

Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden

Deel 1 handboek versie 1.0

RIZA werkdokument: **2002.140 x**

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Directie Oost Nederland



C23907

C23907

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling/RIZA
Rijkswaterstaat/RIZA
Rijksinstituut voor
Integraal Zoetwaterbeheer en
Afvalwaterbehandeling
Documentatie
Postbus 17
8200 AA Lelystad

Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden

deel I handboek versie 1.0

RIZA werkdocument **2002.140x**

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

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Voorwoord	5
1 Inleiding	7
2 Leeswijzer	9
3 Overzicht van de onderscheiden vegetatietypen	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Vegetatietypen en plantengemeenschappen	13
3.2.1 Pioniervegetatie	13
3.2.2 Graslanden	13
3.2.3 Ruigten	14
3.2.4 Moerasvegetatie	14
3.2.5 Struwelen	15
3.2.6 Bossen	15
3.2.7 Overige typen	15
3.3 Vegetatietypen en ecotopen	17
4 Formulering voor stromingsweerstand	20
4.1 Toelichting:	20
4.2 Formulering voor doorstroomde vegetatie	21
4.3 Formulering voor door- en overstroomde vegetatie	22
4.4 Benadering overstroomde vegetatie	24
4.5 Combinatie van meerdere vegetatietypen	25
Bijlagen weerstandsbeschrijving per vegetatietype	26

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 handboek bestaat uit twee delen. Het eerste onderhavige deel beschrijft kernachtig de stromingsweerstand van een aantal onderscheiden vegetatie typen. Het tweede deel geeft een onderbouwing van de formuleringen van de stromingsweerstand, de structureigenschappen 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 vegetatietypen, op een manier waarbij zowel de ontwerper als de toetsende instantie dezelfde "taal" gaan spreken en dezelfde uitgangspunten hanteren

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

Om de vegetatietypen, die in inrichtingsplannen worden opgenomen, te vertalen in de juiste ruwheidsformulering en het op uniforme manier gebruiken van de ruwheidsformuleringen.

Het handboek is zo opgezet dat het regelmatig kan worden aangepast aan nieuwe inzichten.

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
Dr. H. Coops

Dit werkdocument is de eerste versie van dit handboek die in 2002 in beperkte kring is verspreid. Aan de hand van de opgedane praktijkervaring zal dit document in 2003 zijn definitieve vorm krijgen.

1 Inleiding

De stromingsweerstand van het winterbed in de rivier speelt een belangrijke rol bij het berekenen van hoogwaterstanden en stroomsnelheden. Deze stromingsweerstand wordt in belangrijke mate bepaald door de weerstand van de opgaande vegetatie. Het berekenen van de stromingsweerstand van vegetatie is nogal complex. Niet alleen omdat de fysica nog niet altijd de juiste beschrijving kan leveren, maar ook omdat er een enorme diversiteit bestaat in vegetatie, een diversiteit die zich lastig laat uniformeren tot standaardwaarden. Om deze reden zijn er veel verschillende manieren om de weerstand van vegetatie te berekenen in omloop.

Rijkswaterstaat heeft de behoefte om eenduidiger en beter onderbouwd, de stromingsweerstand van vegetatie te berekenen. Om die reden heeft Directie Oost Nederland het RIZA verzocht een handboek samen te stellen voor de berekening van de stromingsweerstand van uiterwaardvegetatie.

Het handboek bestaat uit twee delen.

Deel I, het onderhavige deel, beschrijft kernachtig de stromingsweerstand en de (weerstand)karakteristieke eigenschappen van een aantal onderscheiden vegetatietypen. In deel II is de onderbouwing gegeven van de in deel I gebruikte formuleringen van de stromingsweerstand en de structureigenschappen van de vegetatie.

2 Leeswijzer

Zoals al gezegd bestaat het handboek uit 2 delen: het handboek en een achtergronddocument. Het onderhavige handboek beschrijft kernachtig de stromingsweerstand van de verschillende vegetatietypen. Deze beschrijvingen worden gevonden in de bijlagen. Hier worden kort een aantal essentiële zaken beschreven van het betreffende vegetatietype, wordt aangegeven welke formulering is gebruikt bij het berekenen van de weerstand en wordt de weerstand in termen van de Chézycoëfficiënt en de k-waarde in grafiekvorm gepresenteerd.

De keuze van de vegetatietypen is vooral gebaseerd op structuurkenmerken (hoogte en dichtheid) van de vegetatie in de winter en minder op basis van ecologische kenmerken. Om toch een relatie te kunnen leggen met ecologische karteringen worden in hoofdstuk 3 koppeltabellen gepresenteerd tussen de vegetatietypen uit dit handboek en plantengemeenschappen. Tevens wordt in dit hoofdstuk een relatie gelegd tussen de vegetatietypen en ecotopen. In hoofdstuk 4 worden de gebruikte weerstandsformuleringen gepresenteerd die aan de, in de bijlage gepresenteerde grafieken, ten grondslag liggen. Hierbij wordt ingegaan op de:

- Formulering voor doorstroomde vegetatie
- Formulering voor door - en overstroomde vegetatie
- Benaderingsformule voor door - en overstroomde vegetatie
- Formulering voor combinaties van vegetatietypen

De onderbouwing van de in de bijlage gepresenteerde formuleringen van de stromingsweerstand wordt gegeven in het achtergronddocument (deel II), hoofdstuk 2. De onderbouwing van de vegetatiekenmerken wordt gegeven in het zelfde document in hoofdstuk 3.

3 Overzicht van de onderscheiden vegetatietypen

3.1 Inleiding

Wanneer wordt gekeken naar de verschillende begroeiingsvormen in de Nederlandse uiterwaarden dan valt meteen op dat onderscheid kan worden gemaakt in aangeplante (cultuurgebieden) en spontane (natuurlijke) vegetaties.

In de huidige situatie omvat het aandeel cultuurvegetaties (vooral productiegraslanden) meer dan de helft van het winterbed. Er wordt steeds meer aandacht gevraagd voor de ontwikkeling van natuurlijke 'spontane' 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 kent een grote variatie aan verschijningsvormen, denk hierbij maar aan natte ruigten als Rietruigte en droge ruigten als Akkerdistelruigte. Op kale gronden langs de rivier kunnen zich ook spontaan wilgen vestigen. Een spontane vegetatieontwikkeling kan leiden tot ongewenste opstuwing tijdens hoogwaterperioden. Om de vegetatieontwikkeling te beheersen worden in natuurgebieden vaak grote grazers ingezet. Grote grazers kunnen oobosontwikkeling beperken en dragen bij tot een grotere diversiteit in vegetaties.

Het ontstaan van grote oppervlakten aan 'nieuwe' vegetaties langs de Nederlandse rivieren betekent ook vernieuwde aandacht voor vegetatie bij hydraulische modellering (bv ten behoeve van hoogwatervoorspelling) en in het verlengde daarvan bij vergunningverlening in het kader van de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken (WBR). Het is wenselijk een vegetatie indeling op te stellen die ook rekening houdt met de 'nieuwe' begroeiingsvormen in het rivierengebied.

Bij de keuze van de vegetatie-indeling voor het bepalen van de stromingsweerstand van uiterwaarden zijn de volgende criteria gehanteerd (zie ook achtergrond document):

- homogeen voor een bepaalde weerstand (hoogte en dichtheid) onder winteromstandigheden.
- herkenbaar
- toepasbaar op een schaal van 1:5.000
- representatief voor het rivierengebied (ook in de toekomst)
- zowel natuurlijke als aangeplante begroeiingsvormen
- mogelijkheid om effecten van begrazing mee te nemen
- te koppelen aan plantengemeenschappen (detailleren)
- te koppelen aan ecotopen (opschalen)

In tabel 1 worden de in dit handboek onderscheiden vegetatietypen weergegeven. Voor de eenvoud zal in dit handboek consequent worden gesproken van 'vegetatietypen' maar in wezen betreft het 'weerstandseenheden'.

Tabel 1 Onderscheiden vegetatietypen

Cluster	Vegetatietype
Pioniervegetatie	Pioniervegetatie
Graslanden	Productiegrasland Soortenrijk grasland
Ruigten	Akkerdistelruigte Brandnetelruigte Soortenrijke ruigte Dauwbraamruigte Duinrietruigte Moerasspiraearuigte Rietruigte
Moerasvegetatie	Riet Rietgras Gele Lis Lisdodde Liesgras Mattenbies Zegge
Struwelen	Zachthoutstruweel Doornstruweel
Bossen	Zachthoutoobos Zachthoutproductiebos Wilgengriend Hardhoutoobos Hardhoutproductiebos Naaldhoutproductiebos
Overig	Akkers Boomgaarden Laanbeplanting Heggen/houtwallen

De natuurlijke variatie in de vegetatietypen, qua samenstelling en dichtheid, is vooral door de vele overgangsvormen erg groot. Om de lijst aan vegetatie typen niet oneindig groot te maken kan bij het bepalen van de stromingsweerstand ook worden gerekend met combinaties van typen. Hiervan zijn een aantal voorbeelden opgenomen.

- soortenrijk grasland met zachthoutstruweel
- soortenrijk grasland met zachthoutoobos
- brandnetelruigte met zachthoutstruweel

In paragraaf 3.2 worden per cluster en type, als voorbeeld, een aantal plantengemeenschappen genoemd die hier toe behoren. Hierbij is uitgegaan van de gemeenschappen die zijn beschreven in "Handboek Natuurvriendelijke oevers; vegetatie langs grote wateren" (CUR '99). Deze gemeenschappen betreffen al een zekere clustering van de gemeenschappen die zijn beschreven in "De Vegetatie van Nederland" (Schaminee et al 1995).

In de bijlagen van dit handboek worden de onderscheiden vegetatietypen beschreven in termen karakteristiek voor de stromingsweerstand. Hierbij wordt ook ingegaan op de invloed van begrazing op de (hydraulische weerstand) van de typen.

In paragraaf 3.3 wordt aangegeven in welke ecotopen de vegetatietypen kunnen voorkomen. Deze koppeling is opgenomen omdat op dit moment voor de bepaling van de hydraulische weerstand veelal wordt uitgegaan van de ecotopenindeling.

3.2 Vegetatietypen en plantengemeenschappen

Per cluster (zie tabel 1) wordt in deze paragraaf aangegeven uit welke plantengemeenschappen de vegetatietypen bestaan. Een vegetatietype kan uit 1 of meerdere plantengemeenschappen bestaan. Voor een uitgebreide beschrijving van de vegetatietypen wordt verwezen naar de bijlagen.

3.2.1 Pioniervegetatie

Binnen dit cluster wordt voor de bepaling van de stromingsweerstand één vegetatietype onderscheiden (zie tabel 2). Het type 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. Op de allernatste standplaatsen kan, voordat moerasvegetatie (paragraaf 3.2.4) gaat domineren, een moerassige pioniergemeenschap ontstaan. Het betreft bijvoorbeeld de gemeenschap van Gele waterkers en Watertorkruid (Schamineé et al 1995).

Tabel 2 Pioniervegetatie

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99), Schamineé 1995
Pioniervegetatie (kruidachtig)	<i>Zeer nat (moerssig)</i> Gemeenschap van de Gele Waterkers Waterkruid <i>Nat</i> Waterereprijsgemeenschap Slijkgroengemeenschap Tandzaadgemeenschap <i>Droog</i> Droge pioniergemeenschap Kweekgemeenschap

3.2.2 Graslanden

Binnen het cluster van graslanden worden vooral op basis van beheersintensiteit twee typen onderscheiden: productiegraslanden en soortenrijke graslanden (zie tabel 3). Bij de natuurlijke (soortenrijke) graslanden kan onderscheid worden gemaakt in natte en droge graslanden. Het verschil in structuur (hoogte en dichtheid) in de winter blijkt echter minimaal te zijn. Vandaar dat het voor weerstandsberekeningen niet noodzakelijk werd geacht om dit onderscheid te maken. Het in het Rijnstroomgebied voorkomende kamgrasland maakt onderdeel uit van de in het CUR handboek beschreven Glanshaverhooiland (Den Held, 1989).

Tabel 3 Graslanden

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99)
Productiegrasland	Productiegraslanden
Soortenrijk grasland	Zilverschoongraslanden Grote Vossestaartgemeenschap Glanshaverhooilanden Stroomdalgraslanden

In het rivierengebied worden vaak combinaties aangetroffen van (soortenrijk) grasland met zachthoutstruweel en zachthoutoibos. In de bijlage wordt ook de weerstand van dergelijke combinaties van typen beschreven.

3.2.3 Ruigten

Het cluster van ruigten omvat een zeer gevarieerde groep aan vegetatietypen. Net als bij hierboven genoemde pioniervegetaties en graslanden kan bij ruigten onderscheid worden gemaakt in droge en natte typen. Het verschil in hoogte en dichtheid tussen de droge en de natte typen is echter veel groter dan bij de graslanden het geval is. Vandaar dat hierbij aparte typen worden onderscheiden (zie tabel 4). Naast verschil in standplaatsfactoren kan bij de ruigten nog onderscheid worden gemaakt in monotone en meer soortenrijke typen. In het eerste geval betreft het vaak storingsgemeenschappen die optreden na bijvoorbeeld uit gebruik nemen van landbouwgronden zoals de brandnetel- en akkerdistelruigte. Deze behoren vanuit de plantensociologie gezien tot eenzelfde gemeenschap. Vanuit weerstandsonderzoek is, omdat ze grote oppervlakten kunnen innemen, besloten om ze als aparte groepen te beschrijven.

In het CUR handboek worden vooral de vegetaties beschreven die voorkomen in de regelmatig (jaarlijks) overstroomde delen van de uiterwaard. De typen van de hoogwatervrije delen zoals de dauwbraamruigte en de duinrietruigte zijn niet apart beschreven.

Tabel 4 Ruigten

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99)
<i>droge ruigten</i>	
Akkerdistelruigte	Akkerdistelgemeenschap
Brandnetelruigte	Akkerdistelgemeenschap
Soortenrijke (droge) ruigte	Akkerdistelgemeenschap Bijvoetgemeenschap Kweekdravikgemeenschap Rivierkruidgemeenschap Late Guldenroede gemeenschap
Dauwbraamruigte	niet beschreven
Duinrietruigte	niet beschreven
<i>natte ruigten</i>	
Moerasspireaaruite	Moerasspireagemeenschap
Rietruigte	Harig wilgenroesjemeenschap Haagwinde Rietruigte Brandnetel rietruigte

Sommige ruigten kunnen voorkomen in combinatie met bijvoorbeeld zachthoutstruweel. In de bijlage wordt als voorbeeld de stromingsweerstand van de combinatie brandnetelruigte en zachthoutstruweel gepresenteerd.

3.2.4 Moerasvegetatie

De moerasvegetatie omvat, met uitzondering van de echte waterplantenvegetaties (zie paragraaf 3.2.7), de vegetatietypen van de natste standplaatsen. De typen worden veelal gedomineerd door één (planten-)soort waarnaar het type dan ook is vernoemd (zie tabel 5).

Tabel 5 Moerasvegetatie

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99)
Riet	Rietgemeenschap
Rietgras	Rietgrasgemeenschap
Liesgras	Liesgrasgemeenschap
Lisdodde	Rietgemeenschap
Biezen	Biezen gemeenschap
Zeggen	Grote Zeggengemeenschap
Gele Lis	niet apart beschreven

3.2.5 Struwelen

Binnen dit cluster worden ten behoeve van de bepaling van de stromingsweerstand twee typen onderscheiden (zie tabel 6).

Zachthoutstruwelen omvatten vooral struikvormende wilgen en jonge boomvormende wilgen. Het struweel kan zich doorontwikkelen tot zachthoutoibos. Hierom is het lastig om op basis van de soortensamenstelling alleen een onderscheid te maken tussen beide vormen. Bij de ecotopenkartering is de grens tussen wilgenstruweel en bos arbitrair gelegd bij een gemiddelde hoogte van 5 meter (Jansen en Backx 1998).

Het doornstruweel treedt veelal op in de vorm van een haag of als bosrandgemeenschap. In natuurlijke gebieden kunnen zij echter ook als solitaire bomen optreden.

Tabel 6 Struwelen

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99)
Zachthoutstruweel	Zachthoutoibossen
Doornstruweel	Doornstruwelen

3.2.6 Bossen

Binnen de bossen worden natuurlijke typen (zachthout en hardhoutoibossen) en aangeplante typen onderscheiden. Bij de niet natuurlijke typen is (per definitie) geen sprake van een plantengemeenschap. Deze zijn dan ook niet beschreven in het CUR handboek (zie tabel 7).

Tabel 7 Bossen

Vegetatietype	Plantengemeenschap (CUR'99)
Zachthoutoibos	Zachthoutoibossen
Zachthoutproductiebos	nvt
Wilgengriend	Zachthoutoibossen
Hardhoutoibos	Hardhoutoibossen
Hardhoutproductiebos	nvt

3.2.7 Overige typen

Dit betreft veelal aangeplante / aangelegde typen en om deze reden (per definitie) is er geen sprake van een plantengemeenschap. Een uitzondering hierop vormt het type waterbodems. Dit betreft o.m. plassen en geulen waarin verschillende waterplantengemeenschappen kunnen voorkomen. Aan het eind van de herfst zijn deze geheel verdwenen, vandaar dat ze ook niet als apart vegetatietypen zijn opgenomen in het handboek. Voor de volledigheid zijn ze wel in tabel 8 genoemd. De gemeenschappen van de slikkige oevers zijn beschreven bij de (natte)pioniervegetatie.

Tabel 8 Overige typen

"Vegetatie" type	Plantengemeenschap (CUR'99)
Akkers	nvt
Boomgaard	nvt
Laanbeplanting	nvt-
Heggen/houtwallen	nvt
Solitaire bomen	nvt
Waterbodems	Kranswiergemeenschappen Ondergedoken fonteinkruidgemeenschap Drijfbladgemeenschap
Slikkige oevers	zie (natte) pioniergemeenschap

3.3 Vegetatietypen en ecotopen

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 deze paragraaf koppeltabellen gepresenteerd waarbij wordt aangegeven in welke ecotopen de vegetatietypen 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. In onderstaande tabellen (tabel 9 t/m 11) wordt met een 'o' aangegeven welke vegetaties voorkomen in een bepaald ecotoop. Met een 'X' wordt het dominante type aangeduid.

In tabel 9 wordt aangegeven in welke ecotopen de vegetatietypen die gedomineerd worden door kruidachtige soorten, kunnen voorkomen.

Tabel 9 Ecotopen met kruidachtige vegetatie

Ecotopen		Kaal		Graslanden		Ruigten						Moerasvegetatie							
		Waterbodems	Akkers	Pioniervegetatie	Productiegrasland	Soortenrijk grasland	Akkerdistelruigte	Brandnetelruigte	Soortenrijke ruigte	Dauwbraamruigte	Duinnietruigte	Moerasspireaaruigte	Rietruigte	Riet	Rietgras	Liesgras	Lisdodde	Biezen	Zeggen
Code	Omschrijving																		
RHg-1	Hoogwatervrij schraalgrasland				X		o	o											
RHg-2	Hoogwatervrij hooiland				X		o	o	o										
RHg-3	Hoogwatervrij productiegrasland				X														
RMg-1	Moerassig uiterwaardgrasland				X		o	o											
RMg-2	Moerassig productiegrasland				X														
RMg-3	Kwelgrasland				X			o				o	o		o				o
ROg-1	Oeverwal stroomdalgrasland				X		o	o											
ROg-2	Oeverwal hooiland				X		o	o	o										
ROg-3	Oeverwal productiegrasland				X														
RUg-1	Structuurrijk uiterwaardgrasland				X		o	o											
RUg-2	Uiterwaard hooiland				X		o	o	o										
RUg-3	Uiterwaard productiegrasland				X														
RHr-1 a	Soortenarme ruigte op hoogwatervrij terrein						X	o	o		o								
RHr-1r	Structuurrijke ruigte op hoogwatervrij terrein						o	o	X	o		o	o						
RHr-2	Hoogwatervrije akker		X																
RMr-1	Moerasruigte			o								o	o	o	X	o	o	o	o
RMr-2	Rietmoeras												o	X	o		o		
RMr-3	Kwelmoeras											X	o	o	o	o	o	o	o
ROr-1	Oeverwal met rivierduinvorming			X	o		o	o	o										
ROr-2 a	Soortenarme oeverwalruigte				o		X	o	o		o								
ROr-2 r	Structuurrijke oeverwalruigte				o		o	o	X	o			o						
ROr-3	Oeverwal akker		X																
RUr-1	Structuurrijke uiterwaardruigte				o		o	o	X	o			o						
RUr-2	Soortenarme uiterwaardruigte				o		X	o	o		o								
RUr-3	Uiterwaard akker		X																

In tabel 10 wordt aangegeven in welke ecotopen de vegetatietypen 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 te onderscheiden (Jansen en Van Splunder 2000).

Tabel 10 Ecotopen met houtige vegetatie

Ecotopen		Ruigten			Struwelen		Bossen					Overige			
Code	Omschrijving	Soortenrijke ruigte	Moerasspireaaruite	Rietruigte	Zachthoutstruweel	Doornstruweel	Zachthoutoibos	Wilgengriend	Hardhoutoibos	Zachthoutproductiebos	Hardhoutproductiebos	Naaldhoutproductiebos	Boomgaard	Laanbeplanting	Heggen
RHb-1	Hoogwatervrij bos (hardhout)					o	o	X							
RHb-1	Hoogwatervrij bos (zachthout)				o		X	o							
RHb-2	Hoogwatervrij (doorn)struweel				o	X								o	
RHb-2	Hoogwatervrij (zachthout)struweel				X	o									
RHb-3	Hoogwatervrij produktiebos (hardhout)					o			o	o	X	o	o		
RHb-3	Hoogwatervrij produktiebos (zachthout)						o	o		X	o				
RMb-1	Moerassig hardhoutoibos				o		o	X							
RMb-2	Moerassig zachthoutoibos				o		X	o	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 zachthoutoibos				o		X								
ROb-4	Oeverwal zachthoutstruweel	o		o	X		o								
ROb-5	Oeverwal produktiebos (hardhout)										X	o			
ROb-5	Oeverwal produktiebos (zachthout)/griend			o	o		o	o		X					
RUb-1	Uiterwaard hardhoutbos					o	o		X		o				
RUb-2	Uiterwaard doornstruweel					X			o						
RUb-3	Uiterwaard zachthoutoibos				o				X						
RUb-4	Uiterwaard zachthoutstruweel			o	X		o								
RUb-5	Uiterwaard hardhout produktiebos								o		X	o	o		
RUb-6	Uiterwaard zachthout produktiebos/griend	o	o	o	o			o		X					

In tabel 11 wordt aangegeven welke 'vegetatietypen' kunnen voorkomen in de water- en de onbegroeide ecotopen.

Tabel 11 Overige ecotopen

Ecotopen		Overig		Grasland		Ruigte						Moerasvegetatie						
totcode	omschrijving	Waterbodem Akkers	Pioniervegetatie	Productiegrasland	Soortennijk grasland	Akkerdistelruigte	Brandnetelruigte	Soortenrijke ruigte	Dauwbraamruigte	Duinrietruigte	Moerasspiraeeruigte	Rietruigte	Riet	Rietgras	Liesgras	Lisdodde	Biezen	Zeggen
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																
RWs-2	Afgesloten/stagnante strang	X																
RZs-1	Grindbank		X															
RZs-2	Zandplaat/zandstrand		X															
RZs-3	Slikplaten/slikkige oevers	X	o															
RZs-4	Biezenoever	o												o		X	o	
RZs-5	Afslagoever/steiloever		X															
RZs-6	Krib/strekdam/stenen oever					o	o	X	o			o						
RHk-1	Onbegroeid hoogwatervrij terrein		X															
ROk-1	Onbegroeide oeverwal		X															
RUk-1	Onbegroeide uiterwaard		X															

4 Formulering voor stromingsweerstand

4.1 Toelichting:

In het handboek worden vier formuleringen voor de berekening van de stromingsweerstand van vegetatie in uiterwaarden regelmatig gebruikt::

- Formulering voor doorstroomde vegetatie
- Formulering voor door - en overstroomde vegetatie
- Benaderingsformule voor door - en overstroomde vegetatie
- Formulering voor combinaties van vegetatiesoorten

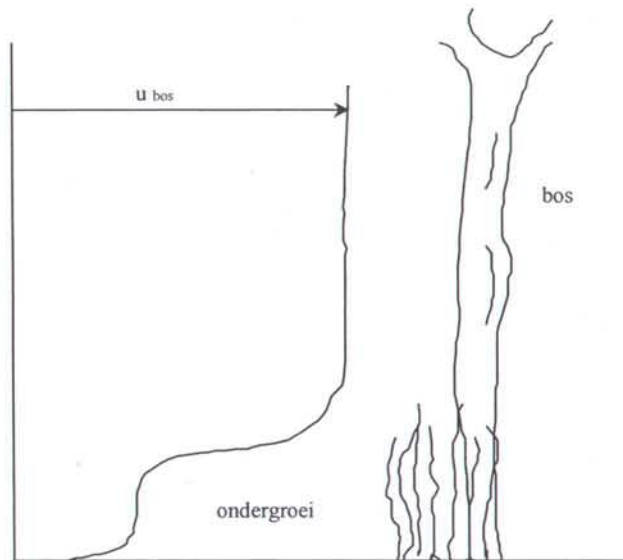
Om te voorkomen dat deze formuleringen steeds op dezelfde wijze herhaald moeten worden bij ieder vegetatietype zijn ze ondergebracht in navolgende formule bladen.

De benaderingsformule wordt gepresenteerd omdat de analytische beschrijving van de stromingsweerstand van door - en overstroomde vegetatie dermate complex is dat de stromingsweerstand alleen m.b.v. een computerprogramma kan worden berekend. Met behulp van de benaderingsformule kan de stromingsweerstand echter ook met een calculator worden berekend.

