde stroomsnelheid in de waterlaag | [m/s] |
| U_v | = gemiddelde stroomsnelheid in de vegetatielaag | [m/s] |
| A,B | = hulpvariabelen | |
| C_1, C_2 | = hulpvariabelen | |
| E,F | = hulpvariabelen | |

Bijlage 2: Ecotopen en vegetatiestructuurtypen

Voor de bepaling van de stromingsweerstand is ten behoeve van de hydraulische randvoorwaarden van 2001 uitgegaan van de ecotopenkartering. Om deze kartering te kunnen relateren aan de in dit document beschreven structuurtypen zijn in deze paragraaf koppeltabellen gepresenteerd waarbij is aangegeven in welke ecotopen de typen kunnen voorkomen. Binnen een ecotoop kunnen echter meerdere typen voorkomen. In de praktijk wordt echter een locatie, afhankelijk van de (karter)schaal door één structuurtype gedomineerd en deze kan dan ook representatief worden geacht voor het desbetreffende ecotoop. In onderstaande tabellen (tabel 66 t/m 68) is met een 'o' aangegeven welke vegetaties kunnen voorkomen in een bepaald ecotoop. Met een 'X' wordt het dominante type aangeduid.

In tabel 66 is aangegeven in welke ecotopen de structuurtypen die gedomineerd worden door kruidachtige soorten, kunnen voorkomen.

Tabel 66 Ecotopen met kruidachtige vegetatie

| Code | Omschrijving | Akkers | Pionervegetatie | graslanden | | ruigten | | | | moerasvegetatie | | | | | |
|--------|------------------------------------------------|--------|-----------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|-------------------|------------|--------------|--------|----------|--------|
| | | | | Productiegrasland | natuurlijk gras-hooiland | verruigd grasland | Akkerdistelruigte | Droge ruigte | Dauwbraamruigte | Wilgenroosjruigte | Rietruigte | Natte ruigte | Zeggen | Rietgras | Biezen |
| RHg-1 | Hoogwatervrij schraalgrasland | | | X | | | o | | | | | | | | |
| RHg-2 | Hoogwatervrij hooiland | | | o | X | | | | | | | | | | |
| RHg-3 | Hoogwatervrij productiegrasland | | | X | | | | | | | | | | | |
| RMg-1 | Moerassig uiterwaardgrasland | | | X | o | | | | | o | o | | | | |
| RMg-2 | Moerassig productiegrasland | | | X | | | | | | | | | | | |
| RMg-3 | Kwelgrasland | | | X | | | | | | o | o | | | | |
| ROg-1 | Oeverwal stroomdalgrasland | | | X | o | | | | | | | | | | |
| ROg-2 | Oeverwal hooiland | | | o | X | | | | | | | | | | |
| ROg-3 | Oeverwal productiegrasland | | | X | | | | | | | | | | | |
| RUg-1 | Structuurrijk uiterwaardgrasland | | | X | o | o | o | o | | | | | | | |
| RUg-2 | Uiterwaard hooiland | | | o | X | | | | | | | | | | |
| RUg-3 | Uiterwaard productiegrasland | | | X | | | | | | | | | | | |
| RHr-1 | Ruigte op hoogwatervrij terrein | | | o | o | o | X | o | o | | | | | | |
| RHr-1a | Soortenarme ruigte op hoogwatervrij terrein | | | o | o | X | o | | | | | | | | |
| RHr-1r | Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein | | | | o | o | X | o | o | | | | | | |
| RHr-2 | Hoogwatervrije akker | X | | | | | | | | | | | | | |
| RMr-1 | Moerasruigte | | o | | | | | o | o | o | o | X | o | o | o |
| RMr-2 | Rietmoeras | | | | | | | o | o | | | o | | o | X |
| RMr-3 | Kwelmoeras | | | | | | | | | X | o | o | o | o | o |
| ROr-1 | Oeverwal met rivierduinvorming | | X | o | o | o | o | | | | | | | | |
| ROr-2 | Oeverwalruigte | | | o | o | o | X | o | o | | | | | | |
| ROr-2a | Soortenarme oeverwalruigte | | | o | o | X | o | | | | | | | | |
| ROr-2r | Structuurrijke oeverwalruigte | | | | o | o | X | o | o | | | | | | |
| ROr-3 | Oeverwal akker | X | | | | | | | | | | | | | |
| RUr-1 | Structuurrijke uiterwaardruigte | | | | o | o | X | o | o | | | | | | |
| RUr-2 | Soortenarme uiterwaardruigte | | | | o | o | X | o | | | | | | | |
| RUr-3 | Uiterwaard akker | X | | | | | | | | | | | | | |