Voor meer achtergrond informatie en afleidingen wordt verwezen naar "Stromingsweerstand vegetatie in uiterwaarden, deel II achtergronddocument"

4.2 Formulering voor doorstroomde vegetatie

Figuur 1: Definitieschets doorstroomde vegetatie



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

met :

C_r	= representatieve Chézy waarde	$[m^{1/2}/s]$
C_b	= Chézy waarde van de bodem/ondergroei	$[m^{1/2}/s]$
C_d	= weerstandscoefficiënt (dragcoëfficiënt)	$[-]$
A_r	= representatief aanstromend oppervlak vegetatie	$[m^2/m^2/m']$
h	= waterdiepte	$[m]$

Hierin is C_b gedefinieerd als :

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

met:

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

en A_r is gedefinieerd als :

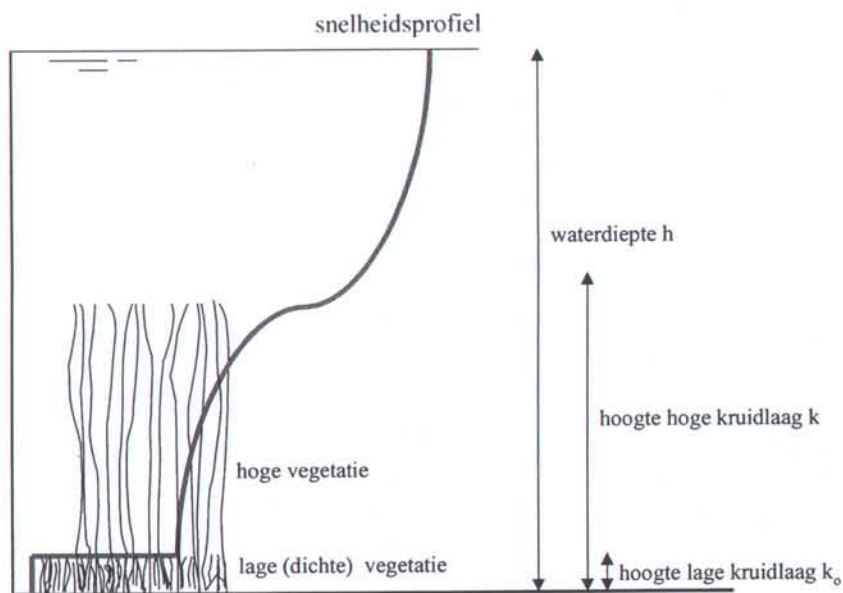
$$A_r = \frac{\int_0^h A_v dz}{h}$$

met:

A_v	=aanstromend oppervlak vegetatie op hoogte z	$[m^2/m^2/m']$
-------	----------------------------------------------	----------------

4.3 Formulering voor door- en overstroomde vegetatie

Figuur 2: Definitieschets door- en overstroomde vegetatie



$$C_r = \frac{k \cdot U_v + (h - k) \cdot U_o + k_o \cdot (U_{do} - u_{s0})}{h \sqrt{h \cdot i}}$$

met :

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

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

$$U_{do} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot i}{C_d \cdot m_o \cdot D_o}}$$

$$u_{s0}^2 = -\frac{B}{A}$$

en:

$$\alpha = 0.023.k^{0.7}$$

$$A = \frac{C_d . m . D}{2\alpha}$$

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

$$C_2 = \frac{-2B(h-k)}{\sqrt{2A.(e^{k\sqrt{2A}} - e^{-k\sqrt{2A}})}} + \frac{4B.g.e^{-k\sqrt{2A}}}{C_b^2 . C_d . m . D . (e^{k\sqrt{2A}} - e^{-k\sqrt{2A}})}$$

$$E = \frac{\sqrt{2A} . C_2 . e^{k\sqrt{2A}}}{2\sqrt{C_2 . e^{k\sqrt{2A}} + u_{s0}^2}}$$

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

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

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

$$z_0 = a . e^{-F}$$

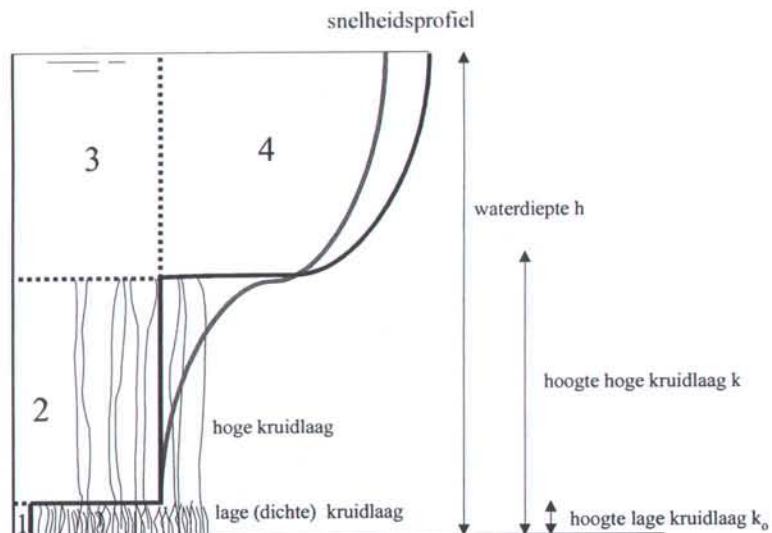
waarin:

h	=	waterdiepte	(m)
k	=	gemiddelde hoogte hoge kruidlaag	(m)
k _o	=	gemiddelde hoogte lage kruidlaag	(m)
C _d	=	weerstandscoefficiënt	(-)
m	=	aantal stengels hoge kruidlaag per m ²	(1/m ²)
m _o	=	aantal stengels lage kruidlaag per m ²	(1/m ²)
D	=	diameter stengel hoge kruidlaag	(m)
D _o	=	diameter stengel lage kruidlaag	(m)
i	=	verhang van de waterspiegel	(-)
g	=	versnelling van de zwaartekracht: 9.81	(m/s ²)
κ	=	von Karman constante : 0.4	(-)
C _b	=	Chézy coëfficiënt voor bodemruwheid	(m ^{1/2} /s)
C _r	=	representatieve Chézy coëfficiënt	(m ^{1/2} /s)

4.4 Benadering overstromde vegetatie

Figuur 3: Definitieschets benadering overstromde vegetatie

- werkelijk snelheidsprofiel
- benaderd snelheidsprofiel



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

met::

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

en

$$k_v = 1.6 k^{0.7}$$

C_v	= Chézy coëfficiënt gerelateerd aan top vegetatie	[m ^{1/2} /s]
C_d	= weerstandscoefficiënt (drag) hogekruidlaag	[-]
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 de top van de vegetatie	[m]
k	= gemiddelde hoogte hoge kruidlaag	[m]

k_o	=	gemiddelde hoogte lage kruidlaag	[m]
m	=	gemiddeld aantal stengels hoge kruidlaag	[1/m ²]
m_o	=	gemiddeld aantal stengels lage kruidlaag	[1/m ²]
u_v	=	gemiddelde snelheid vegetatielaag	[m/s]
u_w	=	gemiddelde snelheid waterlaag	[m/s]
i	=	verhang	[-]

4.5 Combinatie van meerdere vegetatietypen

$$C_{rc} = \phi \cdot C_s - (1 - \phi) \cdot C_p$$

waarin:

$$C_p = \sum_i x_i \cdot C_i$$

en

$$C_s = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{x_i}{C_i^2}}}$$

met:

x_i	=	oppervlakte aandeel vegetatietype i	[-]
C_i	=	Chézy waarde vegetatietype i	[m ^{1/2} /s]
C_p	=	Chézy waarde vegetatiecombinatie bij parallel patroon	[m ^{1/2} /s]
C_s	=	Chézy waarde vegetatiecombinatie bij serie patroon	[m ^{1/2} /s]
C_{rc}	=	representatieve Chézy waarde vegetatiecombinatie	[m ^{1/2} /s]
ϕ	=	weegfactor	[-]

Bijlagen weerstandsbeschrijving per vegetatietype

De volgende typen worden beschreven

pioniervegetatie

graslanden

- productiegrasland
- soortenrijk grasland
 - soortenrijk grasland met zachthoutstruweel
 - soortenrijk grasland met zachthoutoibos

ruigten

- akkerdistelruigte
- brandnetelruigte
 - brandnetelruigte met zachthoutstruweel
- soortenrijke ruigte
- dauwbraamruigte
- duinrietruigte
- moerasspiraearuigte
- rietruigte

moerasvegetatie

- riet
- rietgras
- gele lis
- lisdodde
- liesgras
- mattenbies
- zegge

struwelen

- zachthoutstruweel
- doornstruweel

bossen

- zachthoutoibos
- zachthoutproductiebos
- wilgengriend
- hardhoutoibos
- hardhoutproductiebos
- naaldhoutproductiebos

overigen

- boomgaarden
- laanbeplanting
- heggen
- vrijstaande bomen
- akkers
- waterbodems

Pioniervegetatie



Foto: Droge pioniervegetatie in de winter (maart 2001), Duursche Waarden (foto DON)

Beschrijving

Bij pioniervegetatie kan onderscheid worden gemaakt in moerassige, natte en droge pioniervegetaties. Alle worden gekenmerkt door soorten van hoogdynamische milieu's waardoor regelmatig kaal substraat ontstaat wat kan dienen als nieuwe vestigingsplaats.



Foto: Pioniervegetatie maart 2001, Links, droge pioniervegetatie Duursche waarden (foto DON), rechts natte pioniervegetatie Afferdensche en Deestsche waarden (foto MD)

Meest voorkomende soorten:

De moerassige pioniervegetatie komt veelal voor in stroken langs sloten en plassen, maar kan soms ook aanzienlijke oppervlakten innemen. Kenmerkende soorten die tot dit type behoren zijn Zwanebloem, Watertorkruid, Gele waterkers, Kalmoes, Mannagras, Holpijp, Moerasvergeetmijnietje en Watermunt. De natte typen worden aangetroffen op allerlei open plekken langs oevers met voldoende aanvoer van voedingsstoffen. 's Winters staan zij veelal langdurig onder water. In de zomer mogen de standplaatsen wel droogvallen, maar niet uitdrogen. 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, Reukeloze kamille, Canadese fijnstraal en Varkensgras. Wilgen komen in dit type meestal niet voor. 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.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	moerassig type : 's winters en 's zomers onder water, nat type: 's winters onder water 's zomer niet uitdrogen droog type : 's winters vaak langdurig onder water 's zomers uitdrogen
Morfologische dynamiek:	door de hoge dynamiek ontstaat regelmatig kaal substraat die kan dienen als nieuwe vestigingsplaats
Substraat:	nat en moerassig type slibrijke bodem droog type : zandige sterk doorlatende bodem
Lokatie:	veelal langs oevers van rivieren, sloten en plassen

Kenmerken beheer

De pioniervegetatie is gevoelig voor begrazing. Door vraat en betreding kan de hoogte en de bedekking van de vegetatie worden beïnvloed.

Weerstand bepalende eigenschappen

Van zowel de moerassige, de natte als het droge pioniertype zijn in de winter veelal weinig tot geen bovengrondse stengels meer aanwezig. Vooral in begraasde situaties wordt dan ook de weerstand vooral bepaald door de bodemweerstand. In de onbegraasde situatie zijn er echter in de winter nog wel wat ijle vegetaties aanwezig.

Weerstandformulering:

Weerstandcoëfficiënt van Chézy:

pioniervegetatie:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegraasd:

k	=	0.20
m	=	140
D	=	0.003
C_d	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd (0.5-1 dier/ha):

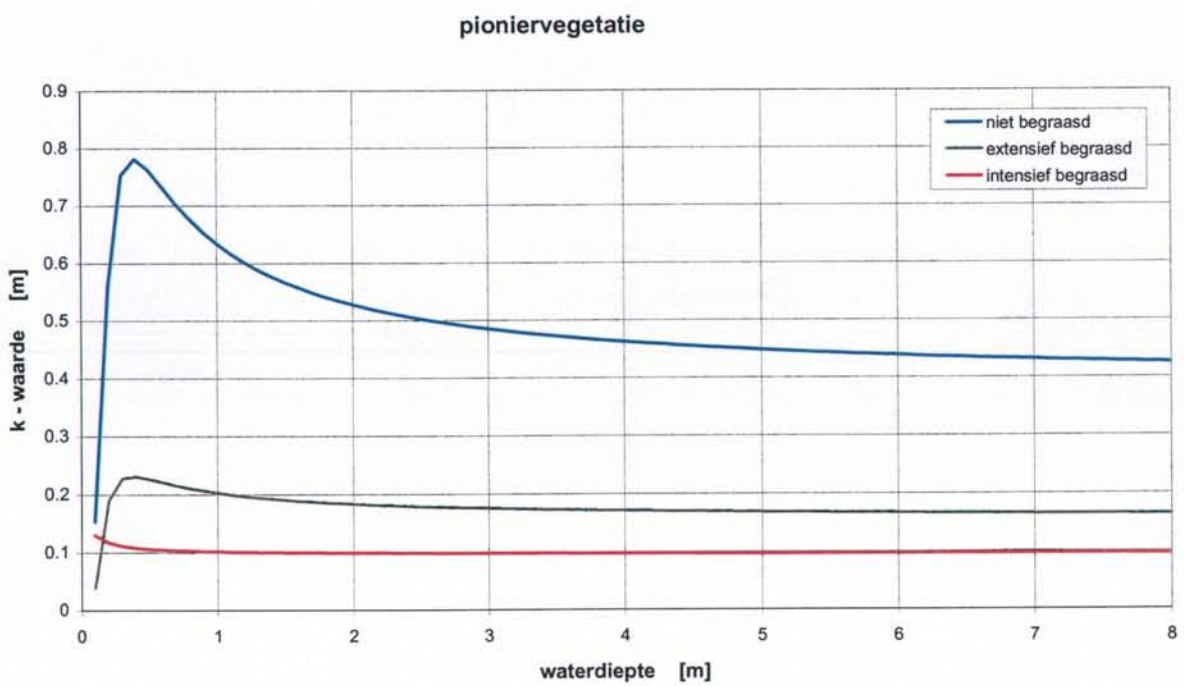
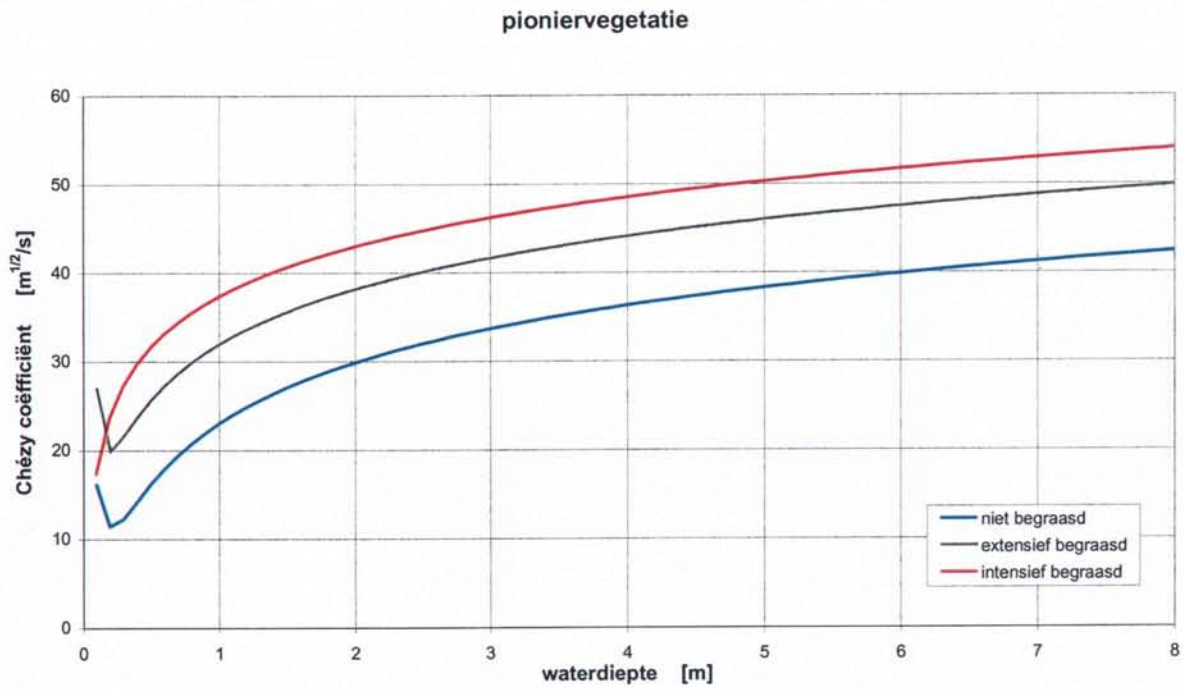
k	=	0.15
m	=	50
D	=	0.003
C_d	=	1.8

intensief begraasd (>1 dier/ha)

k_n	=	0.10
-------	---	------

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

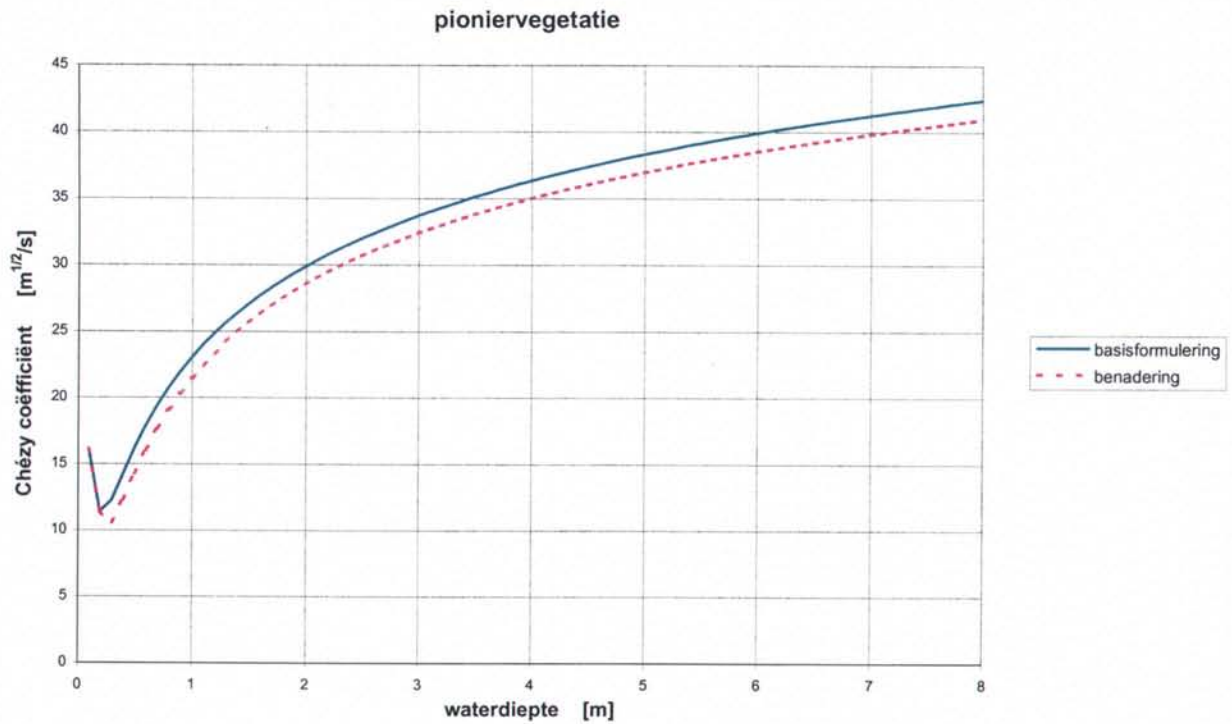
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Productiegrasland



Foto: Productiegrasland, Duursche Waarden (oktober 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Productiegrasland bestaat in het algemeen uit ingezaaide grassoorten. Door de hoge bemesting is het aantal soorten in dit type zeer beperkt. Productiegrasland is structuurarm en door de intensieve begrazing is de grashoogte gering.



Foto Productiegrasland Duursche Waarden, links winteromstandigheden (maart 2001, DON), rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende vegetatiesoorten:

Ingezaaide grasland mengels voor weilanden, veelal gedomineerd door Engels Raaigras

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: < 50 dagen per jaar

Morfologische dynamiek: variabel

Substraat: zand, zavel, klei

Lokatie: bekade uiterwaarden

Kenmerken beheer

Intensieve begrazing, i.h.a. bemest

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van productiegrasland wordt voornamelijk bepaald door de hoogte van het gras. In mindere mate door de dichtheid van het gras. Bodemoneffenheden, afrasteringen etc. kunnen de weerstand vergroten.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Productiegrasland:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

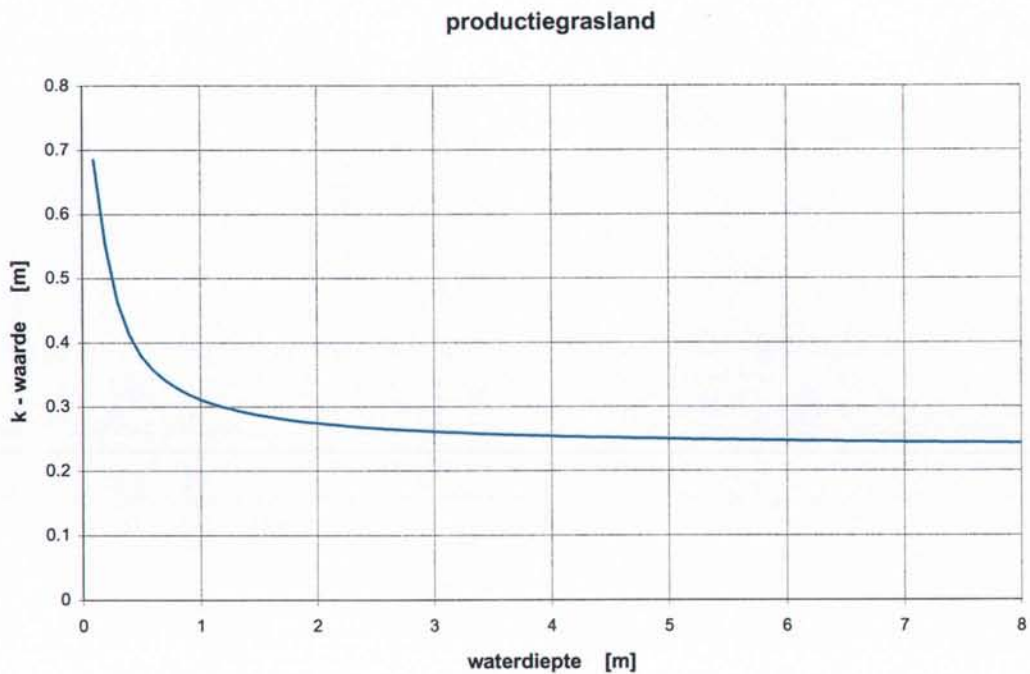
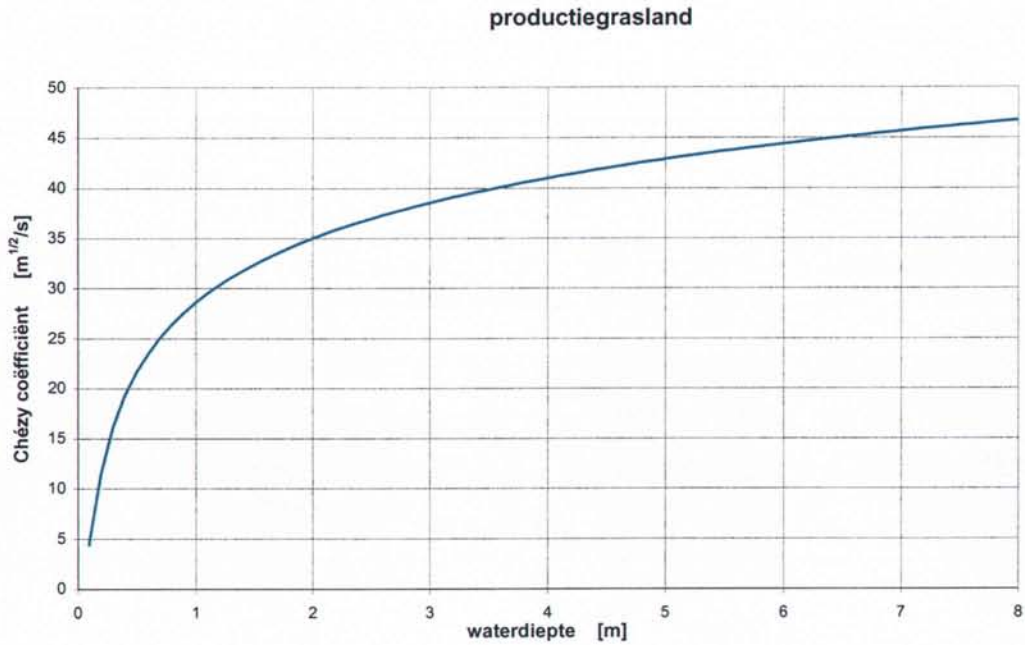
winteromstandigheden:

k	=	0.06
m	=	15000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

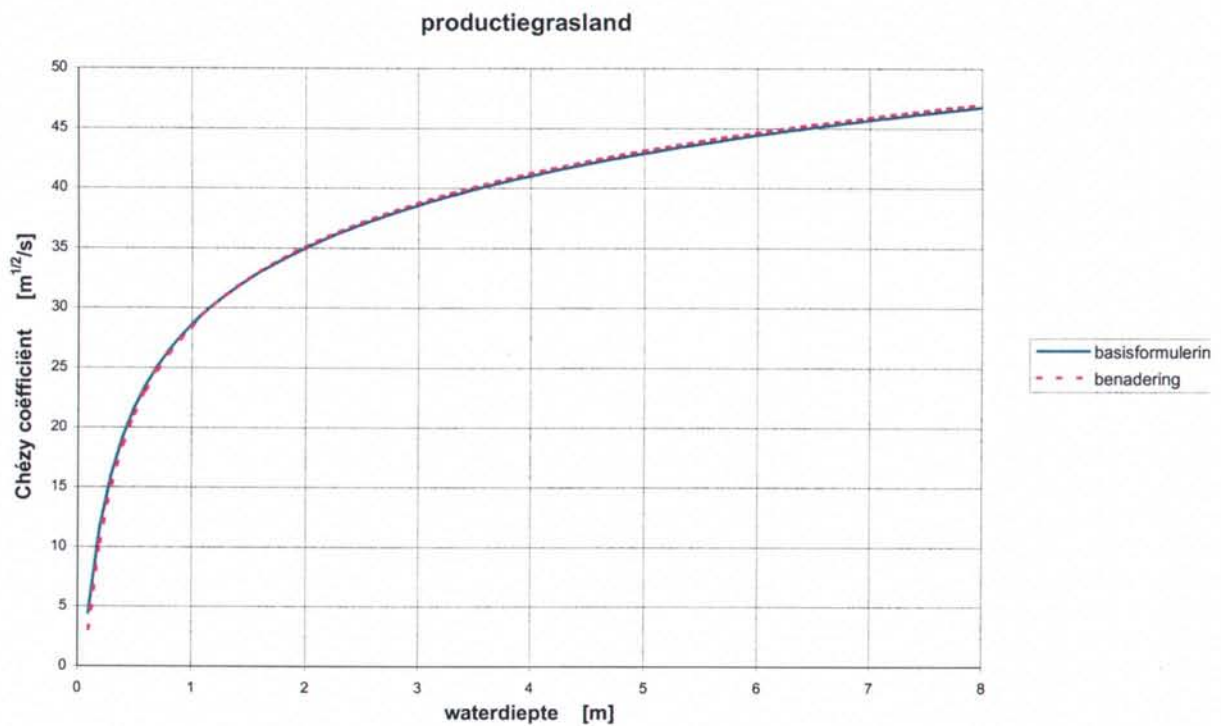
Voor een afchatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Soortenrijk grasland



Foto: Soortenrijk grasland met Schotse hooglanders, Duursche Waarden oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Een verzamelnaam voor alle graslanden die niet onder de categorie productiegrasland vallen. Het type grasland en daarmee de soortensamenstelling is afhankelijk van de hoogteligging, bodem en beheer.



Soortenrijk grasland Duursche Waarden. Links: winteromstandigheden (maart 2001, DON) rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende vegetatie:

Op basis van de hoogteligging is van laag naar hoog de opvolging van typen: Zilverschoongraslanden, Grote Vossestaartgemeenschappen, Glanshaverhooilanden en Stroomdalgraslanden.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: afhankelijk van type
 Morfologische dynamiek: variabel
 Substraat: zand, zavel, klei
 Lokatie: kan overal voorkomen

Kenmerken beheer

Zowel bedekking als hoogte wordt sterk beïnvloed door begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van soortenrijk grasland wordt sterk bepaald door de hoogte en de dichtheid van de vegetatie. In de winter komen er soms nog hogere soorten, in zeer lage dichtheid, voor. Deze "sprietten" worden "meegewogen" door de vegetatiehoogte licht op te hogen.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Soortenrijk grasland :

Formulering voor overstromde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegraasd:

k	=	0.20
m	=	5000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd (0.5-1 dier/ha):

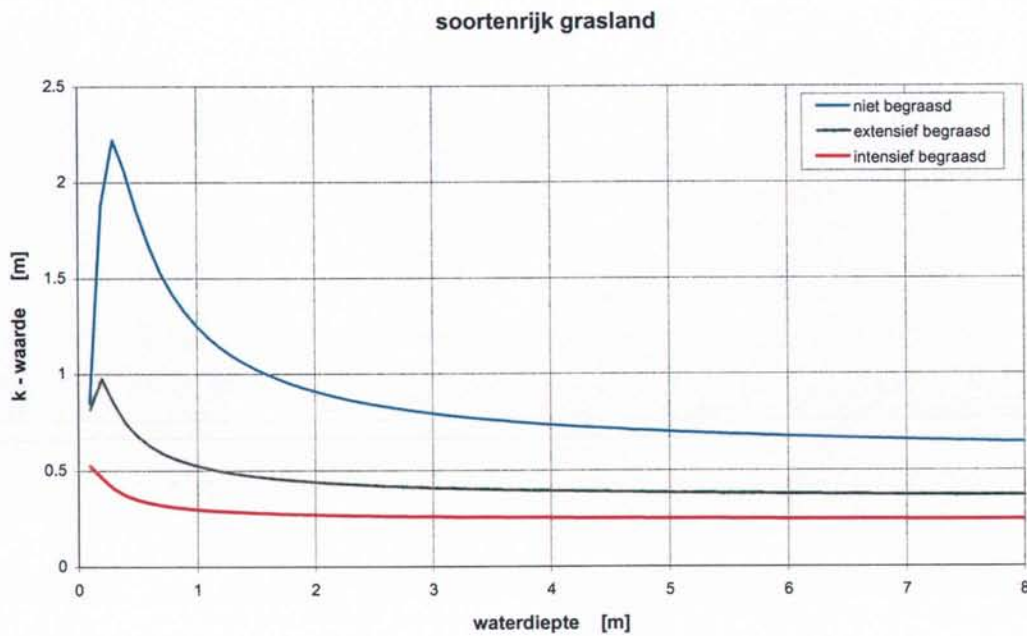
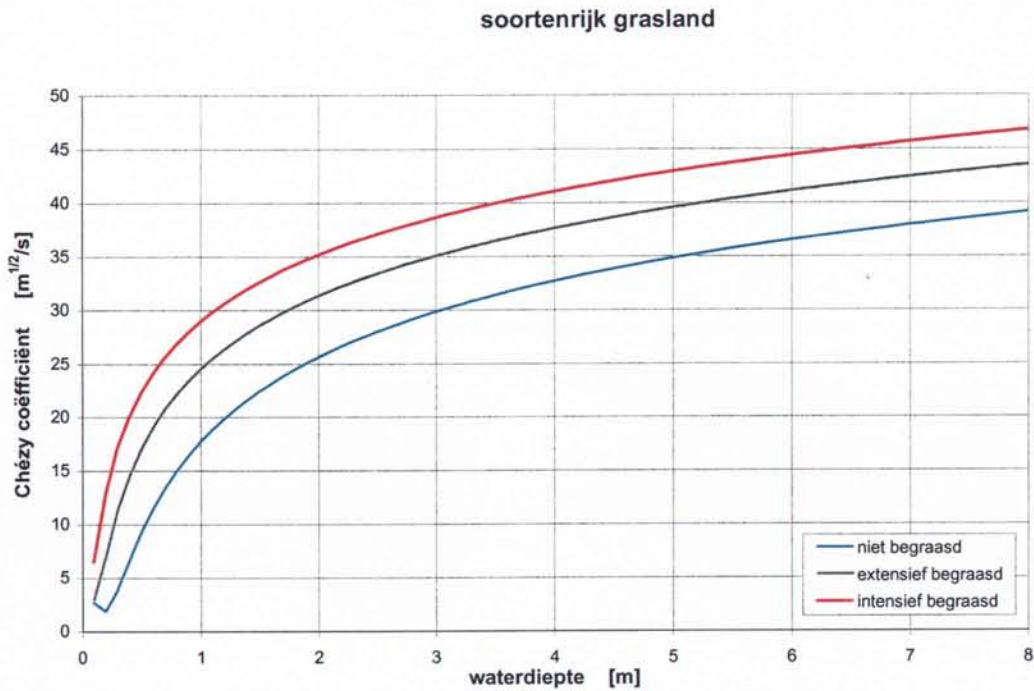
k	=	0.10
m	=	4000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

intensief begraasd (>1 dier/ha)

k	=	0.06
m	=	3000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

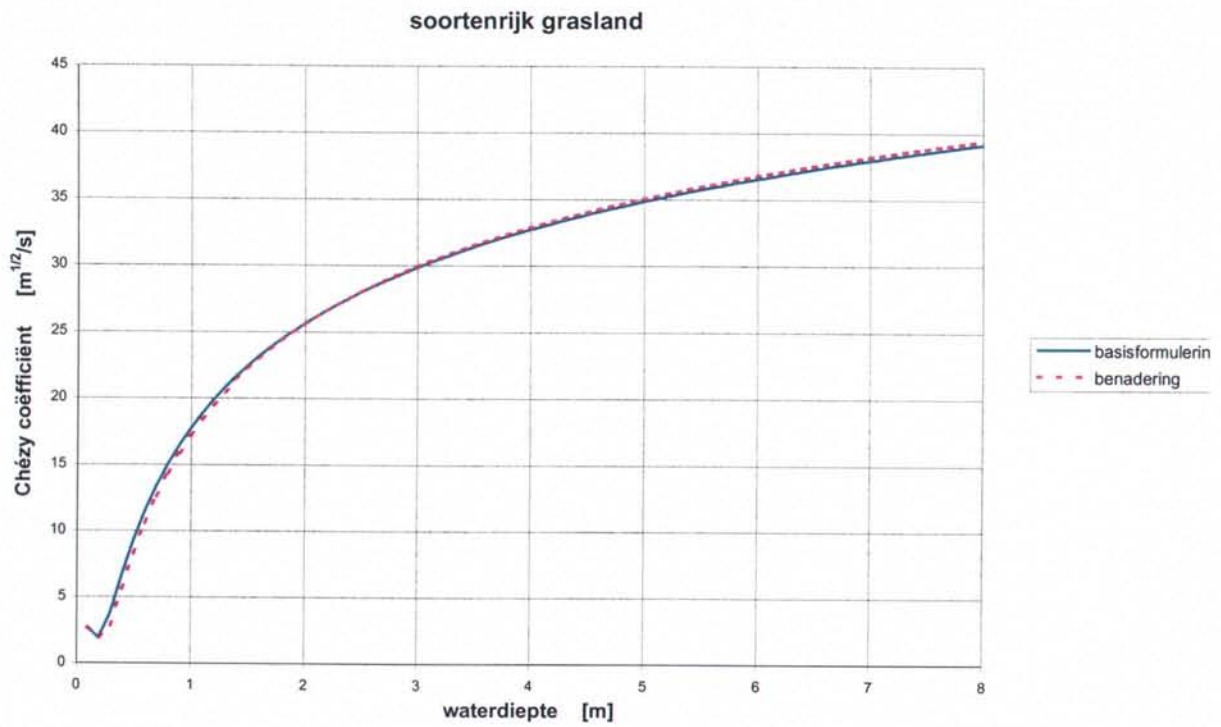
Voor een afchatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstromde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_z}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering

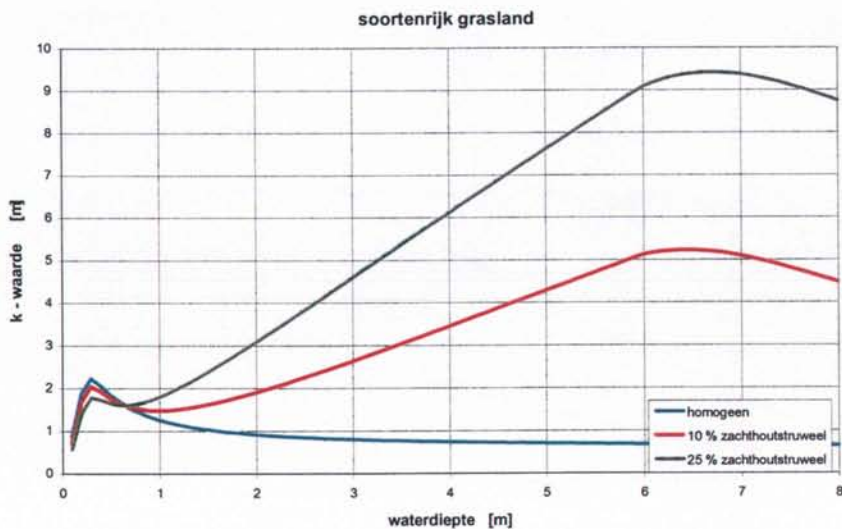
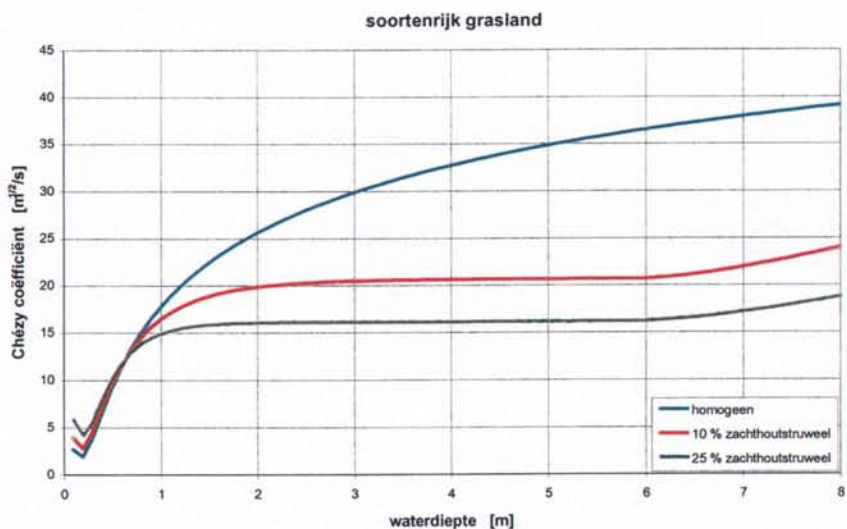


Combinatie soortenrijk grasland-zachthoutstruweel

combinatie soortenrijk grasland- zachthoutstruweel

Formulering voor combinaties van vegetatie
 zie: par. 4.5

$C_{\text{soortenrijk grasland}}$ zie: soortenrijk grasland
 $C_{\text{zachthoutstruweel}}$ zie: zachthoutstruweel

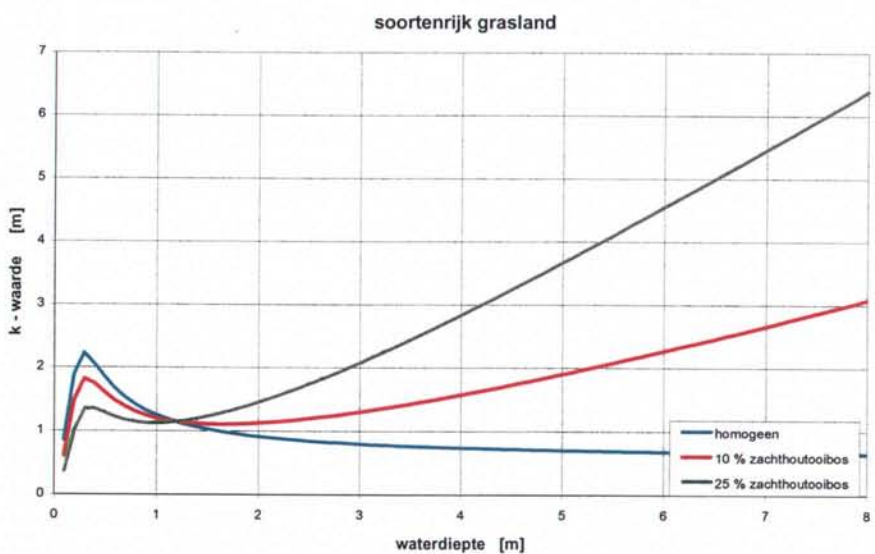
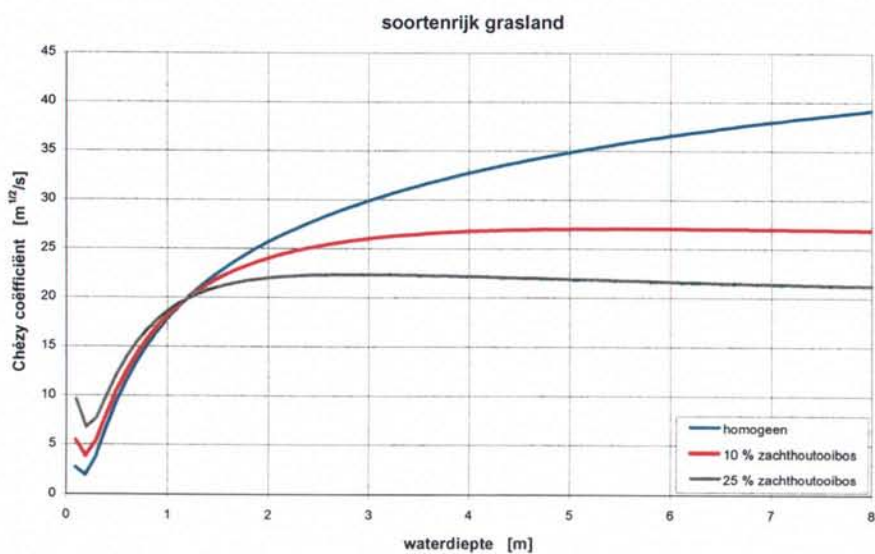


Combinatie soortenrijk grasland-zachthoutoibos

combinatie soortenrijk grasland- zachthoutstruweel

Formulering voor combinaties van vegetatie
 zie: par. 4.5

$C_{\text{soortenrijk grasland}}$ zie: soortenrijk grasland
 $C_{\text{zachthoutoibos}}$ zie: zachthoutoibos



Akkerdistelruigte



Foto Akkerdistel in Meinerswijk, augustus 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Ruigte die gedomineerd wordt door akkerdistel, veelal in combinatie met grassen en andere ruigtesoorten als Grote Brandnetel.



Akkerdistelruigte Meinerswijk (P. Jesse), links winteromstandigheden (december 2001) rechts zomeromstandigheden (augustus 2001)

Meest voorkomende vegetatie:

Akkerdistelruigte wordt gedomineerd door akkerdistel soms in combinatie met Grote Brandnetel. Daarnaast komen Kweek, Klein Hoefblad, Speerdistel, Canadese fijnstraal, Kroppaar, Smalle Weegbree, Fioringras, Kruidende boterbloem en Paardebloem voor.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	overschrijdingsduur : 0-75 dagen per jaar.
Morfologische dynamiek:	variabel
Substraat:	zand, zavel en klei.
Lokatie:	plaatsen die in het voorjaar en de zomer niet begraasd worden

Kenmerken beheer

Gevoelig voor begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van akkerdistel wordt vooral bepaald door de hoogte van de vegetatie en in mindere mate door de stengeldichtheid en stengeldiameter. De hogere vegetatie is in de winter zeer ijl. Het effect hiervan op de stromingsweerstand is enigszins in rekening gebracht door een iets verhoogde vegetatiehoogte

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Akkerdistelruigte :

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegrasd:

k	=	0.30
m	=	3000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begrasd (0.5-1 dier/ha):

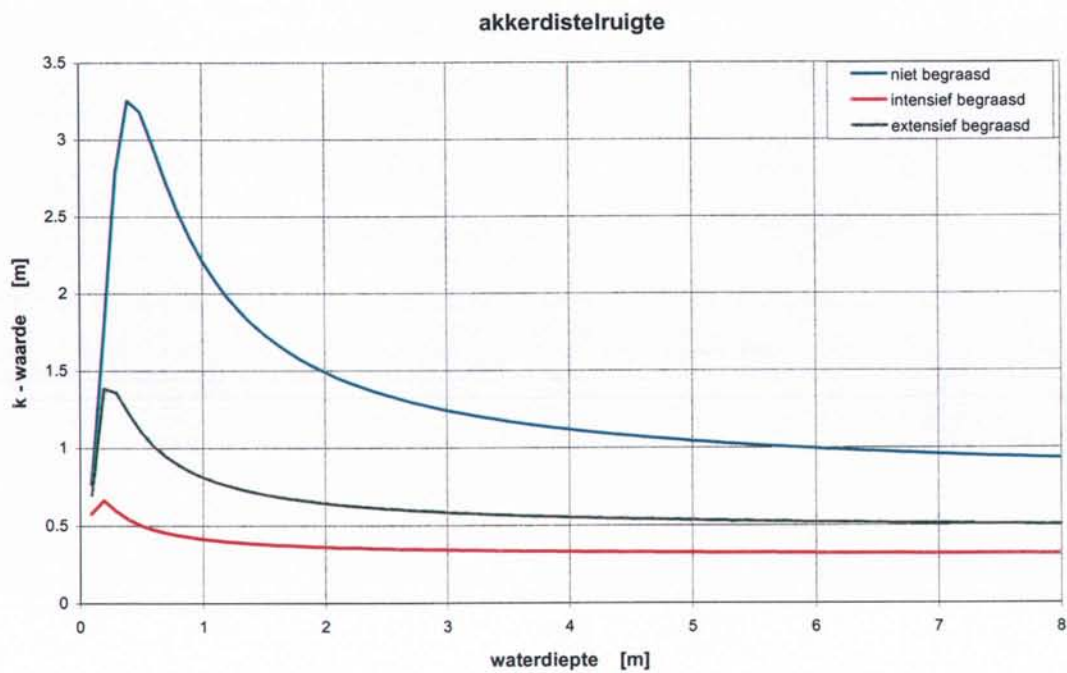
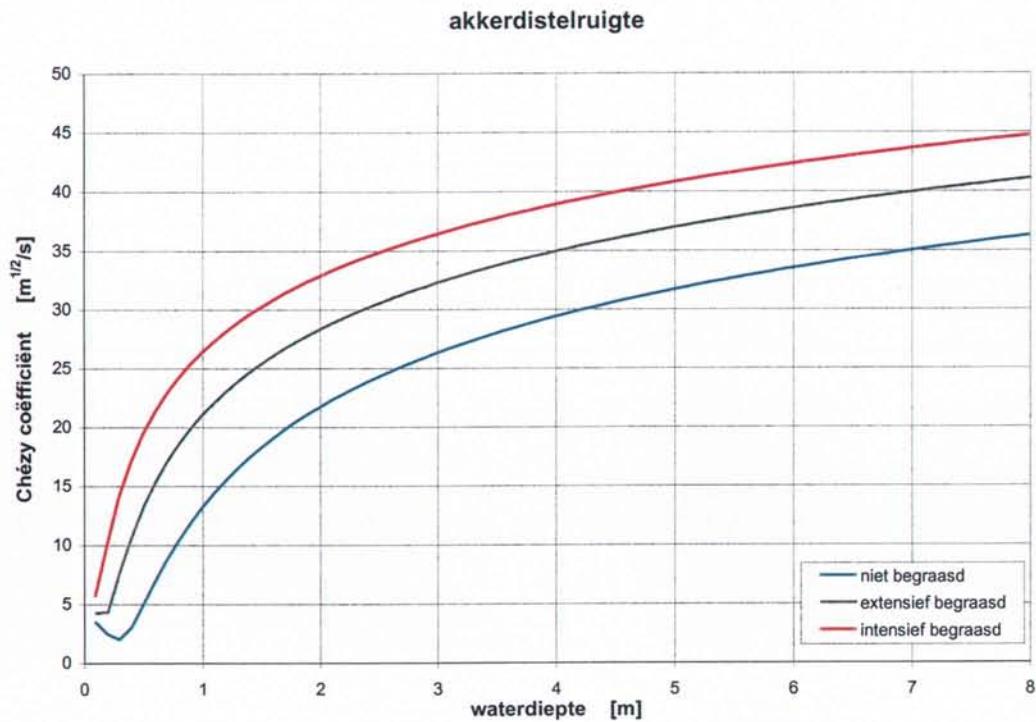
k	=	0.15
m	=	2000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

intensief begrasd (>1 dier/ha)

k	=	0.09
m	=	1250
D	=	0.003
C_d	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

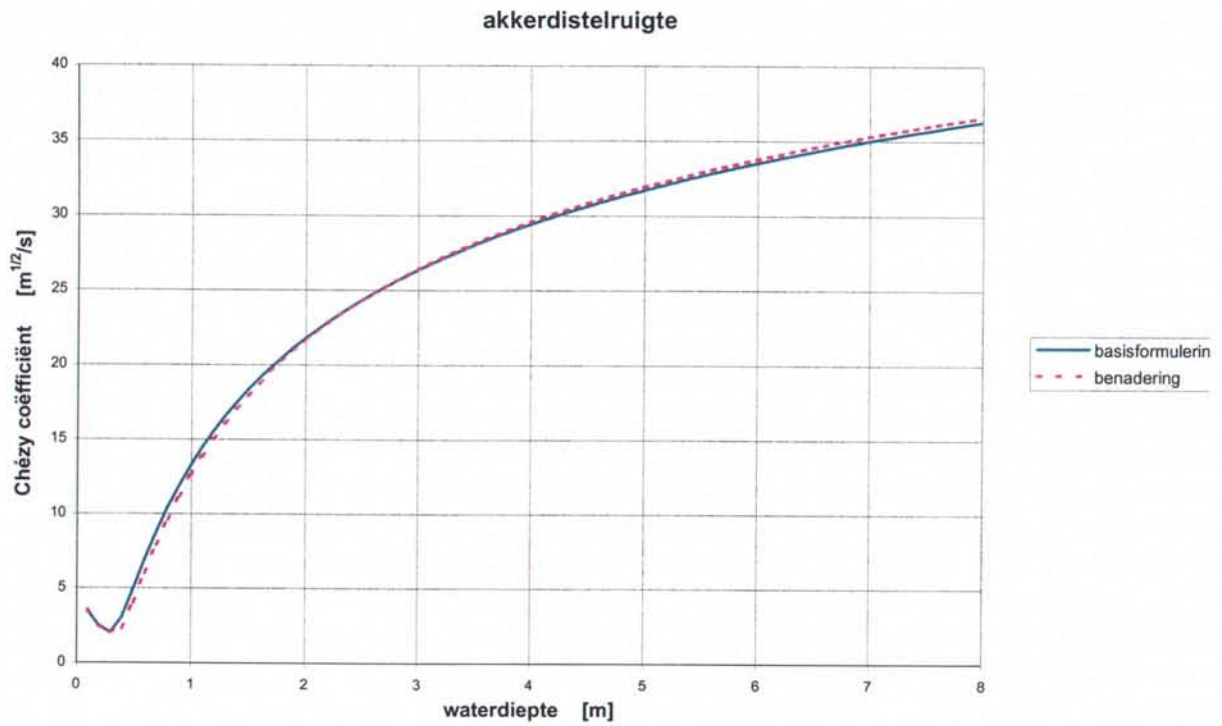
Voor een afchatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroemde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Brandnetelruigte



Foto Brandnetelruigte, oktober 2001, Meinerswijk (P. Jesse).

Beschrijving

Ruigte die wordt gedomineerd door Grote brandnetel, soms in combinatie met andere ruigtekruiden als akkerdistel



Brandnetelruigte, oktober 2001 Meinerswijk

Meest voorkomende soorten:

Brandnetelruigte wordt gedomineerd door Grote brandnetel, soms in combinatie met Akkerdistel. Daarnaast komen Kweek, Klein hoefblad, Speerdistel, Canadese fijnstraal, Kroppaar, Smalle Weegbree, Fioringras, Kruidende boterbloem en Paardebloem voor.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: overstromingsfrequentie 0-75 dagen per jaar.
Morfologische dynamiek: variabel
Substraat: zand, zavel, klei
Lokatie: plaatsen die in het voorjaar en de zomer niet begraasd worden

Kenmerken beheer

Gevoelig voor begrazing.

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van brandnetelruigte wordt vooral bepaald door de hoogte van de vegetatie en in mindere mate door de stengeldichtheid en stengeldiameter. De hogere vegetatie is in de winter zeer ijl. Het effect hiervan op de stromingsweerstand is in rekening gebracht door een iets verhoogde vegetatiehoogte.

Weerstandformulering:

Weerstandcoëfficiënt van Chézy:

Brandnetelruigte :

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegaasd:

k	=	0.30
m	=	3000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd (0.5-1 dier/ha):

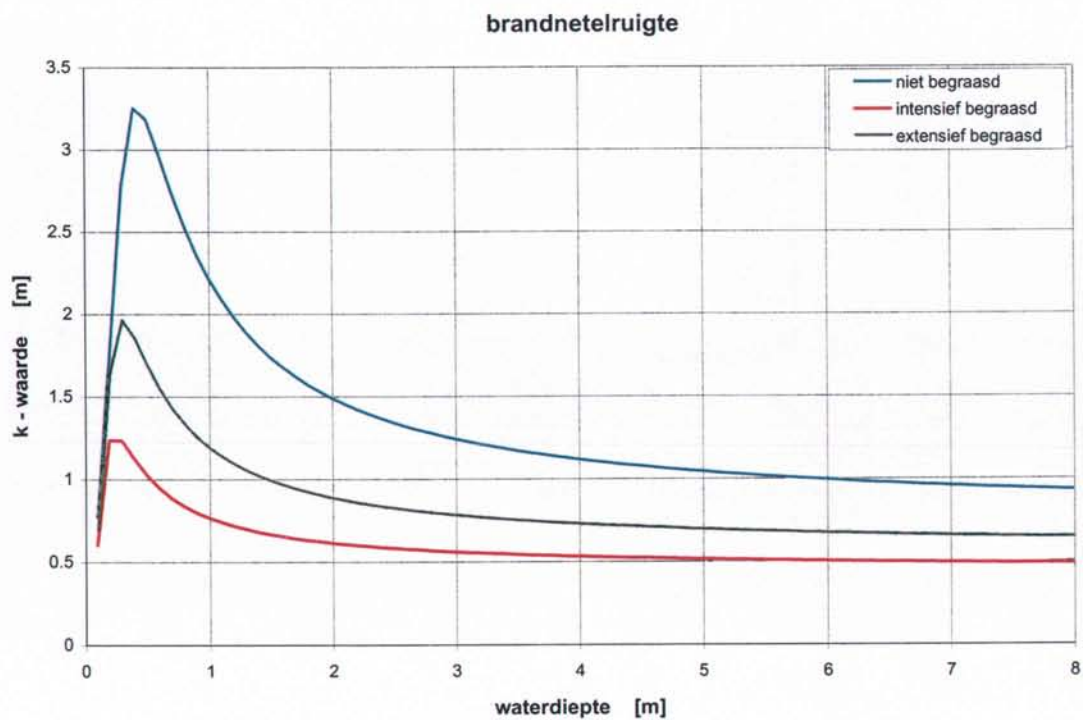
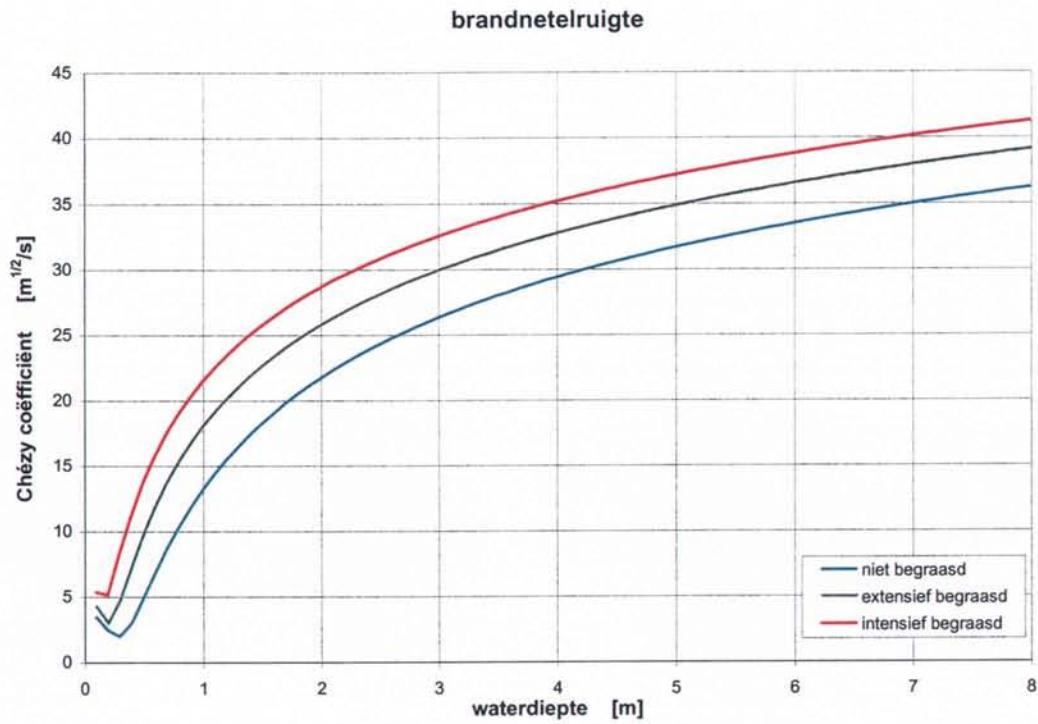
k	=	0.20
m	=	2000
D	=	0.003
C_d	=	1.8

intensief begraasd (>1 dier/ha)

k	=	0.15
m	=	1250
D	=	0.003
C_d	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