In tabel 67 is aangegeven in welke ecotopen de structuurtypen die gedomineerd worden door houtige soorten, kunnen voorkomen. Een speciale groep hierbij is de aangeplante bomen en struiken zoals laanbeplanting, heggen en solitaire bomen. Deze typen bestaan veelal uit relatief smalle lijnvormige of kleine puntvormige elementen in het landschap. Bij de ecotopenkartering wordt een oppervlakte met struiken of bomen die kleiner is 20 x 20 meter niet meer apart gekarteerd. Hetzelfde geldt voor lijnvormige elementen smaller dan 20 meter. Dit betekent dat heggen, laanbeplanting en solitaire bomen niet zijn terug te vinden in de ecotopenkaart (Jansen en Backx 1998). Een uitzondering hierop is het Maasheggenlandschap. Gezien de ecologische en historische waarde van dit landschap zijn bij de ecotopenkartering van de Maas de eenheden

Structuurrijke graslanden, Productiegraslanden en Akkers met heggen apart onderscheiden (Jansen en Van Splunder, 2000).

Tabel 67 Ecotopen met houtige vegetatie

| Code | Omschrijving | ruigten | | | struwelen | | | bos | | | | | overigen | | |
|--------|------------------------------------------|--------------|--------------|------------|-------------------|--------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------|--------|
| | | Droge ruigte | Natte ruigte | Rietruigte | Zachthoutstruweel | Wilgengriend | Doornstruweel | Zachthoutooibos | Hardhoutooibos | Zachthoutproductiebos | Hardhoutproductiebos | Naaldhoutproductiebos | Boomgaard | Laanbeplanting | Heggen |
| RHb-1 | Hoogwatervrij bos | | | | | | o | o | X | | | | | | |
| RHb-1h | Hoogwatervrij bos (hardhout) | | | | | | o | o | X | | | | | | |
| RHb-1z | Hoogwatervrij bos (zachthout) | | | | o | | | X | o | | | | | | |
| RHb-2 | Hoogwatervrij struweel | | | | o | o | X | | | | | | | | |
| RHb-2h | Hoogwatervrij (doorn)struweel | | | | o | | X | | | | | | | | o |
| RHb-2z | Hoogwatervrij (zachthout)struweel | | | | X | o | | | | | | | | | |
| RHb-3 | Hoogwatervrij productiebos | | | | | o | o | o | o | X | o | o | | | |
| RHb-3h | Hoogwatervrij produktiebos (hardhout) | | | | | | o | o | o | o | X | o | o | o | o |
| RHb-3z | Hoogwatervrij produktiebos (zachthout) | | | | | | o | o | X | o | | | | | |
| RMb-1 | Moerassig hardhoutooibos | | | | o | | | o | X | | | | | | |
| RMb-2 | Moerassig zachthoutooibos | | | | o | o | | X | o | | | | | | |
| RMb-3 | Moerassig zachthoutstruweel | o | o | o | X | o | | o | | | | | | | |
| RMb-4 | Broekbos/struweel | o | o | o | X | o | | o | | | | | | | |
| ROb-1 | Oeverwal hardhoutbos | | | | | | o | | X | | o | | | | |
| ROb-2 | Oeverwal doornstruweel | | | | o | | X | | o | | | | | | |
| ROb-3 | Oeverwal zachthoutooibos | | | | o | | | X | | | | | | | |
| ROb-4 | Oeverwal zachthoutstruweel | o | o | | X | o | | o | | | | | | | |
| ROb-5 | Oeverwal productiebos | | o | | o | o | | o | | X | o | o | o | o | o |
| ROb-5h | Oeverwal productiebos (hardhout) | | | | | | | | | | X | o | o | o | o |
| ROb-5z | Oeverwal productiebos (zachthout)/griend | | | o | o | o | | o | | X | | | | | o |
| RUb-1 | Uiterwaard hardhoutbos | | | | | | o | o | X | | o | | | | |
| RUb-2 | Uiterwaard doornstruweel | | | | | | X | | o | | | | | | |
| RUb-3 | Uiterwaard zachthoutooibos | | | | o | | | X | o | | | | | | |
| RUb-4 | Uiterwaard zachthoutstruweel | | o | | X | o | | o | | | | | | | |
| RUb-5 | Uiterwaard hardhout produktiebos | | | | | | | | o | | X | o | o | o | o |
| RUb-6 | Uiterwaard zachthout produktiebos/griend | o | o | | o | o | | | | X | | | | | o |

In tabel 68 is aangegeven welke vegetatie-structuurtypen kunnen voorkomen in de water- en de onbegroeide ecotopen.

Tabel 68 Overige ecotopen

| code | omschrijving | overigen | | | | | ruigten | | | | | moerasvegetatie | | | | | |
|--------|----------------------------------------|-----------|--------|-------------------------------|---------------------------|--------|------------------|-------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|-------|----------|--------|----------|
| | | Nevengeul | Strang | Plas / haven / slikkige oever | Kribvakstrand / grindbank | Akkers | Pioniervegetatie | Akkerdistelruigte | Droge ruigte | Dauwbraamruigte | Wilgenroosjeruigte | Rietruigte | Natte ruigte | Zegge | Rietgras | Biezen | Lisdodde |
| RZd-1 | Diep zomerbed * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RZo-1 | Ondiepe grindbedding * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RZo-2 | Ondiepe zandbedding * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RZo-3 | Ondiepe getijdebedding * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RZs-1 | Grindbank | | | | X | | o | | | | | | | | | | |
| RZs-2 | Zandplaat/zandstrand | | | | X | | o | | | | | | | | | | |
| RZs-3 | Slikplaten/slikkige oevers | | | X | o | | o | | | | | | | | | | |
| RZs-4 | Biezenoever | | | o | o | | | | | | | | | | X | | |
| RZs-5 | Afslagoever/steiloever | | | X | | | o | | | | | | | | | | |
| RZs-6 | Krib/strekdam/stenen oever | | | | | | | o | X | o | o | o | | o | | | |
| RWp-1 | Aangekoppeld zand/grindgat | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| RWp-2 | Afgesloten zand/grindgat | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| RWp-3 | Klein diep water / kolk | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| RWp-4 | Haven | | | X | | | | | | | | | | | | | |
| RWs-1 | Aangekoppelde strang | | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWs-2 | Afgesloten strang | | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWs-3 | Stagnante strang | | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWs-4 | Kwelgeul | | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWs-5 | Beekstrang | | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWn-1 | Zandige nevengeul | X | | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWn-2 | Kleiige nevengeul | o | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RWn-3 | Getijdereek | o | X | o | | | | | | | | | | | | | |
| RHK-1 | Onbegroeid hoogwatervrij terrein | | | | | | X | | | | | | | | | | |
| ROk-1 | Onbegroeide oeverwal | | | o | o | | X | | | | | | | | | | |
| RUK-1 | Onbegroeide uiterwaard | | | o | o | | X | | | | | | | | | | |
| RHr-3 | Bebouwd/verhard hoogwatervrij terrein* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RHr-3b | Bebouwd hoogwatervrij terrein * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RHr-3v | Verhard hoogwatervrij terrein* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ROr-4 | Bebouwde/verharde oeverwal * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ROr-4b | Bebouwde oeverwal * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ROr-4v | Verharde oeverwal* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RUr-4 | Bebouwde/verharde uiterwaard* | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RUr-4b | Bebouwde uiterwaard * | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RUr-4v | Verharde oeverwal* | | | | | | | | | | | | | | | | |

* Het ecotopen van het diepe en het ondiepe zomerbed en de bebouwde en verharde ecotopen wordt binnen de hydraulische berekeningen op een geheel andere wijze verwerkt dan de in dit handboek beschreven methoden. Een vertaling naar een bepaald structuurtype is dan ook niet gemaakt.