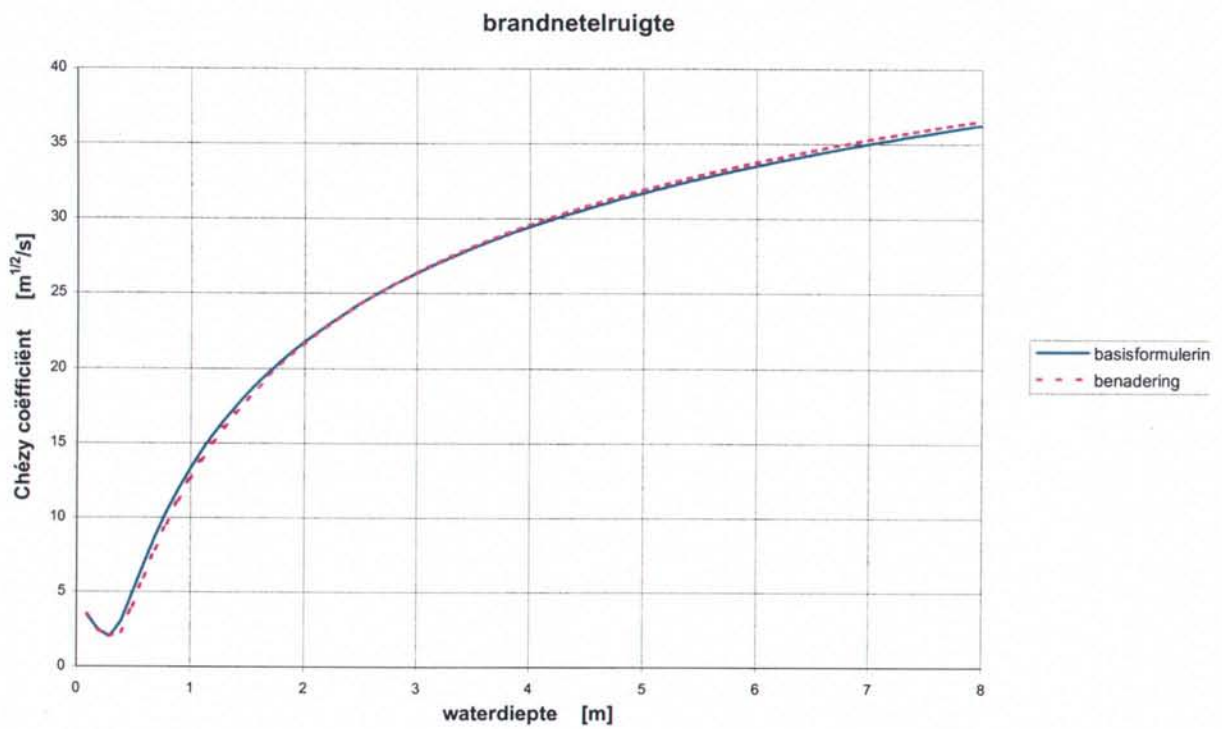
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering

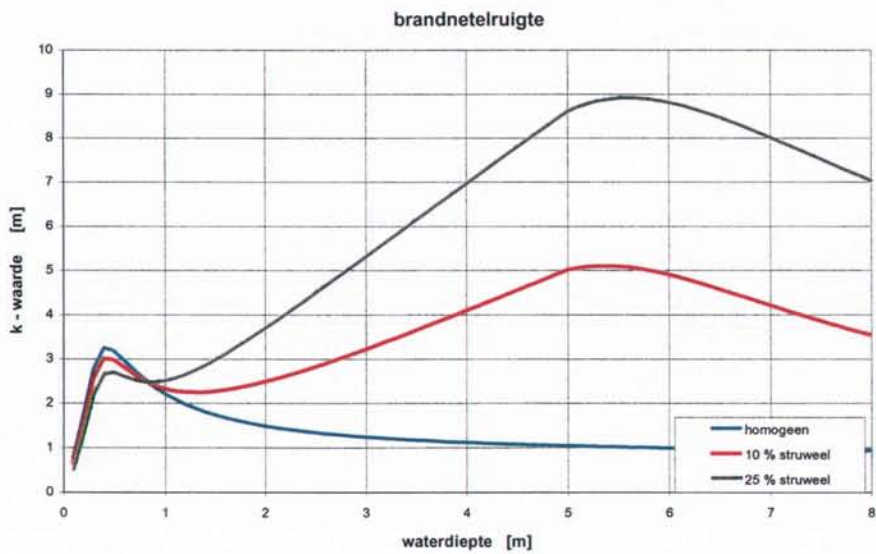
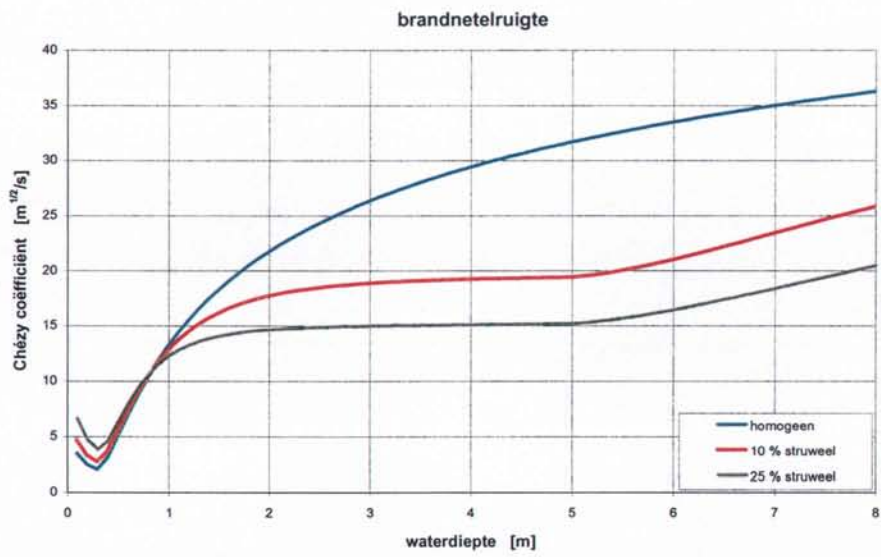


Combinatie brandnetelruigte-zachthoutstruweel

combinatie brandnetelruigte met zachthoutstruweel :

Formulering voor combinaties van vegetatie
 zie: par. 4.5

$C_{\text{brandnetelruigte}}$ zie: brandnetelruigte
 $C_{\text{zachthoutstruweel}}$ zie: zachthoutstruweel



Soortenrijke ruigte



Foto Soortenrijke ruigte gedomineerd door Zwarte mosterd in Meinerswijk, oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Deze ruigte omvat een grote gevarieerde groep aan relatief hoge en structuurrijke ruigtevegetaties van droge tot vochtige gronden. Het type is soorten- en structuurrijk en omvat plantengemeenschappen als: Rivierkruiskruid, Late guldenroede gemeenschap, Kweekdravik gemeenschap en bijvoetgemeenschap. Het voorkomen van een van deze gemeenschappen is afhankelijk van hoogteligging, substraat en beheer.



Foto: Soortenrijke ruigte gedomineerd door Harig wilgenroosje Duursche Waarden, links zomeromstandigheden (oktober 2001 P. Jesse), rechts winteromstandigheden (maart 2001 DON).

Meest voorkomende soorten:

De Rivierkruiskruid- en Late guldenroedegemeenschap komen voor op relatief gelegen delen langs oevers en hebben een pionierkarakter. Belangrijke soorten zijn: Rivierkruiskruid, Haagwinde, Echte valeriaan, Gewone smeerwortel, Grote brandnetel, Harig wilgeroosje, Late guldenroede, Koninginnekruid en Akkerdistel. De andere drie gemeenschappen komen op de meer hoger gelegen delen voor. Deze delen worden in de winter nog wel overspoeld met rivierwater en zijn daarmee verzekerd van aanvoer van nutriënten. Veel voorkomende soorten zijn: Kweekdravik, Geoorde zuring, Heksenmelk, Zeepkruid, Kruisdistel, Kweek, Akkerdistel, Speerdistel, Grote brandnetel, Canadese fijnstraal, Boerenwormkruid, Bijvoet en Duizendblad.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek	: variabel
Morfologische dynamiek	: variabel
Substraat	: variabel
Lokatie	: variabel

Kenmerken beheer

Een aantal gemeenschappen verdragen extensieve begrazing en hebben dit soms zelfs nodig om te voorkomen dat ze overwoekerd raken door struweel.

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van de vegetatie wordt vooral bepaald door de hoogte en de dichtheid van de vegetatie. In de winter is er in de onbegraste situatie sprake van een hoge en lage kruidlaag. In de begraste situatie is de dichtheid van de hoge kruidlaag erg laag en wordt derhalve niet apart meegenomen bij de bepaling van de stromingsweerstand. Om het effect hiervan toch mee te nemen wordt de lage kruidlaag iets verhoogd.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Soortenrijke ruigte:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:
winteromstandigheden:

onbegaasd		
hoge kruidlaag:		
k	=	0.88
m	=	23
D	=	0.005
C_d	=	1.8

lage kruidlaag:		
k_o	=	0.25
m_o	=	600
D_o	=	0.003
C_{do}	=	1.8

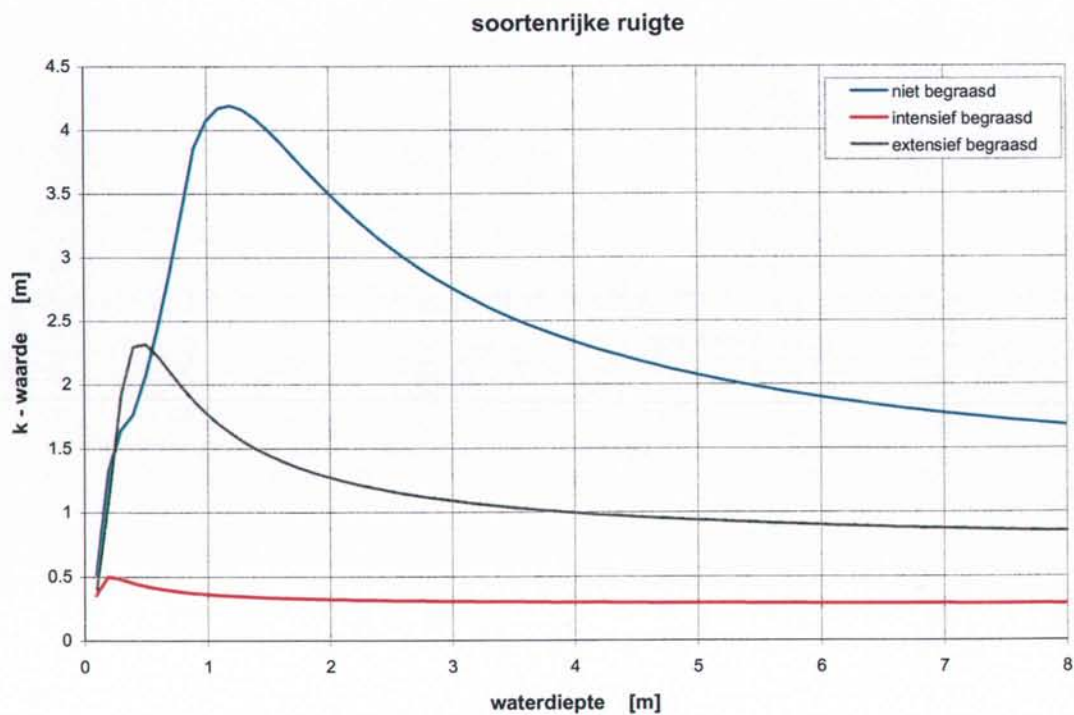
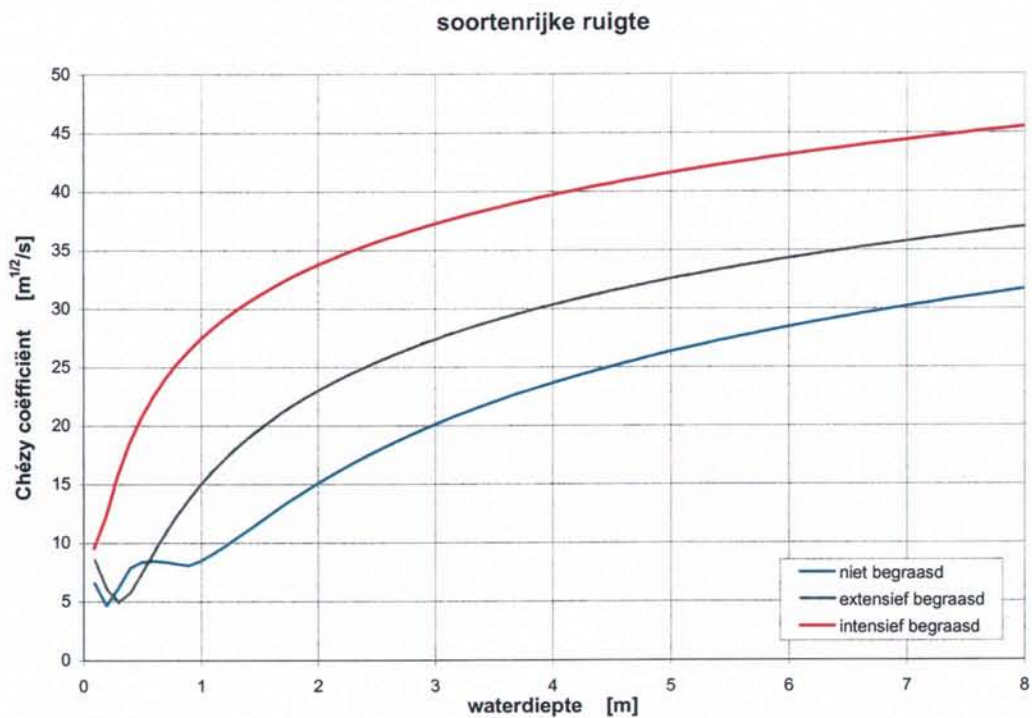
- k = hoogte hoge kruidlaag [m]
- m = aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D = representatieve diameter stengel [m]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]
- k_o = hoogte lage kruidlaag [m]
- m_o = aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D_o = representatieve diameter stengel [m]
- C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd		
k	=	0.30
m	=	500
D	=	0.003
C_d	=	1.8

intensief begraasd		
k_o	=	0.10
m_o	=	400
D_o	=	0.003
C_d	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

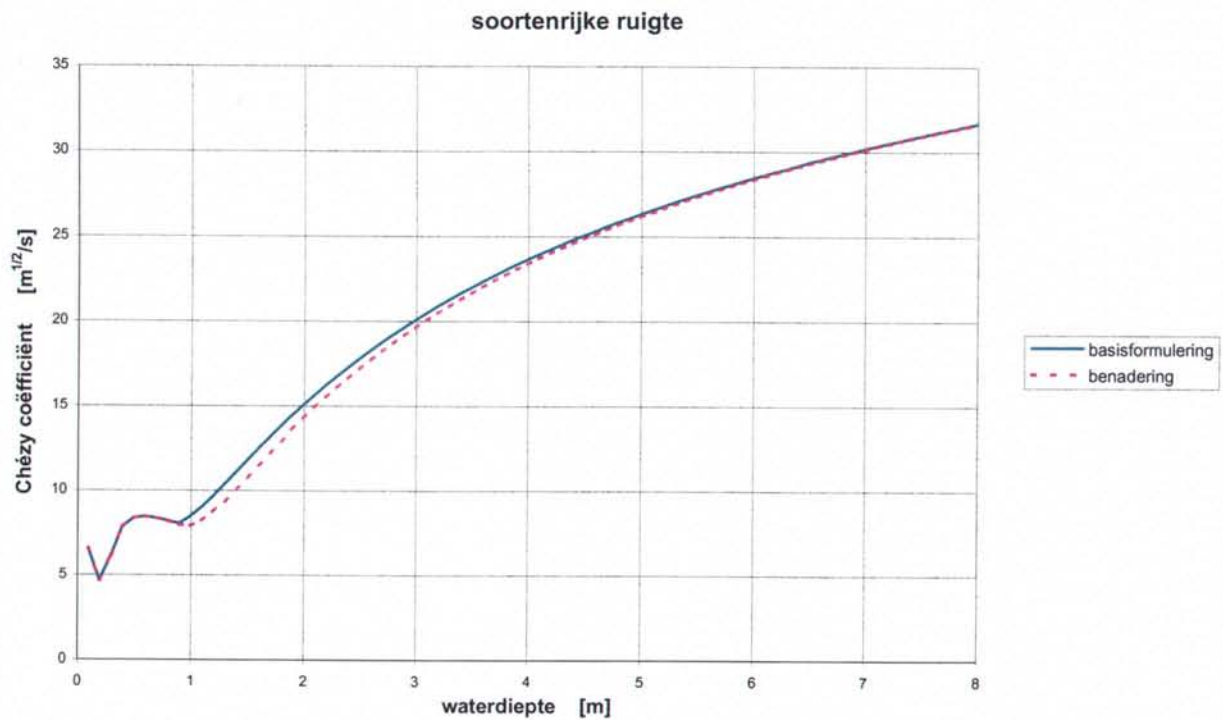
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_{11} = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering (niet begraasd) :



Dauwbraamruigte



Foto: Dauwbraam langs de oever van de Nederrijn bij Arnhem (augustus 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Dauwbraamruigte is een ruigte categorie die gedomineerd wordt door Dauwbraam. Dauwbraam is een lage tot middelhoge voorjaarsbloeiër. De plant vormt houtige) boogvormige stengels die in de winter overeind kunnen blijven staan. Naast de Dauwbraam komen soorten voor als Akkerdistel, Grote brandnetel, Boerenwormkruid, Harig wilgenroosje, kweek en Ruw beemdgras.



foto: Dauwbraamruigte Duursche Waarden, links winteromstandigheden (maart 2001, MD), rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

In deze ruigte komen naast Dauwbraam soorten voor zoals Akkerdistel, Grote brandnetel, Boerenwormkruid, Harig wilgenroosje, Kweek, Ruw beemdgras.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	overschrijdingsduur : < 100 dagen per jaar.
Morfologische dynamiek:	ongevoelig voor morfologische dynamiek
Substraat:	zand, zavel en klei.
Lokatie:	op plaatsen die in de lente en zomer niet of nauwelijks gebruikt worden door grote herbivoren waardoor de vegetatie kan verruigen .

Kenmerken beheer

Begrazing (vraat en betreding) is van invloed op de structuur van de vegetatie. Als gevolg van regelmatige betreding kan Dauwbraam lokaal verdwijnen.

Weerstand bepalende eigenschappen

De kromme, houtige twijgen van Dauwbraam blijven in de winter overeind. Tegen dit 'skelet' van twijgen kunnen andere plantensoorten ook overeind blijven staan. Het meeste zakt echter in elkaar. Bij een hoge bedekking van Dauwbraam kan een structuurloze, hoge vegetatie ontstaan. Bij een lage bedekking van Dauwbraam ontstaat meer structuur. Door begrazing ontstaat eveneens meer structuur in de vegetatie.

Weerstandformulering:

Weerstandcoëfficiënt van Chézy:

Dauwbraamruigte:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

dauwbraamruigte: onbegraasd	
hoge kruidlaag:	
k	= 0.60
m	= 50
D	= 0.005
C_d	= 1.8

lage kruidlaag:	
k_o	= 0.25
m_o	= 850
D_o	= 0.003
C_{do}	= 1.8

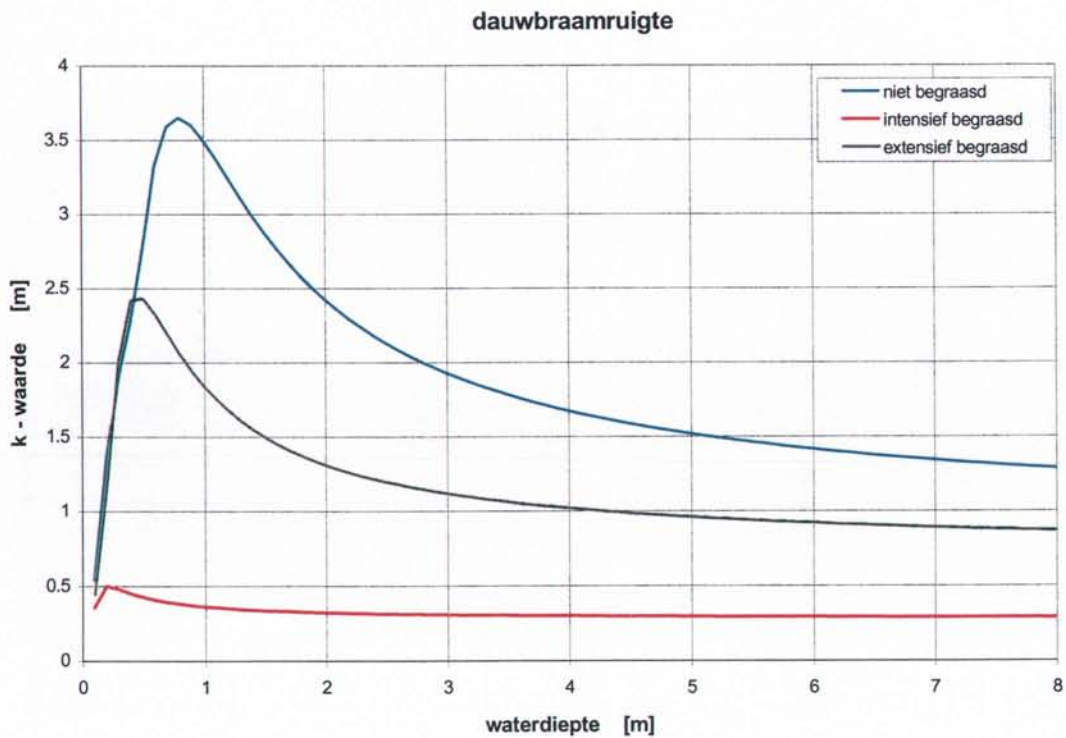
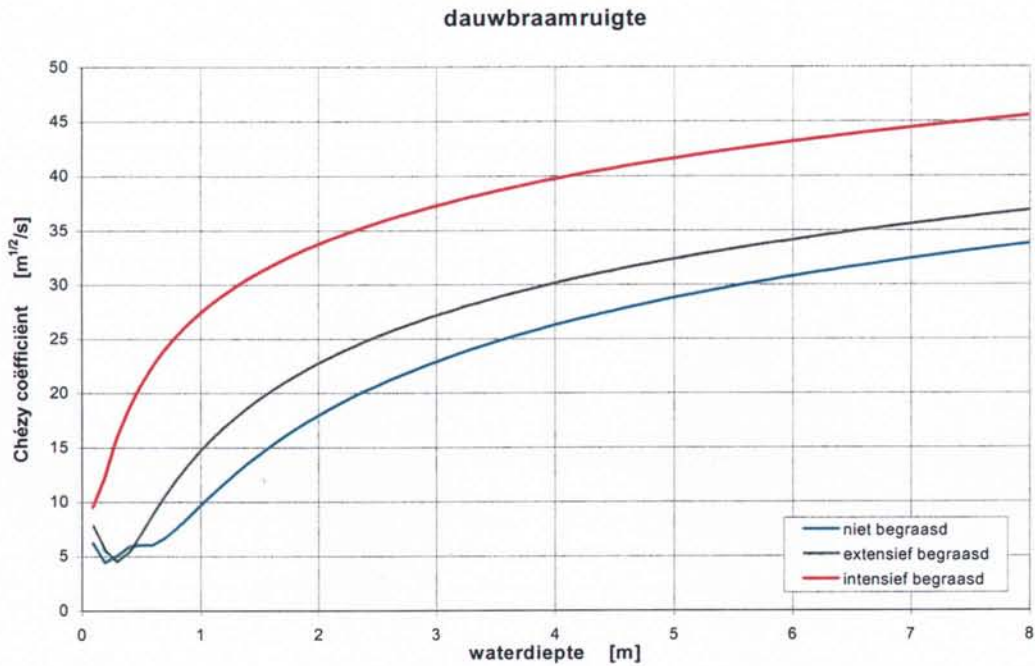
k = hoogte hoge kruidlaag [m]
 m = aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]
 k_o = hoogte lage kruidlaag [m]
 m_o = aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D_o = representatieve diameter stengel [m]
 C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

dauwbraamruigte: extensief begraasd	
k	= 0.30
m	= 600
D	= 0.003
C_d	= 1.8

dauwbraamruigte: intensief begraasd	
k_o	= 0.10
m_o	= 400
D_o	= 0.003
C_d	= 1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

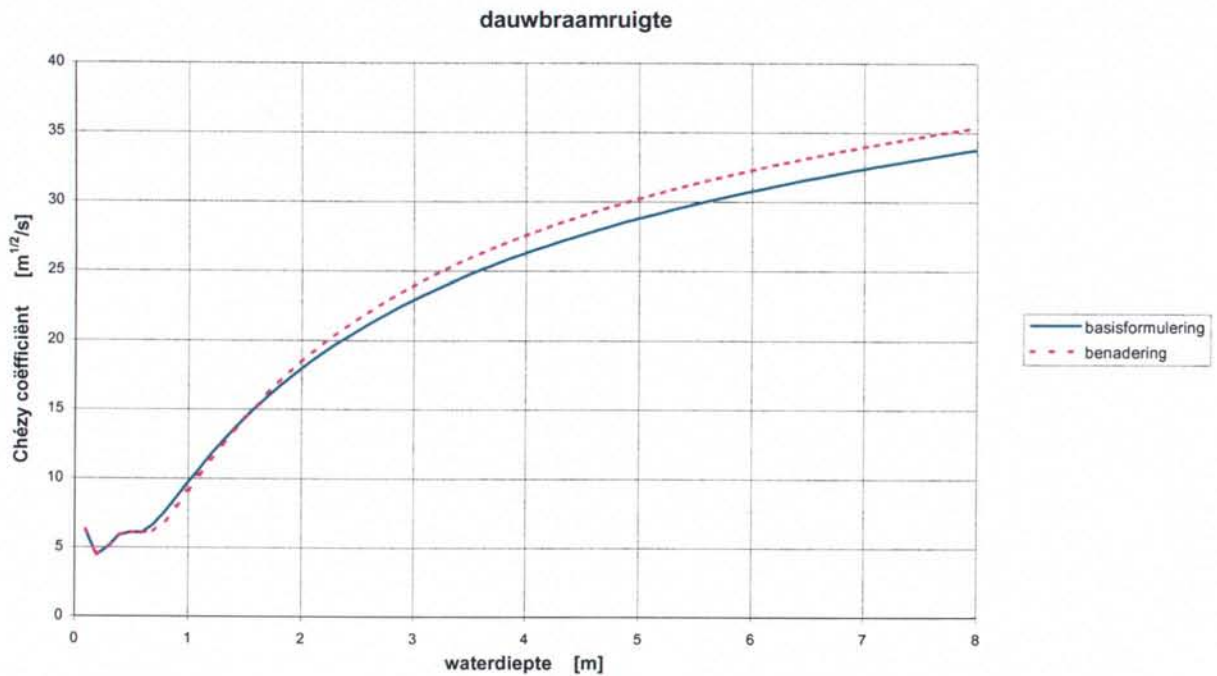
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstromde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering (niet begraasd) :



Duinriet



Foto Duinriet in de Afferdensche en Deestsche Waarden

Beschrijving

Duinriet komt homogeen voor en vormt als het ware een dichte "grasmat". Duinriet komt voor op delen van de uiterwaard waar geen of zeer lichte graasdruk is.



Foto Duinriet: zomeromstandigheden (augustus 2001) Afferdensche en Deestsche Waarden (P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

In het algemeen zeer soortenarm. Indien begraasd kunnen open plekken ontstaan met soorten als: Ruw beemdgras, Akkerdistel, Brandnetel.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: overstromingsfrequentie 0-75 dagen/jaar
Morfologische dynamiek: laag
Substraat: zand, zavel.
Lokatie: delen van de uiterwaard waar geen of zeer lichte graasdruk is.

Kenmerken beheer

Zeer gevoelig voor begrazing.

Weerstand bepalende eigenschappen

De stromingsweerstand van Duinriet wordt bepaald door de hoogte, het aantal stengels en de stengeldiameter. De resten van pluim en bladeren zijn ook van belang voor de stromingsweerstand. Het effect hiervan is tot uiting gebracht in een verhoogde weerstandscoefficiënt C_d .

Weerstandsformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Duinriet :

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegaasd:

k	=	0.50
m	=	400
D	=	0.002
C	=	1.8

k = gem. hoogte vegetatie [m]
 m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd (0.5-1 dier/ha):

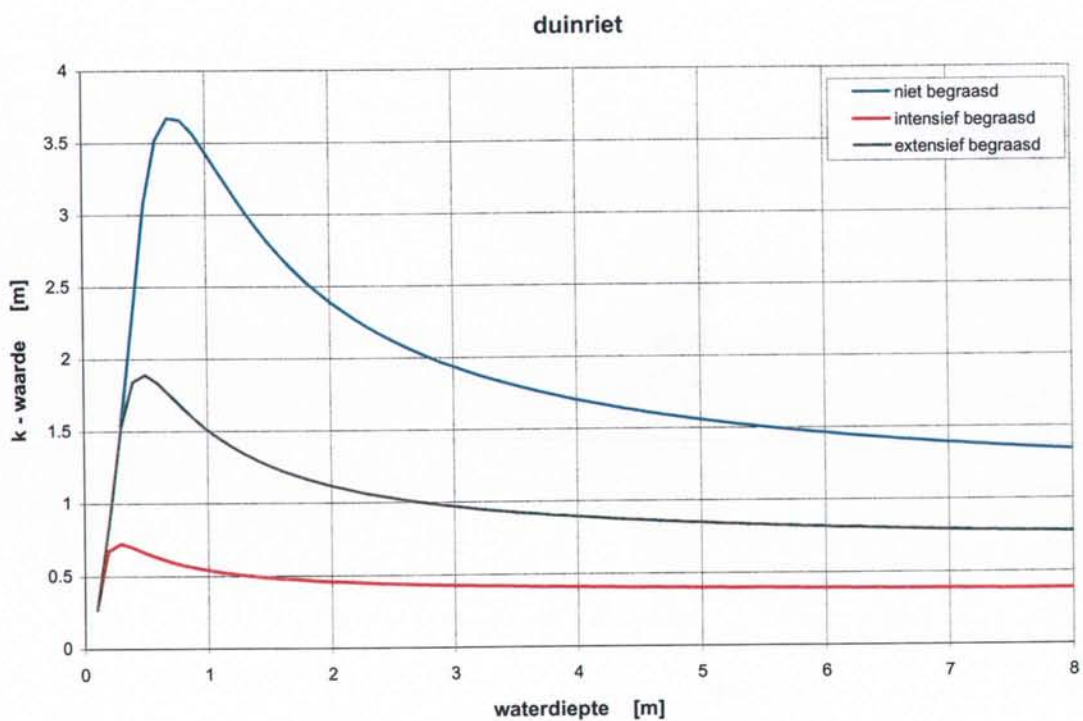
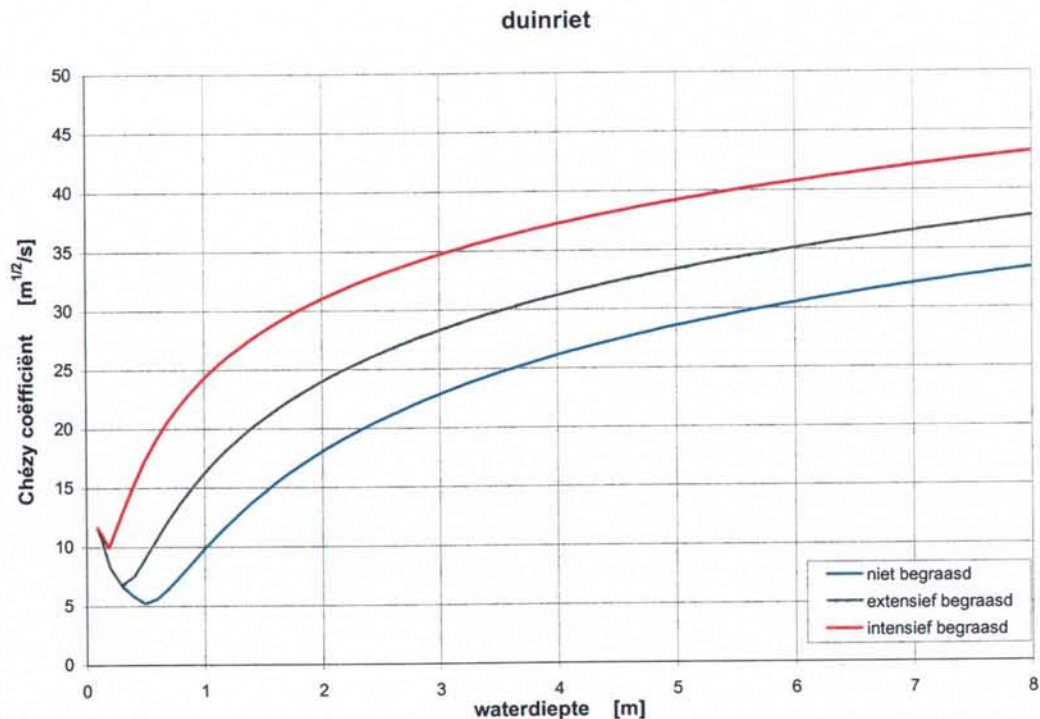
k	=	0.30
m	=	400
D	=	0.002
C	=	1.8

intensief begraasd (>1 dier/ha)

k	=	0.15
m	=	400
D	=	0.002
C	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_u = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering (onbegraasd)

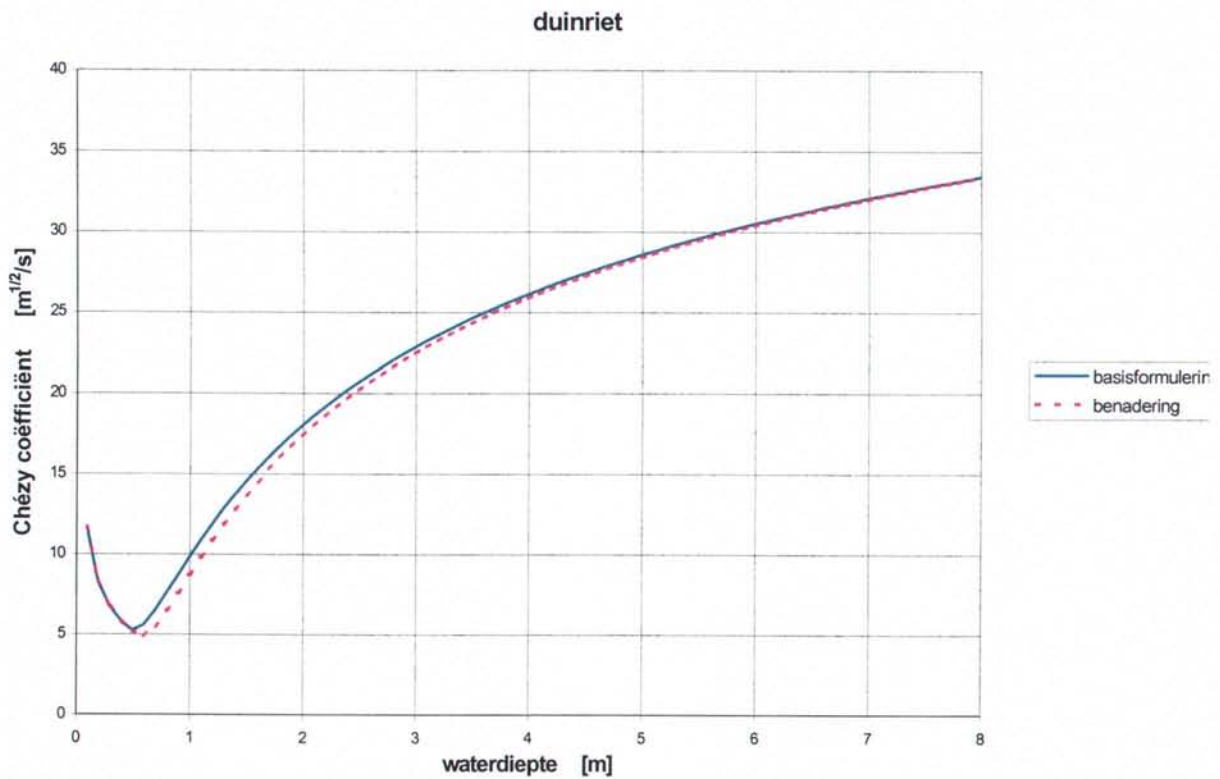




Foto: Moerasspiraeearuigte augustus 2001 Afferdensche en Deestsche waarden (P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

Moerasspiraeearuigte is een zeer soortenrijke ruigte. Naast Moerasspiraea komen voor Grote Valeriaan, Poelruit, Moerasandoorn, Grote Wederik, Grote Smeerwortel, Koninginnekruid, Grote Brandnetel.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	Vochtige tot natte standplaatsen, Standplaatsen worden zelden overspoeld en indien overspoeld slechts voor korte tijd.
Morfologische dynamiek:	Variabel
Substraat:	Vooraf op zand en leem maar ook op klei en veen
Lokatie:	Vooraf langs oevers

Kenmerken beheer

Geen beheer of extensieve begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

In de onbegraasde situatie wordt de stromingsweerstand sterk bepaald door een hoge en een lage kruidlaag. In beide gevallen zijn de hoogte, het aantal stengels en de diameter van de stengels bepalende factoren. In de begraasde situatie behoeven er geen twee lagen te worden onderscheiden.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

moerasspiraeearuigte:

Formulering voor overstromde vegetatie
zie : par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

onbegraasd
hoge kruidlaag:

k	=	0.5
m	=	20
D	=	0.005
C_d	=	1.8

lage kruidlaag:

k _o	=	0.18
m _o	=	275
D _o	=	0.005
C _{do}	=	1.8

k = gem. hoogte hoge kruidlaag [m]
 m = gem. aantal stengels per m² [1/m²]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

 k_o = gem. hoogte lage kruidlaag [m]
 m_o = gem. aantal stengels per m² [1/m²]
 D_o = representatieve diameter stengel [m]
 C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

extensief begraasd (0.5-1 dier / ha)

k	=	0.20
m	=	150
D	=	0.005
C_d	=	1.8

intensief begraasd (>1 dier/ha)

k	=	0.15
m	=	50
D	=	0.005
C_d	=	1.8

Moerasspiraeearuigte



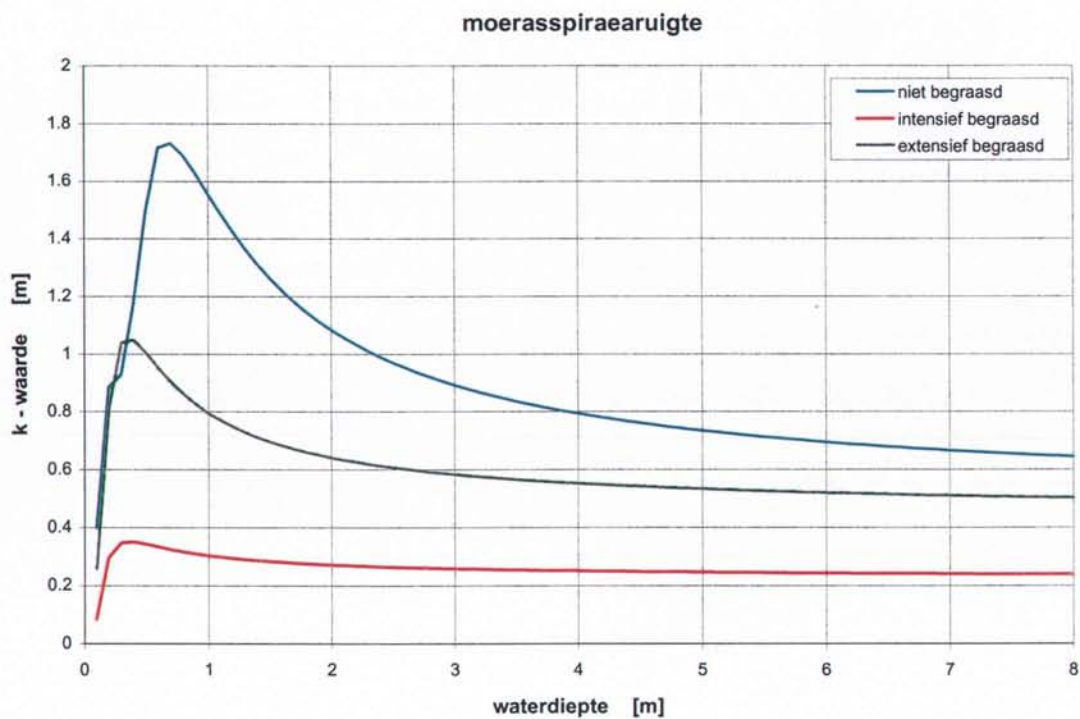
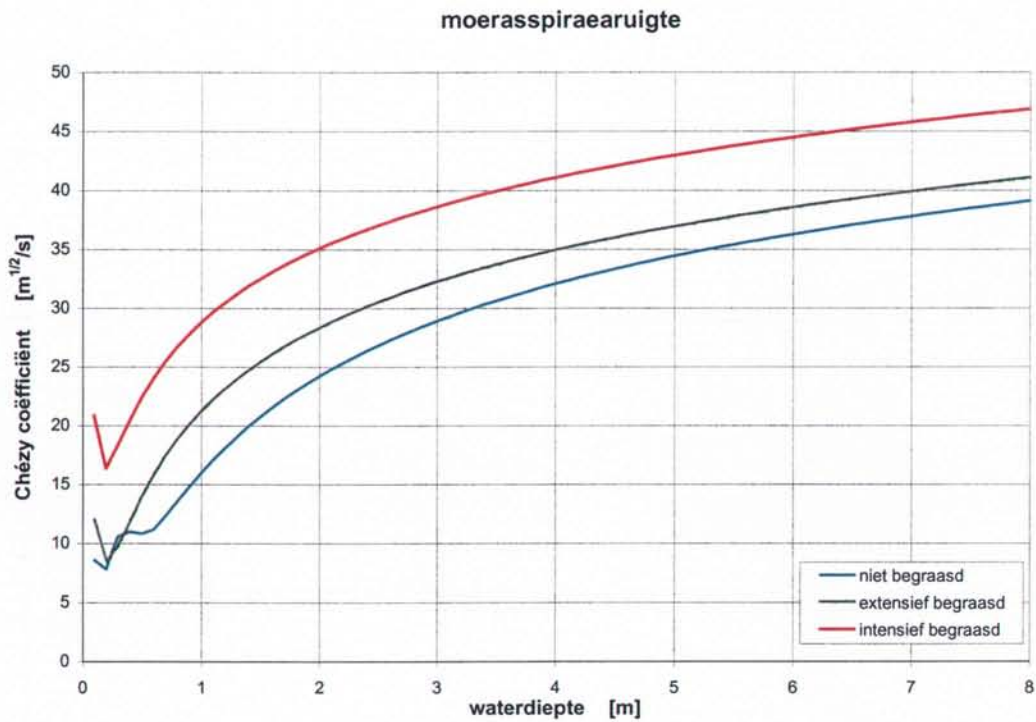
Foto: Bloeiende Moerasspiraea in de zomer (H. Coops)

Beschrijving

Moerasspiraeearuigte is een zeer soortenrijke ruigte met kenmerkende soorten als Moerasspiraea, Poelruit, Grote Valeriaan, Moerasandoorn, Grote Wederik, Grote Smeerwortel etc.). Deze ruigte komt voor op vochtige tot natte gronden.

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

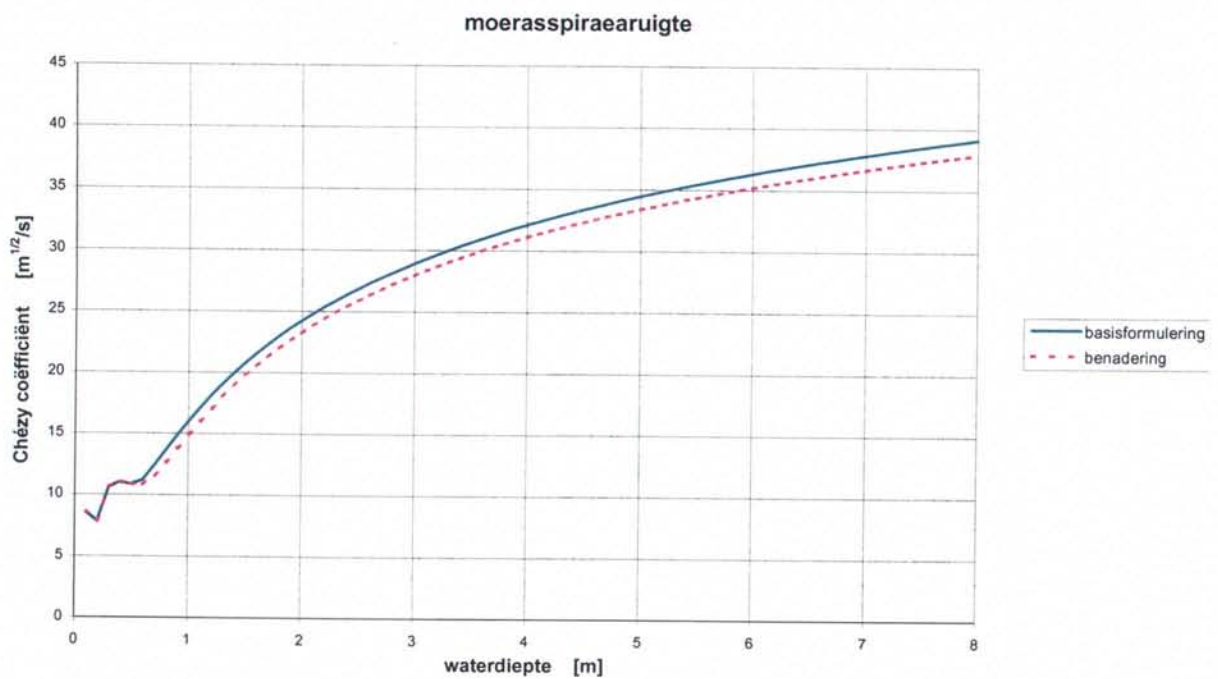
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Rietruigte



Foto: Rietruigte gedomineerd door Riet en Grote Brandnetel, Meinerswijk oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Rietruigtes komen voor op standplaatsen die te droog zijn voor puur Riet. Tussen het riet komen natte strooiselruigten voor zoals: Harig wilgeroosje, Koninginnekruid en Haagwinde. In de winter blijven de verhoute stengels van vooral het Riet staan. Er zijn allerlei overgangen naar Moerasruigte, Riet en terrestrische begroeiingstypen.

Meest voorkomende soorten:

Verschillende natte strooiselruigte(n) (Harig wilgeroosje, Koninginnekruid, Haagwinde) waarin Riet prominent voorkomt.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: drogere standplaatsen die niet langdurig worden overstromd in de zomer
Morfologische dynamiek: laag
Substraat: verschillende ruigtetypen komen op verschillende substraten voor.
Lokatie: onbegraasde of extensief begraasde uiterwaarden

Kenmerken beheer

Geen beheer of extensieve begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

De stromingsweerstand van rietruigte wordt bepaald door verschillende lagen, die sterk kunnen variëren: de hoge (riet) kruidlaag en de lage kruidlaag. In de winter kunnen de verhoude resten van diverse soorten in dezelfde lagen aanwezig blijven.

Weerstandformulering:

Weerstandcoëfficiënt van Chézy:

rietruigte:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie: par. 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

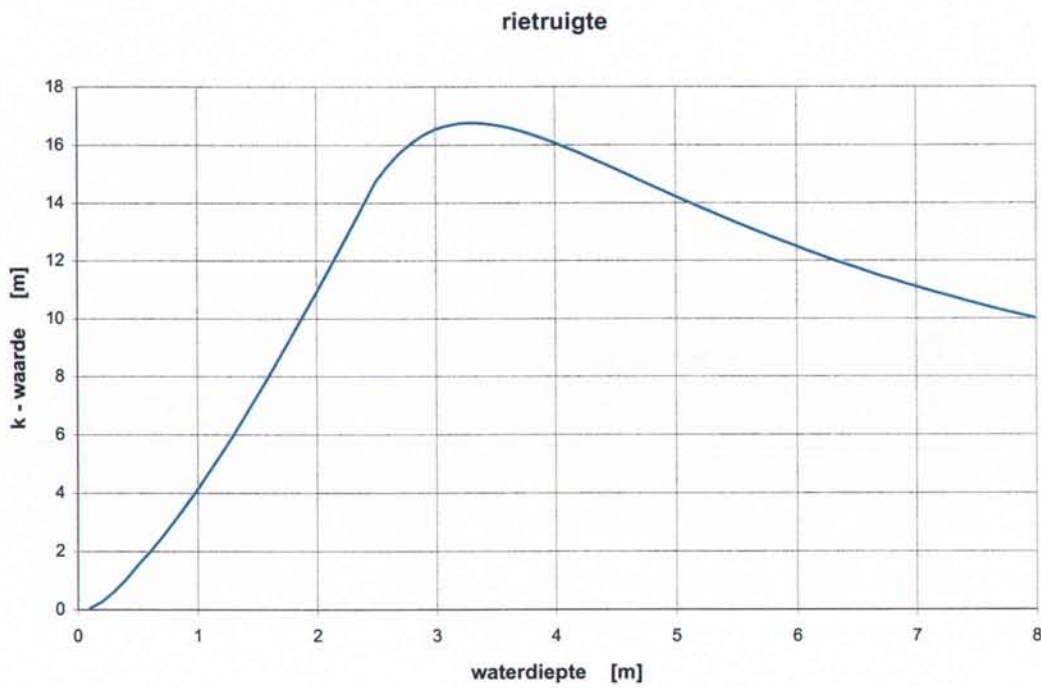
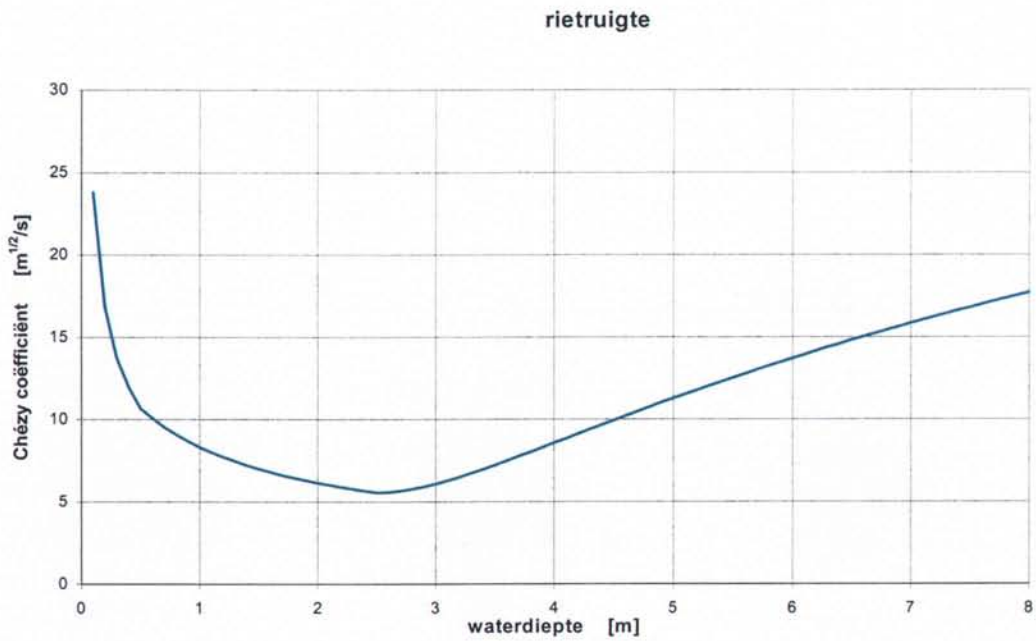
rietruigte:	
hoge kruidlaag:	
k	= 2.5
m	= 30
D	= 0.0044
C_d	= 1.8
lage kruidlaag:	
k_o	= 0.5
m_o	= 20
D_o	= 0.003
C_{do}	= 1.8

- k = gem. hoogte hoge kruidlaag [m]
- m = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D = representatieve diameter stengel [m]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

- k_o = gem. hoogte lage kruidlaag [m]
- m_o = gem. aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D_o = representatieve diameter stengel [m]
- C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

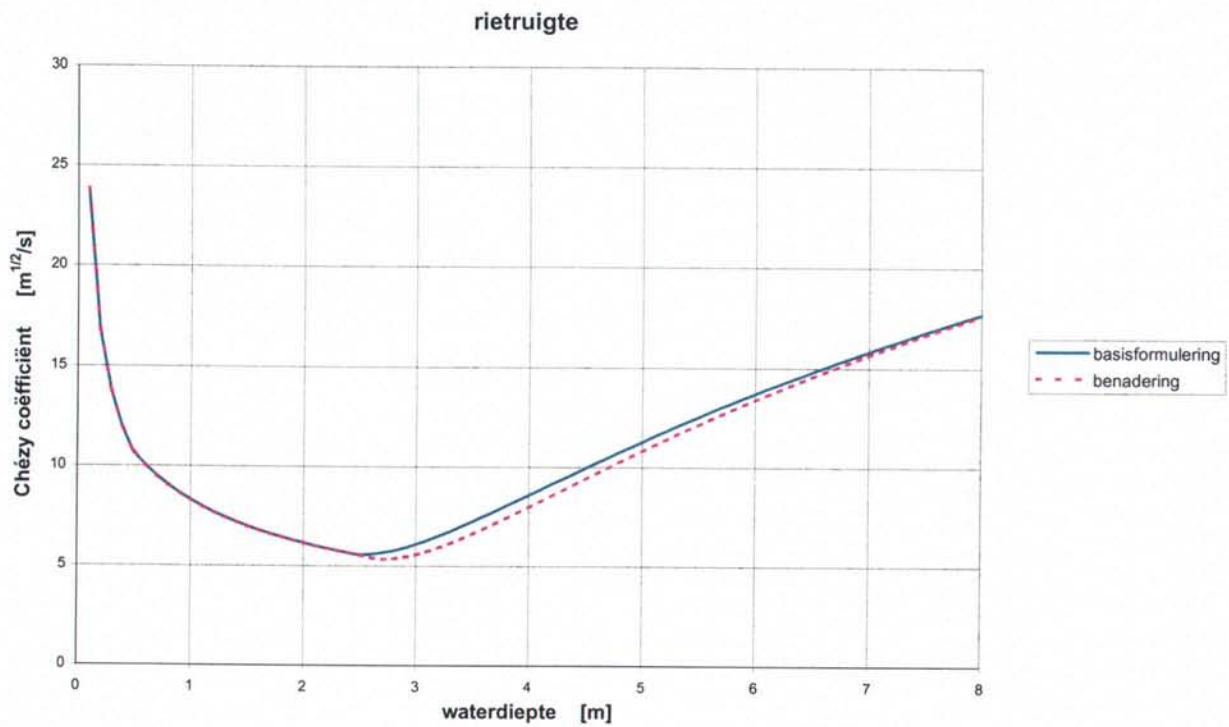
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Riet



Foto: Riet onder winteromstandigheden (H. Coops)

Beschrijving

Riet komt in het rivierengebied voor in gebieden waar zomerinundaties gering zijn en de grondwaterstand hoog is. Riet kan homogene velden vormen, soms komt Riet (onder graasdruk van watervogels) voor als losse pollen met daartussen water of slik. In de winter blijven verhoude stengels staan.