Bijlage 3: Vertaling Wetenschappelijke naam - Nederlandse naam

| Wetenschappelijk | Nederlands | Wetenschappelijk | Nederlands |
|-------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------|
| <i>Acorus calamus</i> | Kalmoes | <i>Salix alba</i> | Schietwilg |
| <i>Agrostis</i> | Struisgras | <i>Salix caprea</i> | Boswilg |
| <i>Agrostis stolonifera</i> | Fioringras | <i>Rumex</i> | Zuring |
| <i>Angelica archangelica</i> | Grote Engelwortel | <i>Rumex obtusifolius</i> | Ridderzuring |
| <i>Butomus umbellatus</i> | Zwanebloem | <i>Salix</i> | Wilgen |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> | Duinriet | <i>Salix cinerea</i> | Grauwe wilg |
| <i>Calystegia sepium</i> | Haagwinde | <i>Salix triandra</i> | Amandelwilg |
| <i>Carex</i> | Zegge | <i>Salix viminalis</i> | Katwilg |
| <i>Carex acuta</i> | Scherpe zegge | <i>Schoenoplectus lacustris</i> | Mattenbies |
| <i>Carex acutiformis</i> | Moeraszegge | <i>Solanum dulcamara</i> | Bitterzoet |
| <i>Carex paniculata</i> | Pluimzegge | <i>Solidago gigantea</i> | Late Guldenroede |
| <i>Carex rostrata</i> | Snavelzegge | <i>Tanacetum vulgare</i> | Boerenwormkruid |
| <i>Carex riparia</i> | Oeverzegge | <i>Trifolium repens</i> | Witte klaver |
| <i>Cirsium arvense</i> | Akkerdistel | <i>Typha angustifolia</i> | Kleine Lisdodde |
| <i>Cirsium vulgare</i> | Speerdistel | <i>Typha latifolia</i> | Grote Lisdodde |
| <i>Crataegus monogyna</i> | Meidoorn | <i>Urtica</i> | Brandnetel |
| <i>Dactylis glomerata</i> | Kropaar | <i>Urtica dioica</i> | Grote Brandnetel |
| <i>Epilobium hirsutum</i> | Harig Wilgenroosje | | |
| <i>Equisetum fluviatile</i> | Holpijp | | |
| <i>Eupatorium cannabinum</i> | Koninginnekruid | | |
| <i>Festuca arundinacea</i> | Rietzwenkgras | | |
| <i>Festuca rubra</i> | Rood zwenkgras | | |
| <i>Filipendula ulmaria</i> | Moerasspiraea | | |
| <i>Glyceria fluitans</i> | Mannagras | | |
| <i>Glyceria maxima</i> | Liesgras | | |
| <i>Lolium perenne</i> | Engels raaigras | | |
| <i>Lythrum salicaria</i> | Grote Kattenstaart | | |
| <i>Mentha aquatica</i> | Watermunt | | |
| <i>Myosotis scorpioides</i> | Moerasvergeetmijnietje | | |
| <i>Oenanthe aquatica</i> | Watertorkruid | | |
| <i>Phalaris arundinacea</i> | Rietgras | | |
| <i>Phragmites australis</i> | Riet | | |
| <i>Poa pratensis</i> | Veldbeemdgras | | |
| <i>Poa trivialis</i> | Ruwbeemdgras | | |
| <i>Ranunculus</i> | Boterbloem | | |
| <i>Ranunculus repens</i> | Kruipende boterbloem | | |
| <i>Rorippa amphibia</i> | Gele Waterkers | | |
| <i>Rubus fruticosus</i> | Gewone braam | | |
| <i>Rubus caesius</i> | Dauwbraam | | |