Foto: Riet in de Afferdensche en Deestsche Waarden (maart 2001, MD)

Meest voorkomende soorten:

Op de natste plaatsen ontbreken begeleidende soorten en komt Riet homogeen voor. Op oevers van (oude) rivierlopen wordt riet begeleid door soorten als Gele Waterkers, Scherpe Zegge, Gewone Wederik en Moeraskruiskruid. In laag gelegen uiterwaarden gaat Riet vaak over in Rietruigte.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	gevoelig voor inundatie in de zomer, vochtbehoefstig (grondwater tot aan maaiveld of hoger)
Morfologische dynamiek:	laag
Substraat:	ongevoelig voor substraat, meestal bedekt met organische laag ontstaan door strooiselophoping.
Lokatie:	hoogbekade uiterwaarden, gestuwde riviertakken, riviermondingen, stagnante zones, rivieroevers (benedenrivieren)

Kenmerken beheer

Riet is zeer gevoelig voor (extensieve) begrazing (vertrapping). Maaibeheer in de winter stimuleert het ontstaan van homogene rietvelden.

Weerstand bepalende eigenschappen

De stromingsweerstand van Riet wordt bepaald door de hoogte, het aantal stengels en de stengeldiameter. De resten van pluim en bladeren zijn ook van belang voor de stromingsweerstand. Het effect hiervan is tot uiting gebracht in een verhoogde weerstandscoefficiënt C_d .

Doorbuiging van Riet verandert de stromingsweerstand niet significant. Vaak komt in homogene rietvelden, in de winter, platliggend strooisel voor. Voor die gevallen wordt geschat dat 25% van oppervlak uit platliggend strooisel bestaat, met een dikte van 0,10m.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen riet:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

combinatie riet met strooisel :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par. 4.5

met:

C_{riet} = zie homogeen riet

$$C_{strooisel} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{strooisel}}$$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

riet:

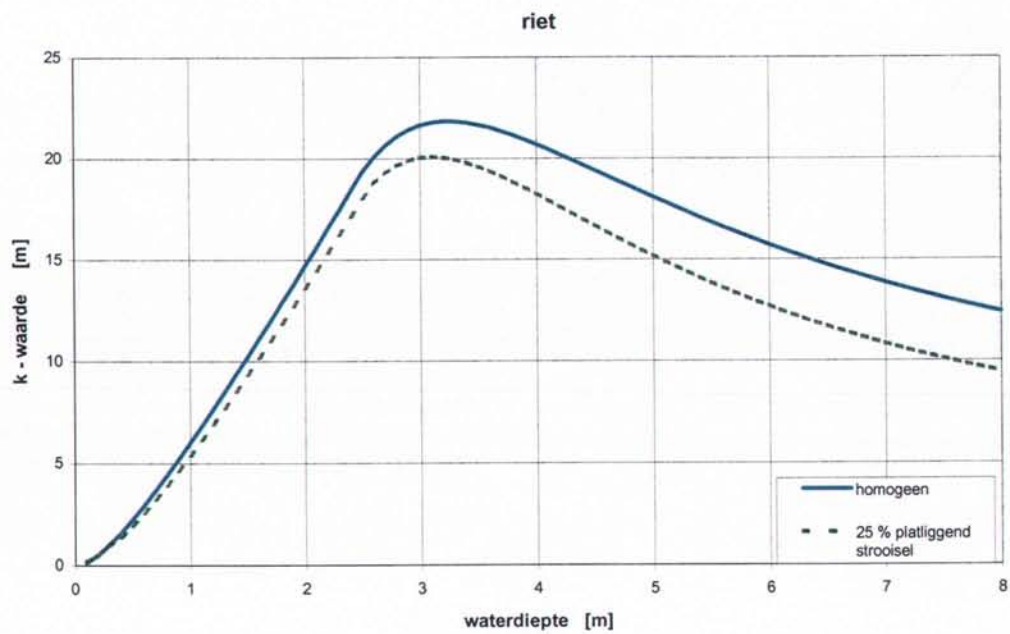
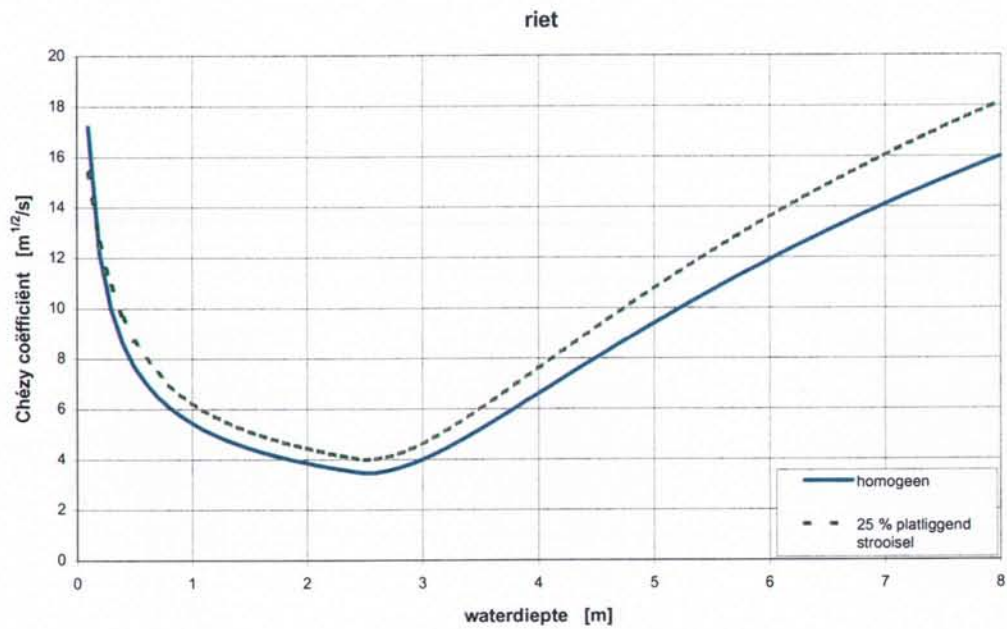
k	=	2.5
m	=	80
D	=	0.0046
C_d	=	1.8

- k = gemiddelde hoogte vegetatie [m]
- m = gemiddeld aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D = gemiddelde representatieve diameter stengel [m]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

$k_{strooisel}$	= 0.25
bedekkingspercentage strooisel	= 25%
weegfactor ϕ	= 1

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

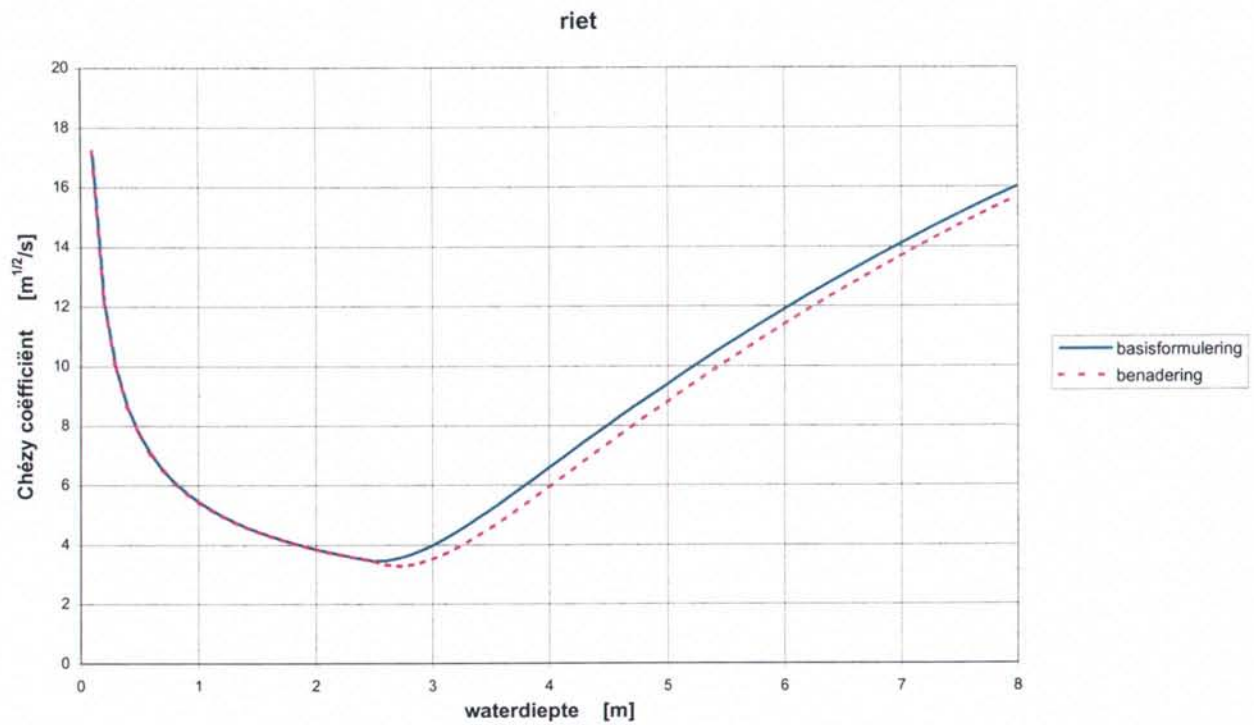
Voor een afchatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{C_c}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Lisdodde



Foto Lisdodde Meinerswijk oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Lisdodden komen vaak samen voor met Riet. Kleine lisdodde staat vaak in wat dieper water en kan dominant voorkomen in een zone die vooraf gaat aan rietland. Grote lisdodde is een soort die in Moerasruigte optimaal voorkomt, vaak in ietwat verstoorde omstandigheden.



Foto: Lisdodde links winteromstandigheden, rechts voorjaarsomstandigheden (beide R. van Dixhoorn)

Meest voorkomende soorten:

In dieper water komen Kleine lisdodde-bestanden voor als een zoom langs de Riet-vegetatie. Op plaatsen die bedekt zijn met organisch slib vormen ze vaak een dominante zône die aan het eigenlijke rietland vooraf gaat. Grote lisdodde kan soms uitgestrekte haarden vormen in natte Moerasruigte.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: wateren met beperkte hydrologische dynamiek. Gevoelig voor zomerhoogwaters
 Morfologische dynamiek: laag, maar sedimentatie kan aanzienlijk zijn
 Substraat: prefereert slappe drassige substraten (organisch materiaal en slib)
 Lokatie: wateren in bekade uiterwaarden

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van Lisdodde wordt bepaald door de hoogte, het aantal stengels en de stengeldiameter. In de winter verhouten de stengels terwijl veel bladeren afbreken.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen lisdodde:

Formulering voor overstroemde vegetatie
zie : par. 4.3

combinatie lisdodden met onbegroeid (water) :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par. 4.5

met:

$C_{\text{lisdodde}} =$ zie homogeen lisdodde

$$C_{\text{onbegroeid}} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{\text{onbegroeid}}}$$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- $k_n =$ representatieve k-waarde [m]
- $h =$ waterdiepte [m]
- $C_r =$ Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

lisdodde:

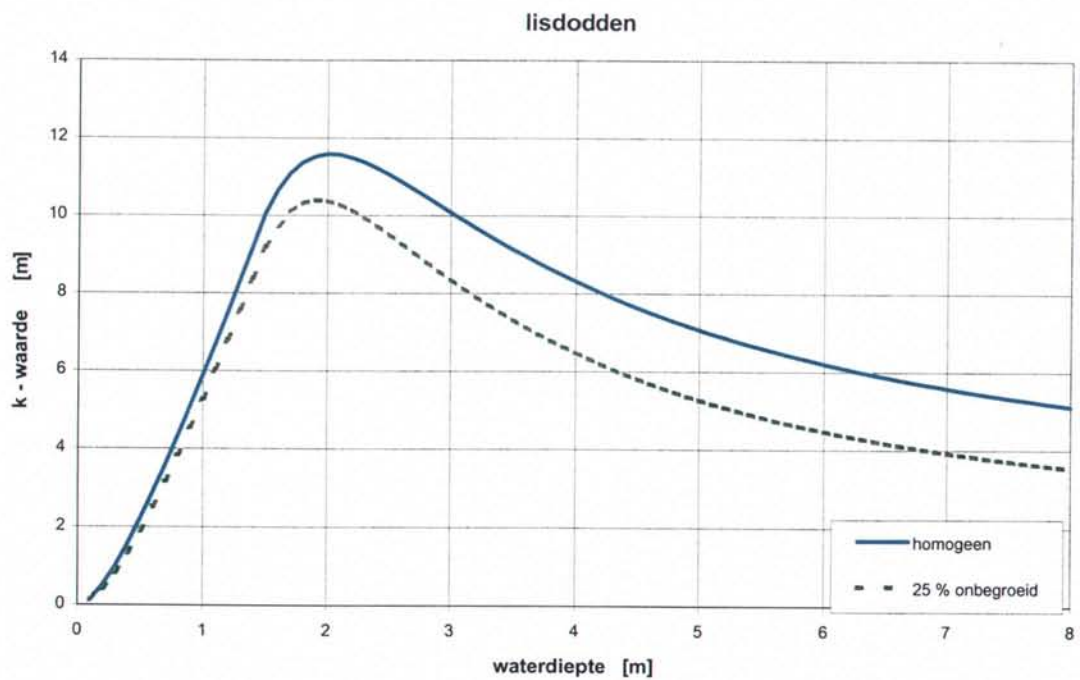
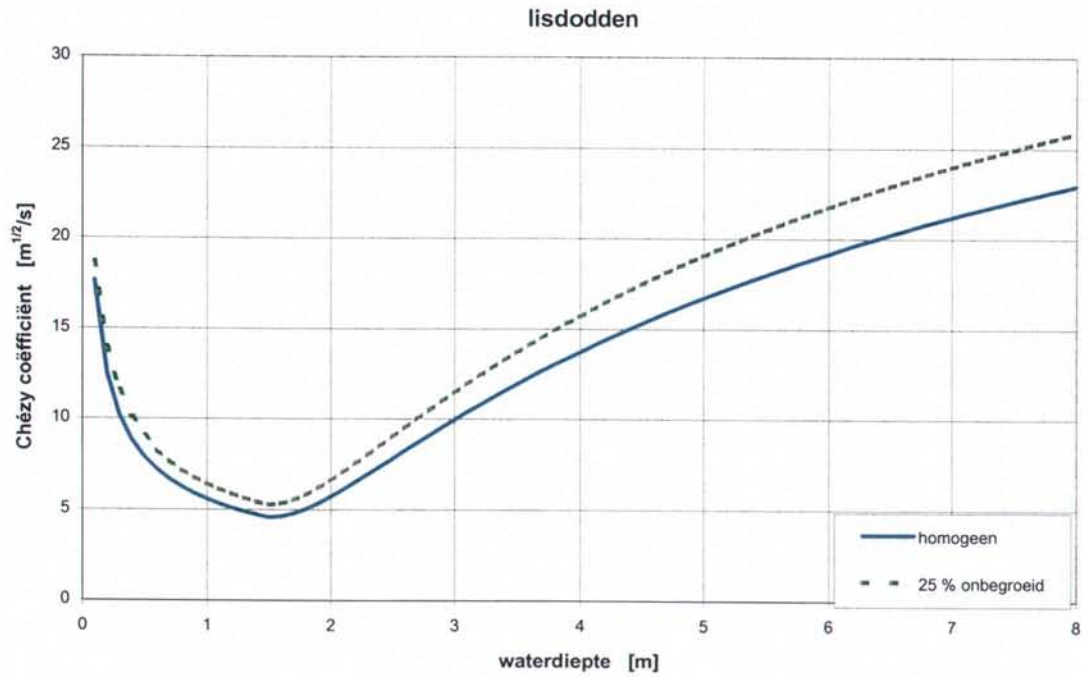
k	=	1.5
m	=	20
D	=	0.0175
C_d	=	1.8

- $k =$ hoogte vegetatie [m]
- $m =$ aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- $D =$ representatieve diameter stengel [m]
- $C_d =$ weerstand (drag) coëfficiënt [-]

$k_{\text{onbegroeid}}$	= 0.05
bedekkingspercentage onbegroeid	= 25%
weefactor ϕ	= 1

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse zandruwheid met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

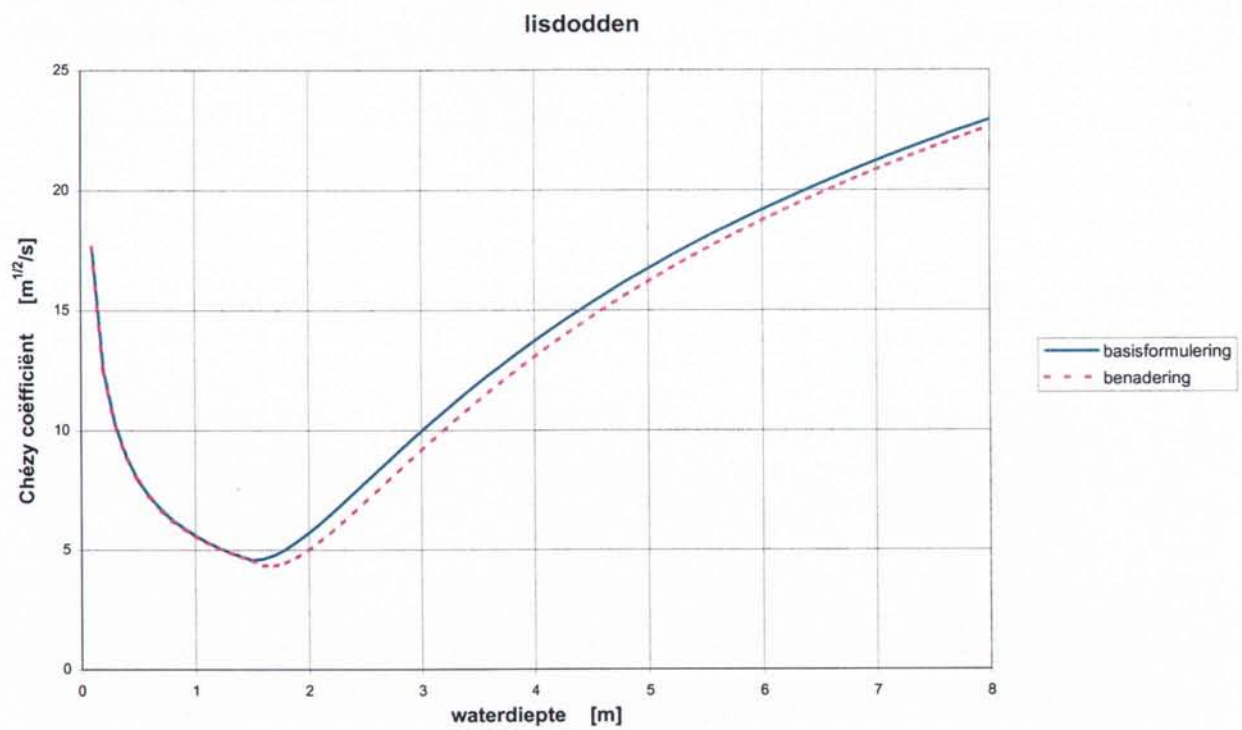
Voor afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Rietgras



Foto Rietgras in de zomer (H. Coops)

Beschrijving

Rietgrasgemeenschappen horen van nature in het rivierengebied thuis. Ze komen vooral voor op (onbeheerde) oevers. Vegetaties gedomineerd door Rietgras zijn meestal zeer soortenarm. Door erosie, vraat of verdrinking ontstaan soms onbegroeide plekken in de rietgraszone.



Foto Rietgras, Groene Rivier Arnhem, november 2001 (P. Jesse)

Meest voorkomende soorten

Rietgras vormt soortenarme begroeiingen.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: sterke wisselingen in waterstanden komen tot uiting in jaarlijkse areaalveranderingen. Matig gevoelig voor zomeroverstroming, kan relatief goed tegen wisseling in het waterpeil, 's zomers mag de grondwaterstand een halve meter of meer onder het bodemoppervlak dalen.

Morfologische dynamiek: ongevoelig voor substraat, maar meestal op zandige bodem

Lokatie: vaak in kribvakken en oevers van strangen en zandwinputten

Kenmerken van beheer

Rietgras kan zich bij lichte beweiding handhaven

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van Rietgras wordt bepaald door de hoogte, het aantal stengels en de stengeldiameter. De vegetatiestructuur heeft een duidelijke bladlaag en een laag met bloeistengels. Vaak komen in Rietgras in de winter open plekken voor. Geschat wordt dat 25% van het oppervlak onbegroeid is.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen rietgras:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

combinatie rietgras met onbegroeid (water) :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par.4.5

met:

$C_{\text{rietgras}} = \text{zie homogeen rietgras}$

$C_{\text{onbegroeid}} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{\text{onbegroeid}}}$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

rietgras:

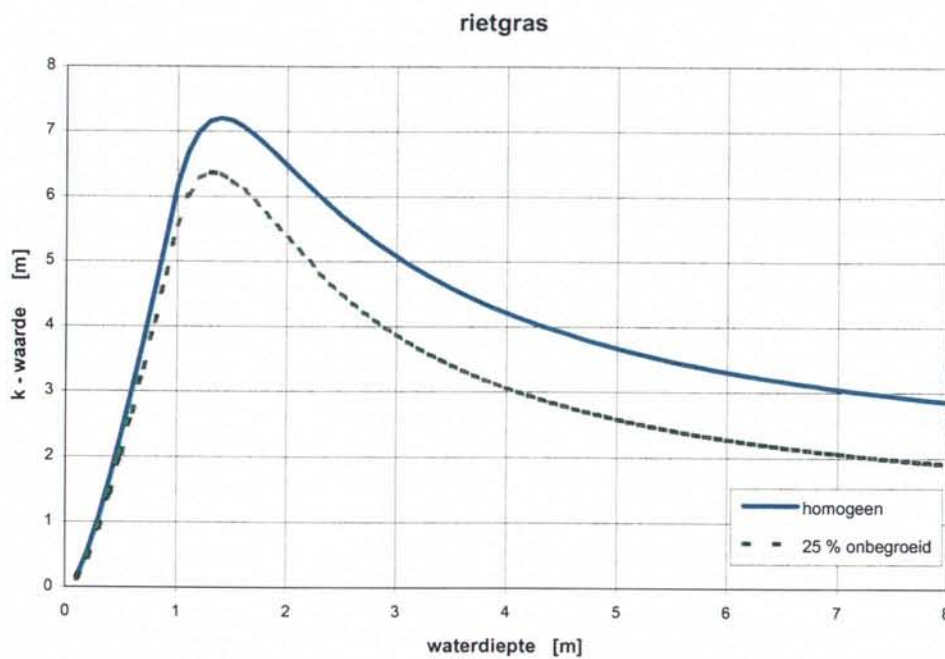
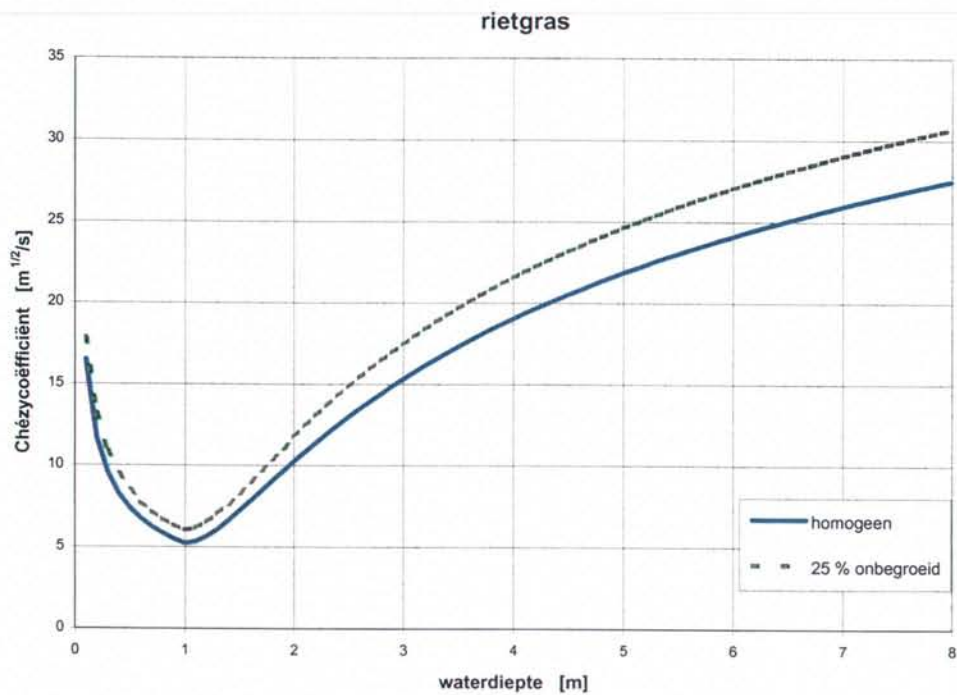
$k = 1$
 $m = 200$
 $D = 0.002$
 $C_d = 1.8$

k = gemiddelde hoogte vegetatie [m]
 m = gemiddeld aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 D = representatieve diameter stengel [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

$k_{\text{onbegroeid}} = 0.05$
 bedekkingspercentage onbegroeid = 25%
 weegfactor $\phi = 1$

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse zandruwheid met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

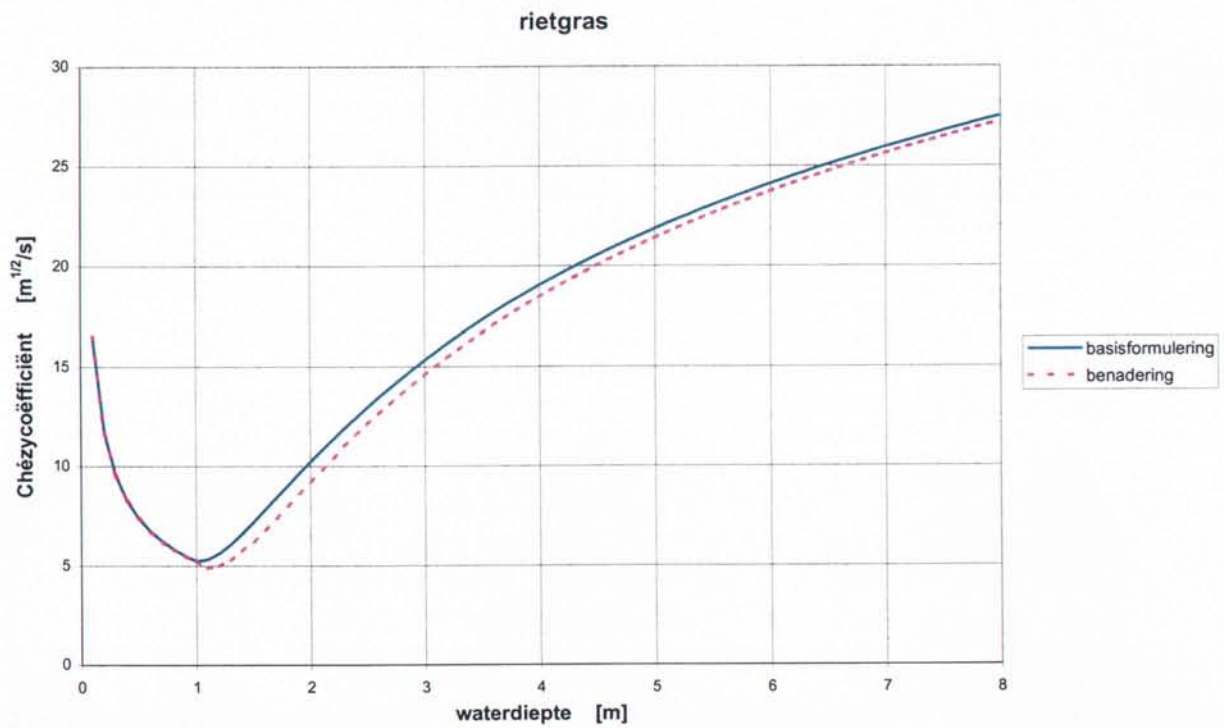
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Liesgras



Foto: Plasje in de Duursche Waarden met o.a. Liesgras en Lisdodde.

Beschrijving

Liesgras vormt een belangrijk vegetatietype op beweide oevers van wateren in de bekade uiterwaarden. Het is meestal een soortenarme gesloten vegetatie. In de winter valt Liesgras ineen tot een relatief dunne verweekte laag van oude bladeren waarin de zeer korte jonge scheuten overwinteren.



Foto Liesgras in Arnhem (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

Liesgras is in het algemeen een soortenarm vegetatietype. Bij vertrapping door vee kan er een wat opener structuur ontstaan waarin andere moerassoorten (o.a. Moerasvergeetmijnietje) en grassen (o.a. Geknikte Vossestaart) een plek kunnen vinden; overgangen naar Moerasruigte komen veel voor.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	overstromingsgevoelig in de zomer, slecht bestand tegen golf- en windwerking
Morfologische dynamiek:	laag
Substraat:	vooral op zeer voedselrijke bodems (klei/organisch materiaal)
Lokatie:	grasland-oeveren van vooral kleinere wateren in bekaede uiterwaarden

Kenmerken beheer

Begrazingsresistent

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van Liesgras wordt bepaald door de hoogte, het aantal stengels en de stengeldiameter. Onder winteromstandigheden valt Liesgras ineen en vormt een relatief dunne moeilijk doorstroombare dorre laag, waarbinnen de nog zeer korte jonge scheuten overwinteren. In analogie met de graslanden wordt de weerstand dan bepaald door de dikte van deze laag.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen liesgras:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

combinatie liesgras met gras :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par. 4.5

met:

C_{liesgras} = zie homogeen liesgras

$$C_{\text{gras}} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{\text{gras}}}$$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [m^{1/2}/s]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

homogeen liesgras:

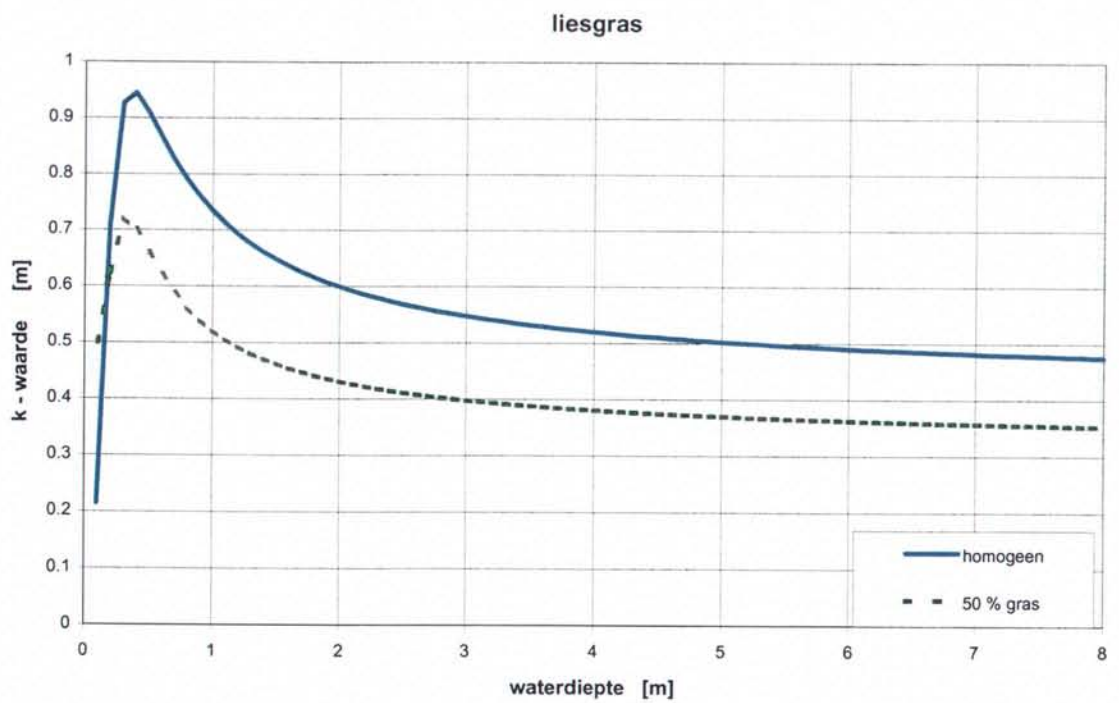
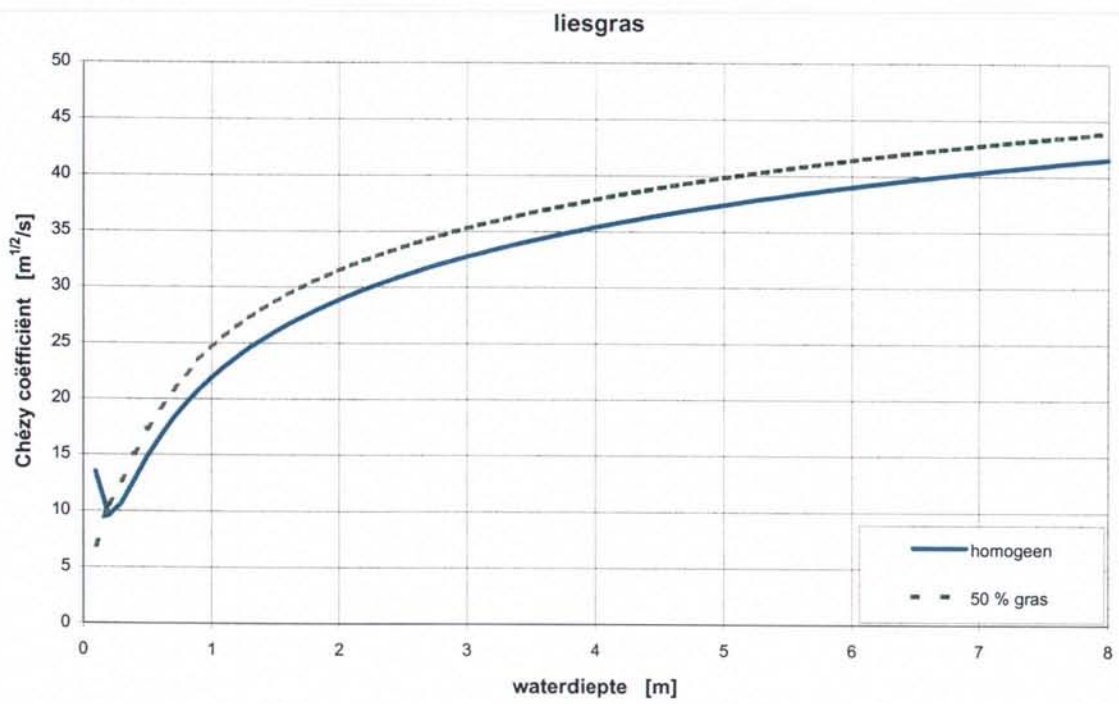
k	=	0.2
m	=	200
D	=	0.002
C_d	=	1.8

- k = gemiddelde hoogte vegetatie [m]
- m = gemiddeld aantal stengels per m² [1/m²]
- D = representatieve diameter stengel [m]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

k_{gras}	=	0.25
bedekkingspercentage gras	=	50%
weegfactor ϕ	=	1

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

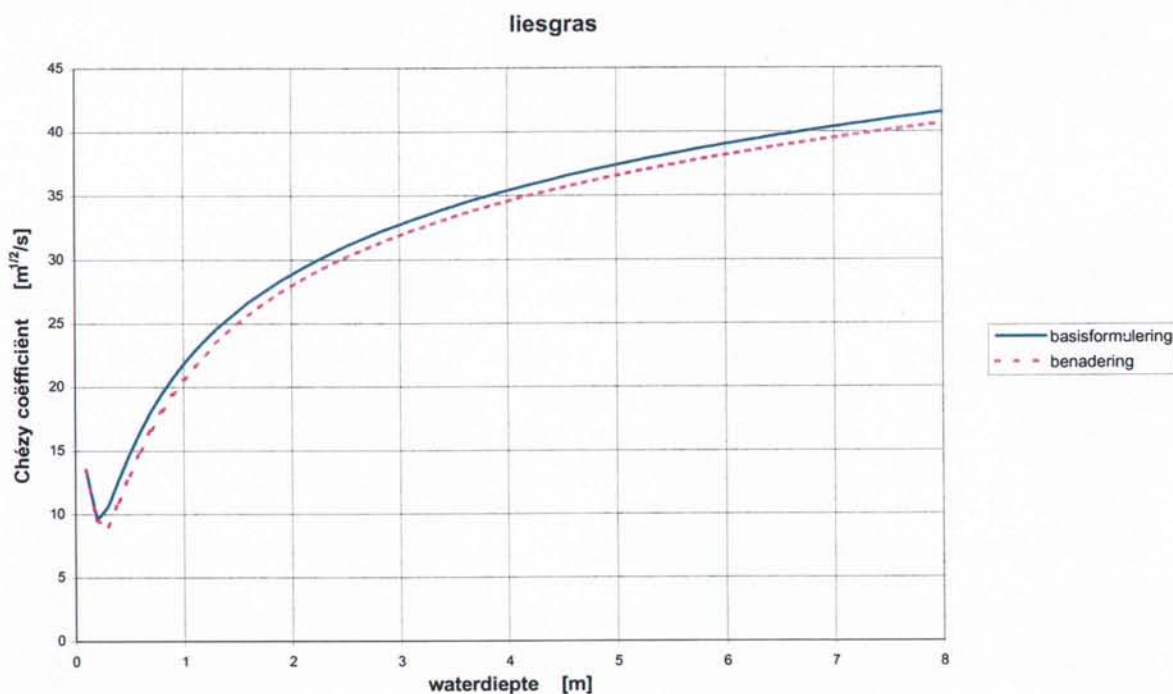
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_z}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Mattenbies



Mattenbies in het najaar langs de Ankeveense plassen (H. Coops)

Beschrijving

Mattenbies is een weinig concurrentiekrachtige hoge moerasplant. Mattenbies komt voor in delen van oevers die te diep zijn voor Riet. Na de bloei sterven de groene plantendelen in snel tempo af. De verkleurde halmen breken in het late najaar af tot het heersende waterniveau.



Foto Mattenbies in oktober (H. Coops)

Meest voorkomende soorten:

Mattenbies komt meestal voor als relatief open vegetatie met weinig of geen begeleidende soorten. In aaneengesloten vorm komt het voor indien Riet en Lisdodde ontbreken.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	in permanent water, maar gevoelig voor langdurige, diepe inundatie in de zomer
Morfologische dynamiek:	vaak sedimentatiecondities
Substraat:	voedselrijk substraat (klei en organisch)
Lokatie:	in ondiepe uiterwaardplassen, ondiepe gedeelten van strangen en wielen, rivieroeveren (benedenrivieren).

Kenmerken beheer

Zeer gevoelig voor (extensieve) begrazing. Langs de benedenrivieren worden mattenbiezen in de zomer gesneden.

Weerstand bepalende eigenschappen

De stromingsweerstand van Mattenbies wordt bepaald door de hoogte van mattenbies, het aantal stengels en de stengeldiameter. In winteromstandigheden verweekt Mattenbies en blijft er relatief weinig van over. De hoogte van de stengelresten is doorgaans afhankelijk van de waterdiepte. De stromingsweerstand wordt hierbij in analogie met graslanden berekend door uit te gaan van een laag met verweekte biezen.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen mattenbies:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

combinatie mattenbies met onbegroeid (water) :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par. 4.5

met:

$C_{\text{mattenbies}} =$ zie homogeen mattenbies

$$C_{\text{onbegroeid}} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{\text{onbegroeid}}}$$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- $k_n =$ representatieve k-waarde [m]
- $h =$ waterdiepte [m]
- $C_r =$ Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

mattenbies:

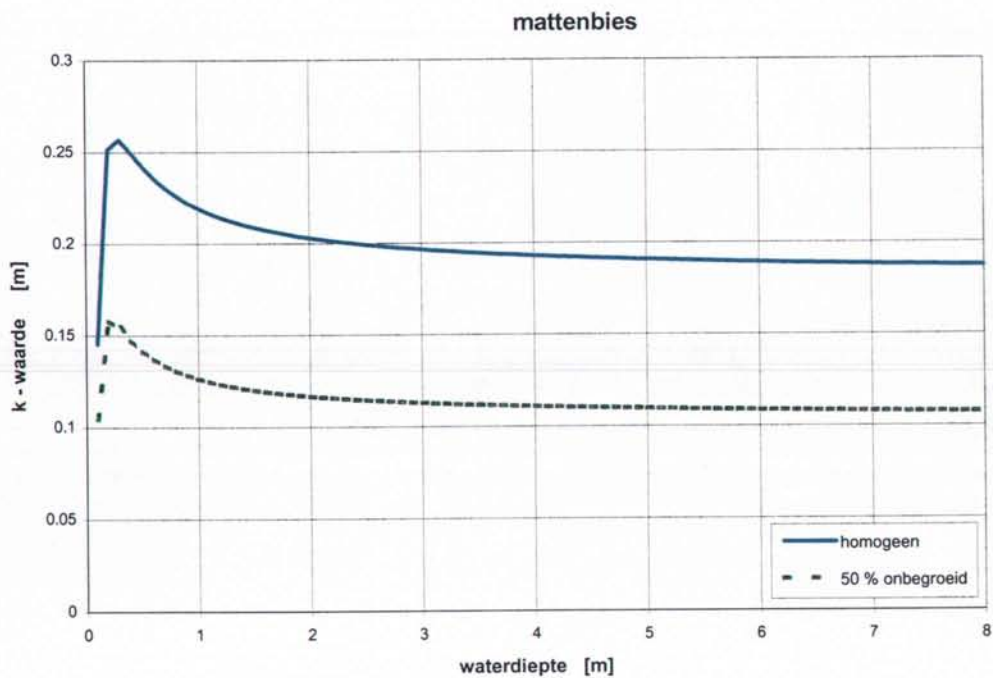
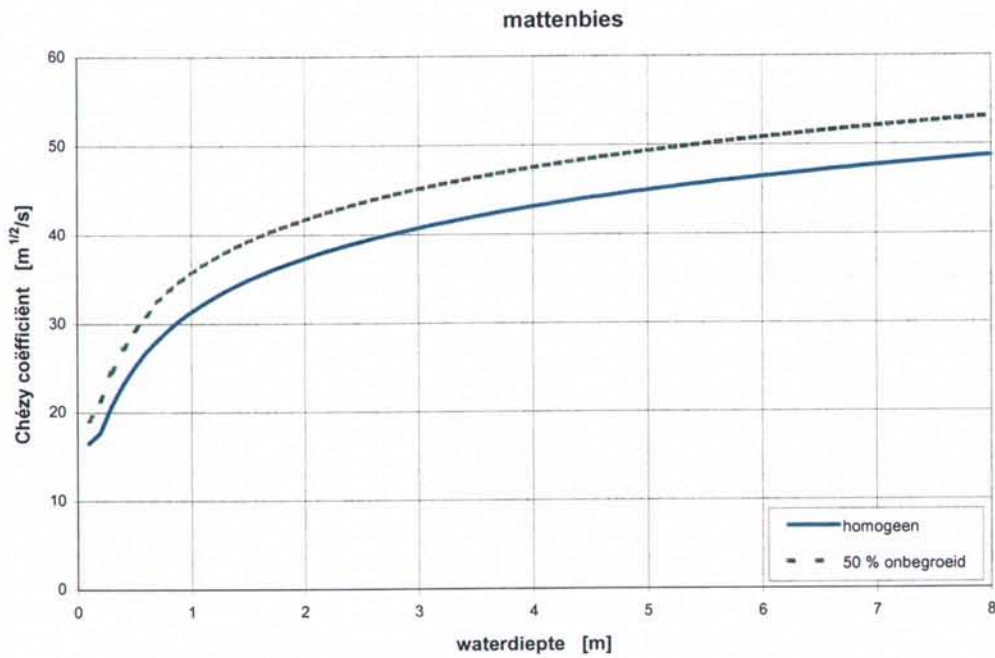
k	=	0.1
m	=	100
D	=	0.004
C_d	=	1.8

- $k =$ gemiddelde hoogte vegetatie [m]
- $m =$ gemiddeld aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- $D =$ representatieve diameter stengel [m]
- $C_d =$ weerstand (drag) coëfficiënt [-]

$k_{\text{onbegroeid}}$	= 0.05
bedekkingspercentage onbegroeid	= 50%
weegfactor ϕ	= 1

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse zandruwheid met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

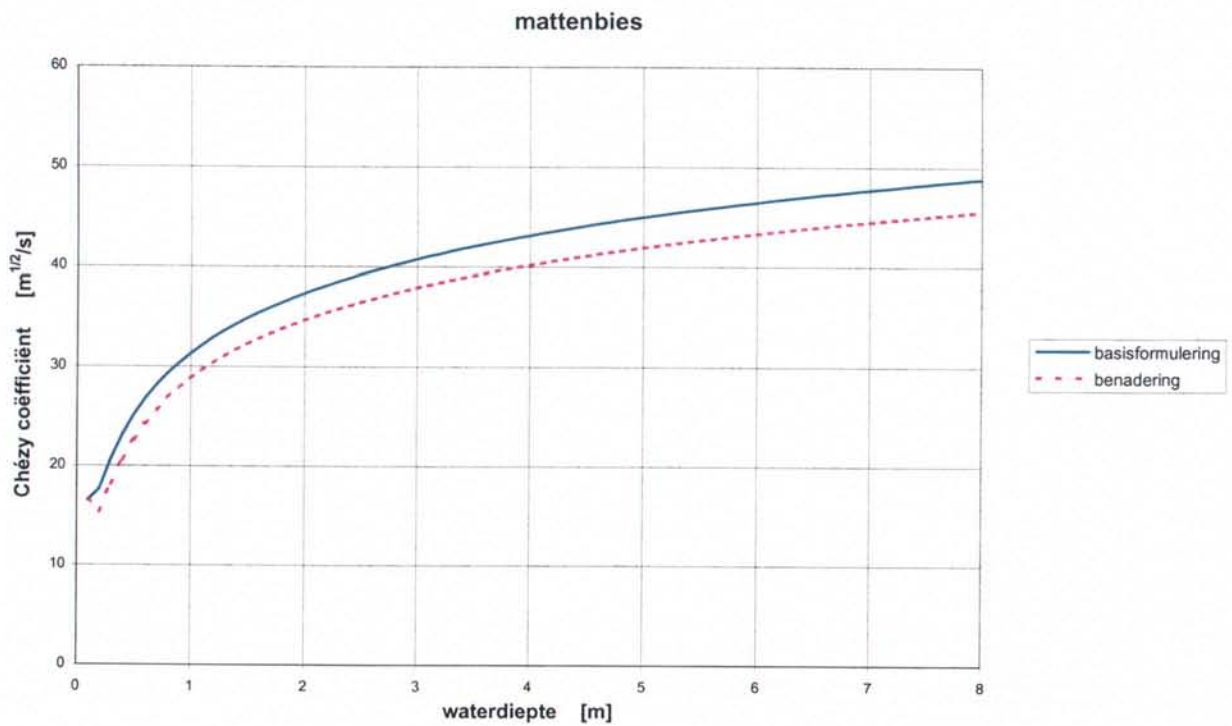
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_{11} = \frac{12 \cdot h}{\frac{C_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Zeggemoeras



Foto Scherpe Zegge in mei (H. Coops)

Beschrijving

Aan oevers van rivieren komen zeggevegetaties doorgaans slechts in smalle gordels voor. Langs oude rivierarmen (verlanding) kunnen ze dichte tamelijk hoge (1m) velden vormen. De belangrijkste soorten, Scherpe zegge en Oeverzegge, groeien in pollen die soms zo dicht bij elkaar staan dat ze homogene velden vormen. Losse zeggepollen kunnen ook in andere vegetatietypen voorkomen, zoals begroeiingen van Liesgras, Riet en Moerasruigte.

Meest voorkomende soorten:

Zeggemoeras kan bestaan uit soortenarme homogene velden. De meest voorkomende zeggesoorten zijn Scherpe Zegge en Oeverzegge.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: 's zomers zakt de grondwaterstand niet verder dan enkele dm onder maaiveld.
Grote delen van het jaar staat het water boven maaiveld.
Morfologische dynamiek: laag
Substraat: slibrijke of organische bodem
Lokatie: rivieroever, oude (verlande) rivierarmen

Kenmerken beheer

Zeer begrazingsgevoelig

Weerstand bepalende eigenschappen

Zeggen groeien in min of meer dichte pollen. De bladeren kunnen ongeveer 1 m hoog worden. In de winteromstandigheden sterven de bladeren af en blijft er een dichte dorre laag over van ongeveer 0.25 tot 0.40m hoog. Voor zegge kan een sterk geclusterde structuur van 25% liggend strooisel worden aangenomen.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

homogeen zeggemoeras:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par. 4.3

combinatie zeggemoeras met platliggend strooisel :

Formulering voor combinaties van vegetatie
zie: par. 4.5

met:

$C_{\text{zeggemoeras}} = \text{zie homogeen zeggemoeras}$

$$C_{\text{strooisel}} = 18 * \log \frac{12 * h}{k_{\text{strooisel}}}$$

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

$k_n =$ representatieve k-waarde [m]
 $h =$ waterdiepte [m]
 $C_r =$ Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

zeggemoeras:

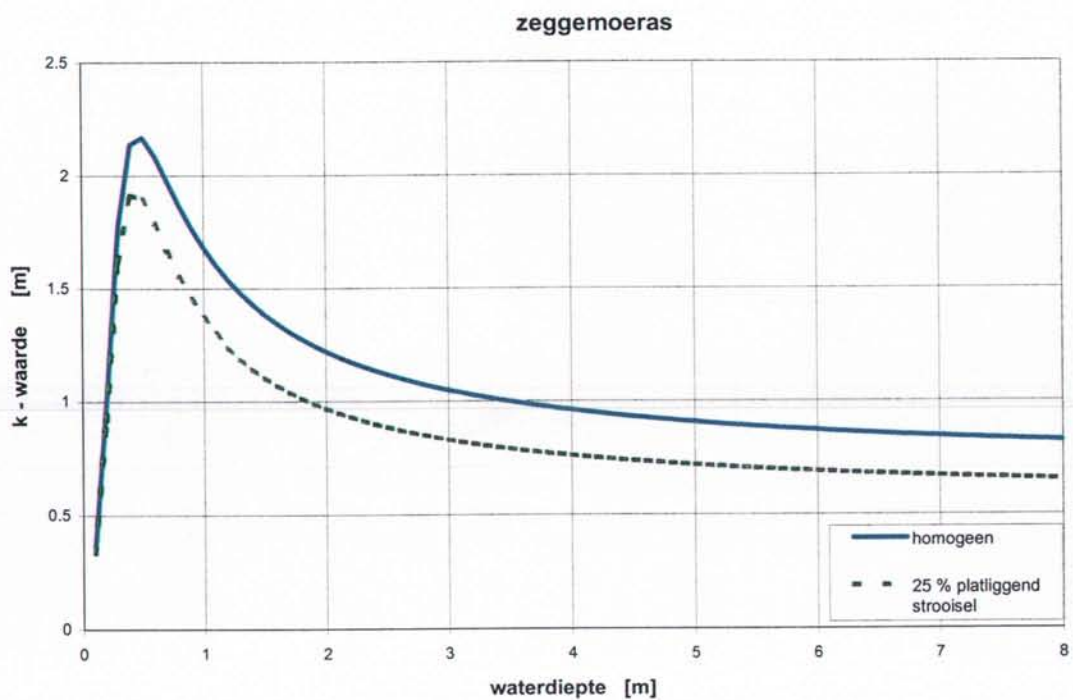
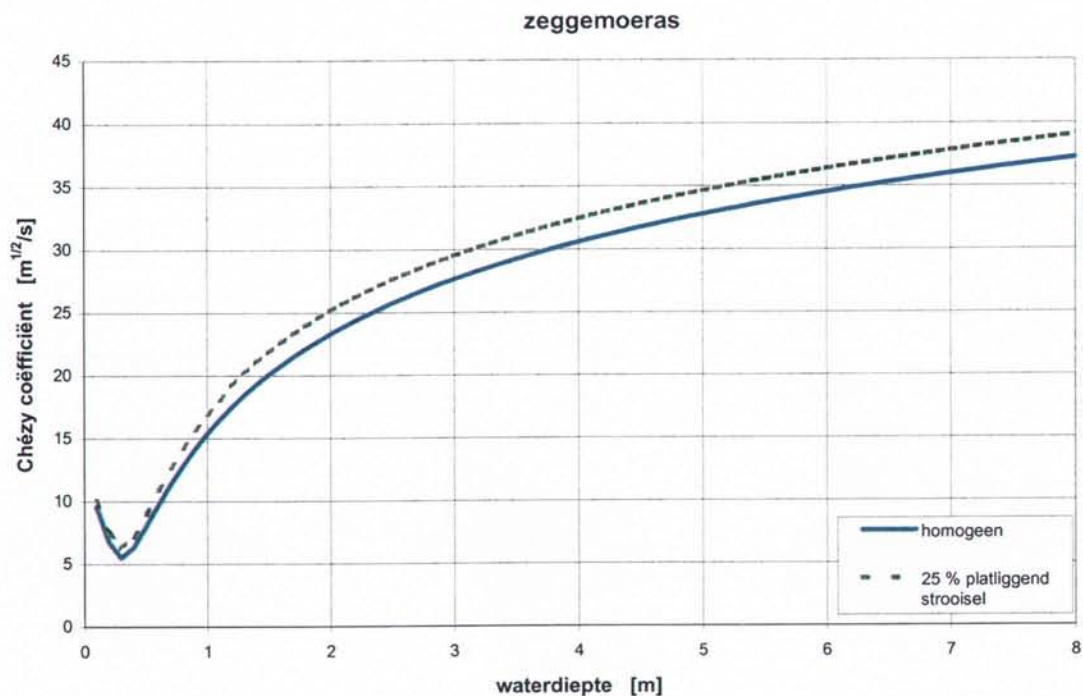
$k = 0.3$
 $m = 200$
 $D = 0.006$
 $C_d = 1.8$

$k =$ gemiddelde hoogte vegetatie [m]
 $m =$ gemiddeld aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
 $D =$ representatieve diameter stengel [m]
 $C_d =$ weerstand (drag) coëfficiënt [-]

$k_{\text{strooisel}} = 0.25$
 bedekkingspercentage strooisel = 25%
 weegfactor $\phi = 1$

Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte



Schatting Chézy coëfficiënt :

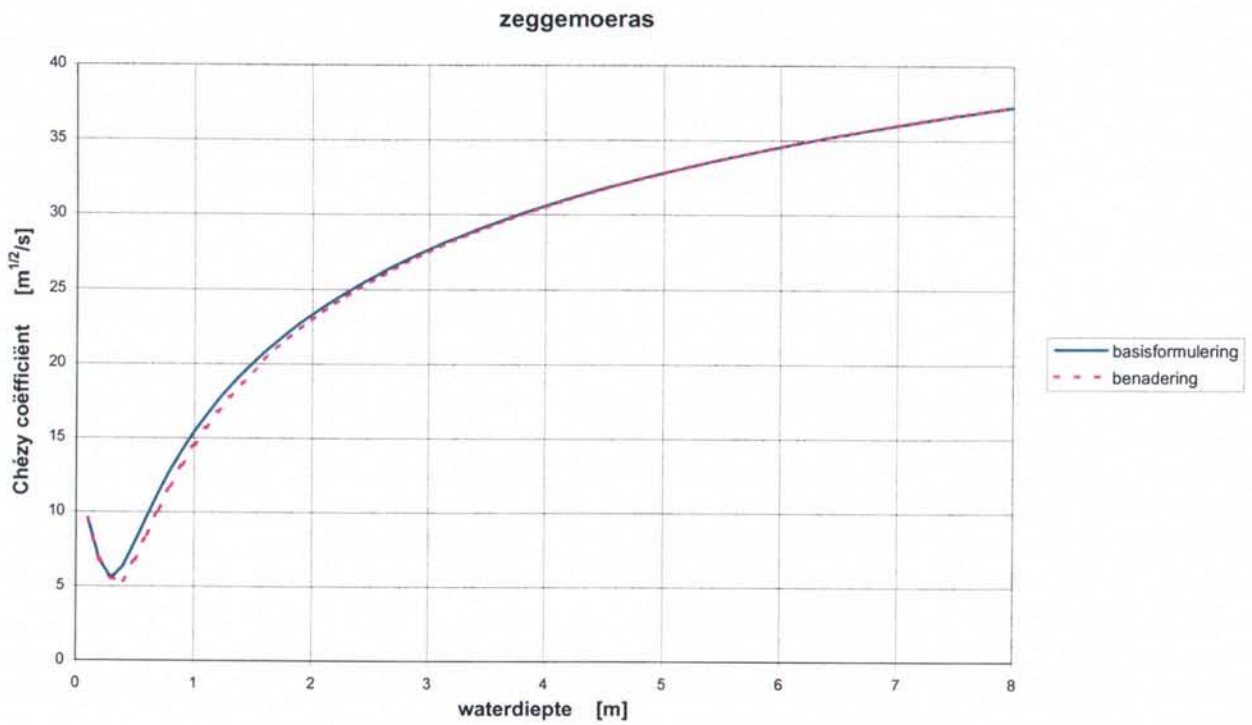
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Gele lis



Foto: Bloeiende Gele Lis in het voorjaar (H. Coops).