Bijlage 4: Vertaling Nederlandse naam - wetenschappelijke naam

| Nederlands | Wetenschappelijk | Nederlands | Wetenschappelijk |
|------------------------|-------------------------------|----------------|-----------------------------|
| Akkerdistel | <i>Cirsium arvense</i> | Riet | <i>Phragmites australis</i> |
| Amandelwilg | <i>Salix triandra</i> | Rietgras | <i>Phalaris arundinacea</i> |
| Bitterzoet | <i>Solanum dulcamara</i> | Rietzwenkgras | <i>Festuca arundinacea</i> |
| Boerenwormkruid | <i>Tanacetum vulgare</i> | Rood zwenkgras | <i>Festuca rubra</i> |
| Boswilg | <i>Salix caprea</i> | Ruwbeemdgras | <i>Poa trivialis</i> |
| Boterbloem | <i>Ranunculus</i> | Scherpe zegge | <i>Carex acuta</i> |
| Brandnetel | <i>Urtica</i> | Schietwilg | <i>Salix alba</i> |
| Dauwbraam | <i>Rubus caesius</i> | Snavelzegge | <i>Carex rostrata</i> |
| Duinriet | <i>Calamagrostis epigejos</i> | Speerdistel | <i>Cirsium vulgare</i> |
| Engels raaigras | <i>Lolium perenne</i> | Struisgras | <i>Agrostis</i> |
| Fioringras | <i>Agrostis stolonifera</i> | Veldbeemdgras | <i>Poa pratensis</i> |
| Gele Waterkers | <i>Rorippa amphibia</i> | Watermunt | <i>Mentha aquatica</i> |
| Gewone braam | <i>Rubus fruticosus</i> | Watertorkruid | <i>Oenanthe aquatica</i> |
| Grauwe wilg | <i>Salix cinerea</i> | Wilgen | <i>Salix</i> |
| Grote Brandnetel | <i>Urtica dioica</i> | Witte klaver | <i>Trifolium repens</i> |
| Grote Engelwortel | <i>Angelica archangelica</i> | Zegge | <i>Carex</i> |
| Grote Kattenstaart | <i>Lythrum salicaria</i> | Zuring | <i>Rumex</i> |
| Grote Lisdodde | <i>Typha latifolia</i> | Zwanebloem | <i>Butomus umbellatus</i> |
| Haagwinde | <i>Calystegia sepium</i> | | |
| Harig Wilgenroosje | <i>Epilobium hirsutum</i> | | |
| Holpijp | <i>Equisetum fluviatile</i> | | |
| Kalmoes | <i>Acorus calamus</i> | | |
| Katwilg | <i>Salix viminalis</i> | | |
| Kleine Lisdodde | <i>Typha angustifolia</i> | | |
| | <i>Eupatorium</i> | | |
| Koninginnekruid | <i>cannabinum</i> | | |
| Kropaar | <i>Dactylis glomerata</i> | | |
| Kruipende boterbloem | <i>Ranunculus repens</i> | | |
| Late Guldenroede | <i>Solidago gigantea</i> | | |
| Liesgras | <i>Glyceria maxima</i> | | |
| Mannagras | <i>Glyceria fluitans</i> | | |
| | <i>Schoenoplectus</i> | | |
| Mattenbies | <i>lacustris</i> | | |
| Meidoorn | <i>Crataegus monogyna</i> | | |
| Moerasspiraea | <i>Filipendula ulmaria</i> | | |
| Moerasvergeetmijnietje | <i>Myosotis scorpioides</i> | | |
| Moeraszegge | <i>Carex acutiformis</i> | | |
| Oeverzegge | <i>Carex riparia</i> | | |
| Pluimzegge | <i>Carex paniculata</i> | | |
| Ridderzuring | <i>Rumex obtusifolius</i> | | |