Beschrijving

Gele Lis vormt soms grote en vaak zeer dichte bestanden in Moerasruigtes en natte graslanden waar de begrazingsdruk zeer laag is. In de winter sterven de bladeren bovengronds af maar worden jonge scheuten gevonden onder de ingezakte oude bladermassa.



Foto: Jonge scheuten van Gele Lis in maart (H. Coops)

Meest voorkomende soorten:

Gele lisbestanden zijn inwendig zeer soortenarm. Tussen de bestanden kunnen andere soorten van moeras en natte graslanden voorkomen.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: natte standplaatsen (Moerasruigte, Nat grasland) die soms langdurig worden overstroomd in de zomer

Morfologische dynamiek: laag

Substraat: vooral organisch materiaalrijke plaatsen

Lokatie: lage, stagnerende plaatsen in uiterwaarden en oevers van allerlei wateren en gestuwde riviertrajecten

Kenmerken beheer

Geen beheer of licht begrazingsregime

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van Gele lis wordt bepaald door de vrij lage vegetatiestructuur (verweekte oude bladeren, jonge scheuten) in de winter.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Gele Lis:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

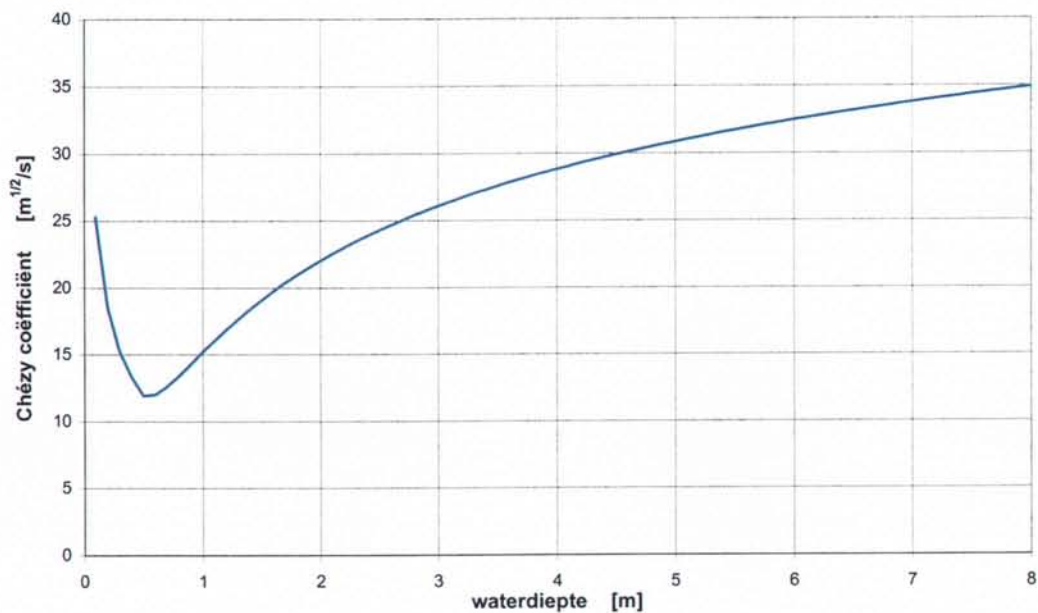
Gele Lis:

k	=	0.5
m	=	10
D	=	0.015
C_d	=	1.8

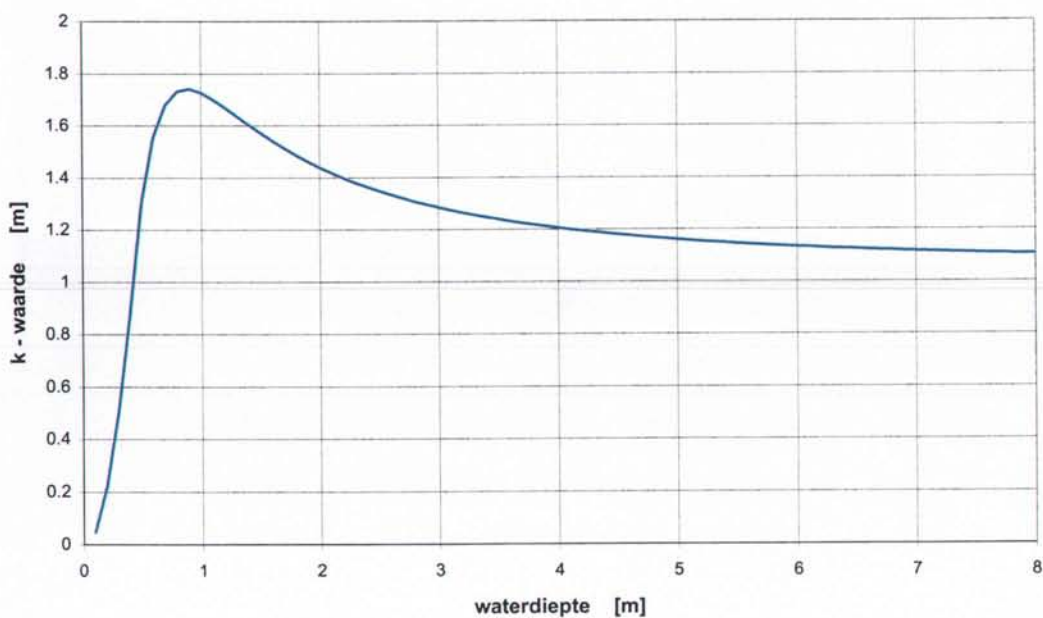
- k = gemiddelde hoogte vegetatie [m]
- m = gemiddeld aantal stengels per m^2 [$1/m^2$]
- D = gemiddelde representatieve diameter stengel [m]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand: Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte

Gele Lis



Gele Lis



Schatting Chézy coëfficiënt :

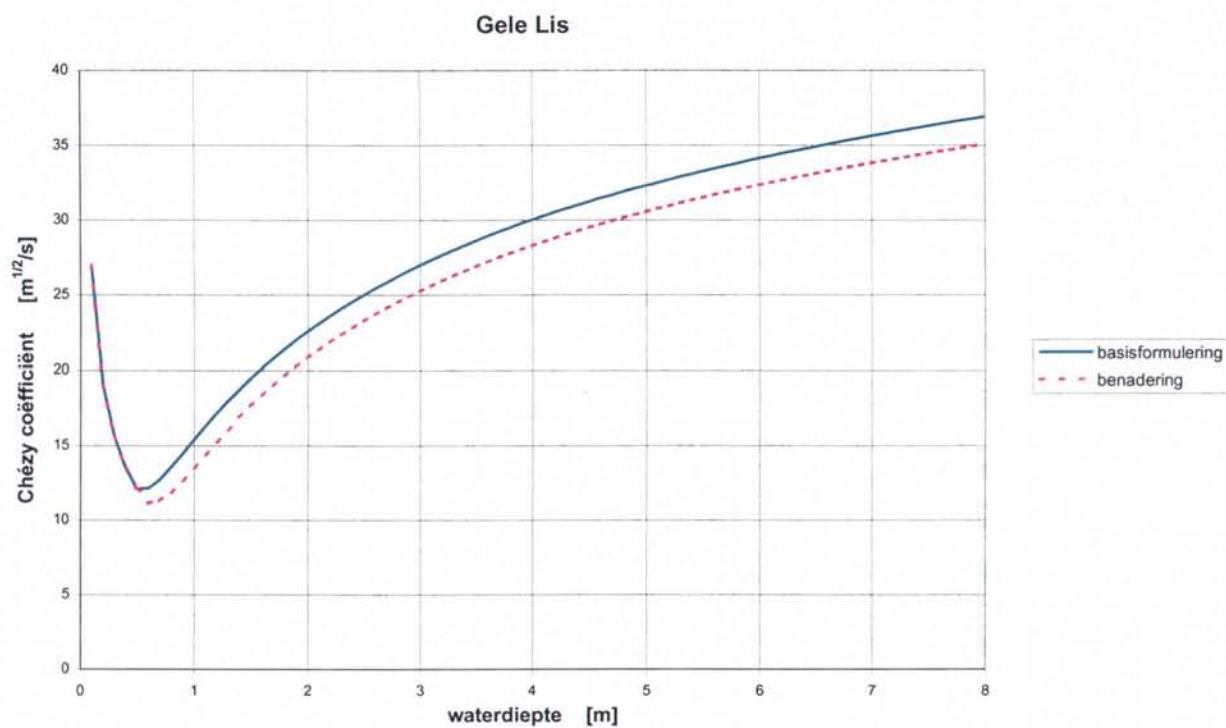
Voor een afchatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

$$k_n = \frac{12 \cdot h}{\frac{c_r}{10^{18}}}$$

Kwaliteit van de benadering



Doornstruweel



Foto Meidoornstruweel in Meinerswijk (oktober 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Doornstruweel bestaat uit struiklaagsoorten van het hardhoutoibos (Meidoorn, Sleedoorn etc.). Het wordt veelal omzoomd door grazige ruigtekruiden vegetaties. De begroeiingen vormen in het algemeen smalle linten in het landschap (in de vorm van hagen) of zomen langs bosranden.



Doornstruweel als bosrand in de Duursche Waarden. Links winteromstandigheden (maart 2001, DON), rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

Meidoorn, Sleedoorn, Kardinaalsmuts, Roos, Braam.

Kenmerken standplaats

hydrologische dynamiek:	gevoelig tot zeer gevoelig voor zomeroverstroming
morfologische dynamiek:	ongevoelig
substraat:	zandig (Sleedoorn) tot kleiig (Meidoorn)
lokatie:	bekade uiterwaarden

Kenmerken beheer

Ongevoelig voor begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van struweel wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak, de hoogte van het struweel en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

Doornstruweel:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:
winteromstandigheden:

Doornstruweel:	
k	= 6
A_r	= 0.17
C_d	= 1.5

ondergroei:	
k_o	= 0.10
A_{ro}	= 0.3
C_{do}	= 1.5

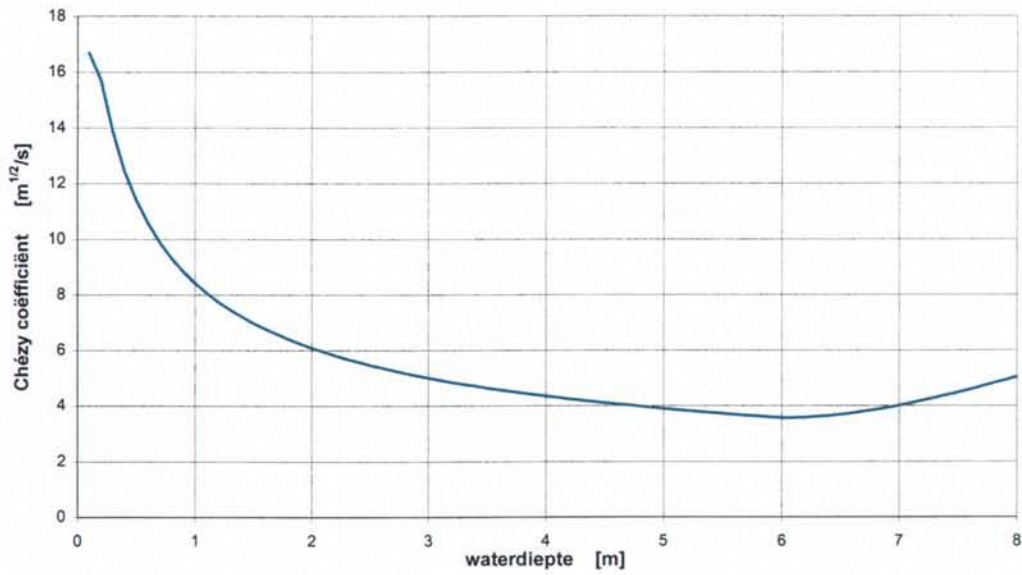
k = vegetatiehoogte [m]
 A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

k_o = hoogte ondergroei [m]
 A_{ro} = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

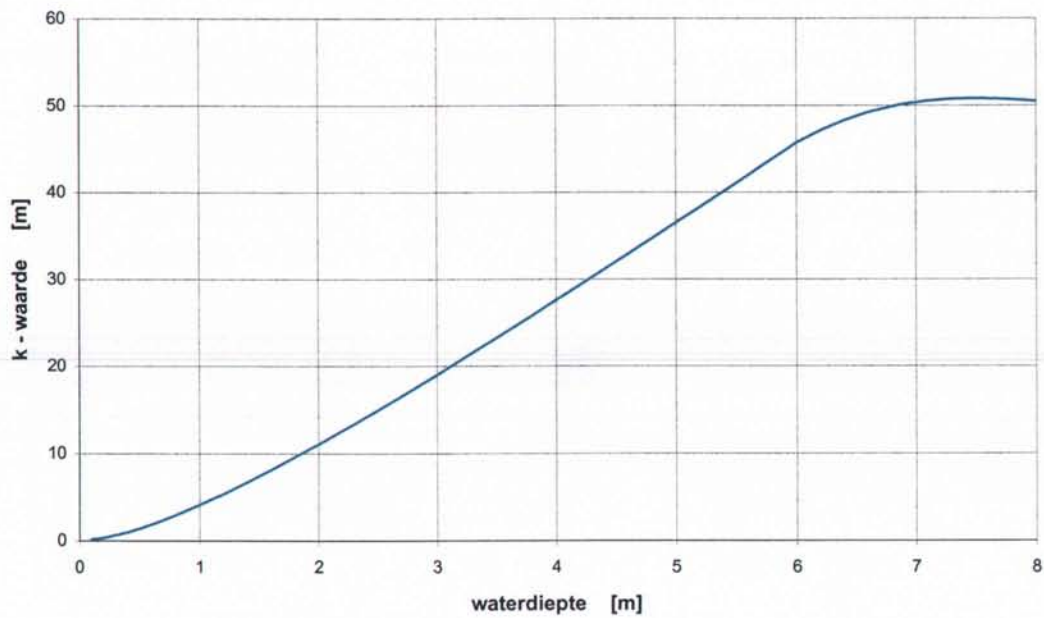
Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte

doornstruweel



doornstruweel



Schatting Chézy coëfficiënt :

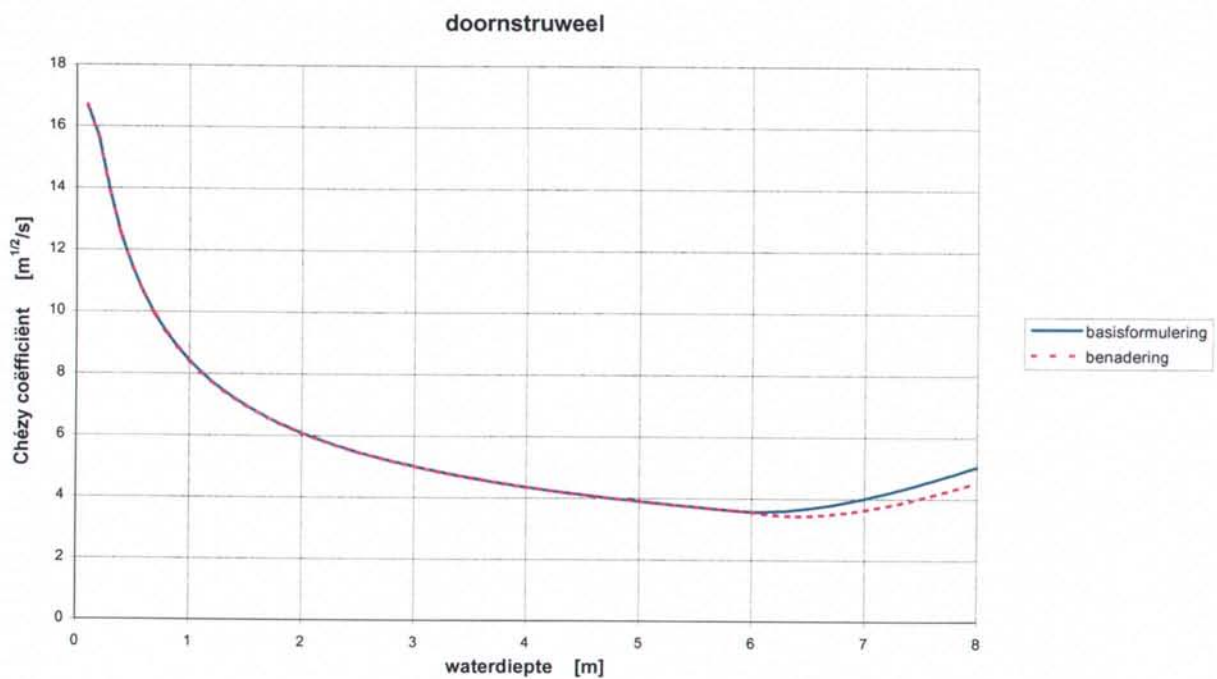
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Zachthoutstruweel



Foto: Zachthoutstruweel Afferdensche en Deestsche waarden (maart 2001, MD)

Beschrijving

Zachthoutstruweel bestaat uit struikvormige wilgen (Amandelwilg, Bittere Wilg, Katwilg), jonge Schietwilgen en Zwarte populieren. De kruidlaag is meestal spaarzaam ontwikkeld.



Zachthoutstruweel Duursche Waarden, links winteromstandigheden (maart 2001, DON), rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

Struikvormige wilgen (Amandelwilg, Bittere Wilg, Katwilg), jonge Schietwilgen en Zwarte populieren.

Kenmerken standplaats

hydrologische dynamiek:	overstromingsfrequentie: 20-100 dagen/jaar
morfologische dynamiek:	kan zich onder sterk dynamische omstandigheden ontwikkelen
substraat:	weinig gevoelig voor substraat
lokatie:	oevers van (oude) rivierlopen, oevers van plassen in bekaede uiterwaarden

Kenmerken beheer

Gevoelig voor begrazing

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van struweel wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak, de hoogte van het struweel en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

zachthoutstruweel:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters: winteromstandigheden:

zachthoutstruweel:	
k	= 6
A_r	= 0.13
C_d	= 1.5

Ondergroei	
k_o	= 0.10
A_{r_o}	= 0.3
C_{d_o}	= 1.5

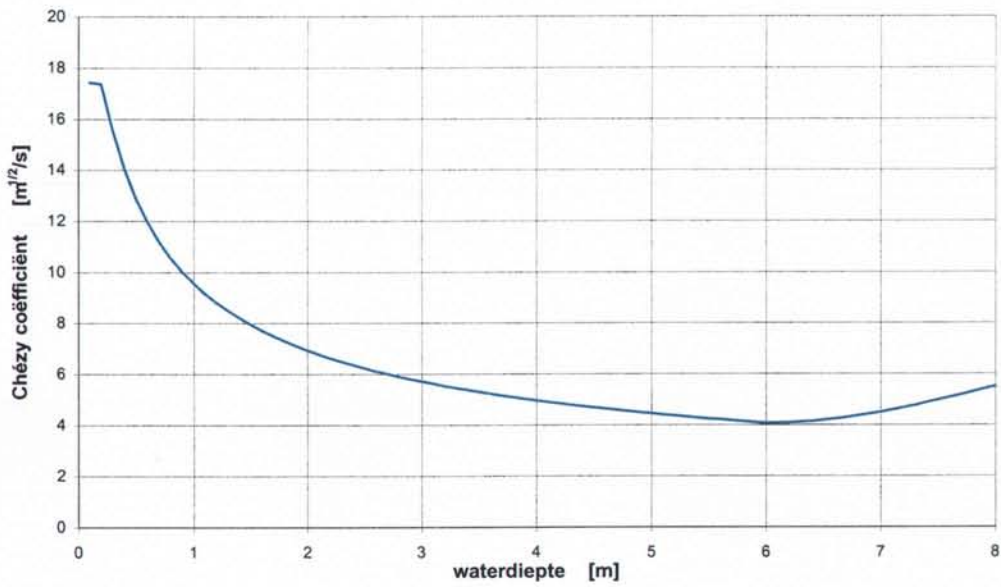
k = vegetatiehoogte [m]
 A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

 k_o = hoogte ondergroei [m]
 A_{r_o} = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_{d_o} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

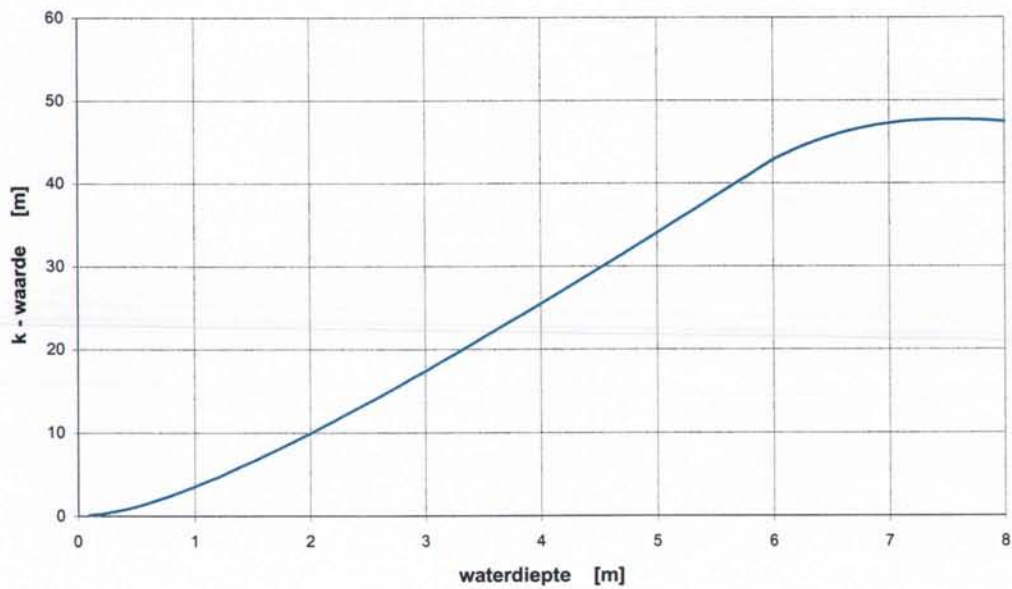
Grafiek stromingsweerstand:

Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte

wilgenstruweel



wilgenstruweel



Schatting Chézy coëfficiënt :

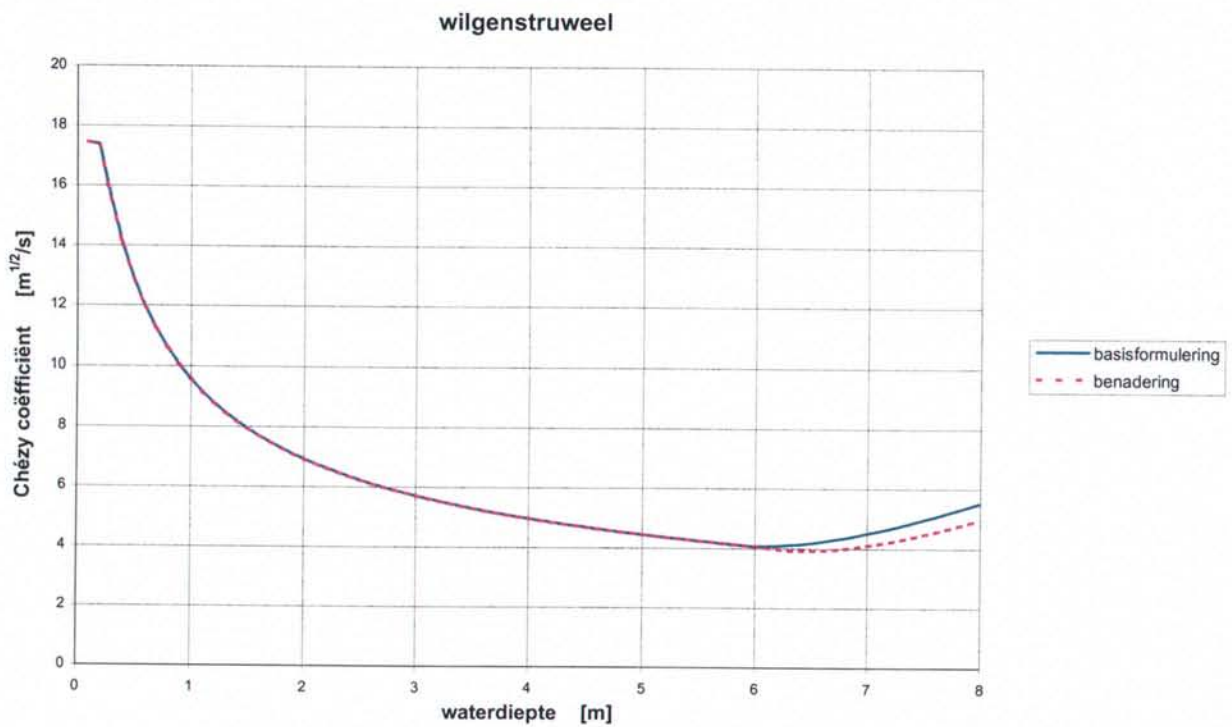
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Wilgengriend



Foto: Wilgengriend (H. Coops)

Beschrijving

Ten behoeve van de griendencultuur zijn in het verleden terreinen aangeplant met vooral Schietwilg. Deze grienden worden tegenwoordig voor het overgrote deel niet meer gebruikt waardoor ze doorschieten en steeds meer het karakter krijgen van zachthoutoobos.



Pas gekapt wilgengriend (winter) langs de Nieuwe Merwede (H. Coops)

Meest voorkomende soorten:

Schietwilg

Kenmerken standplaats

hydrologische dynamiek: : nvt
morfologische dynamiek: : nvt
substraat: : nvt
lokatie: : nvt

Kenmerken beheer

Wilgengrienden worden regelmatig gekapt

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van wilgengriend wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak, de hoogte van het griend en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

wilgengriend:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

wilgenstruweel:	
k	= 3
A_r	= 0.041
C_d	= 1.5

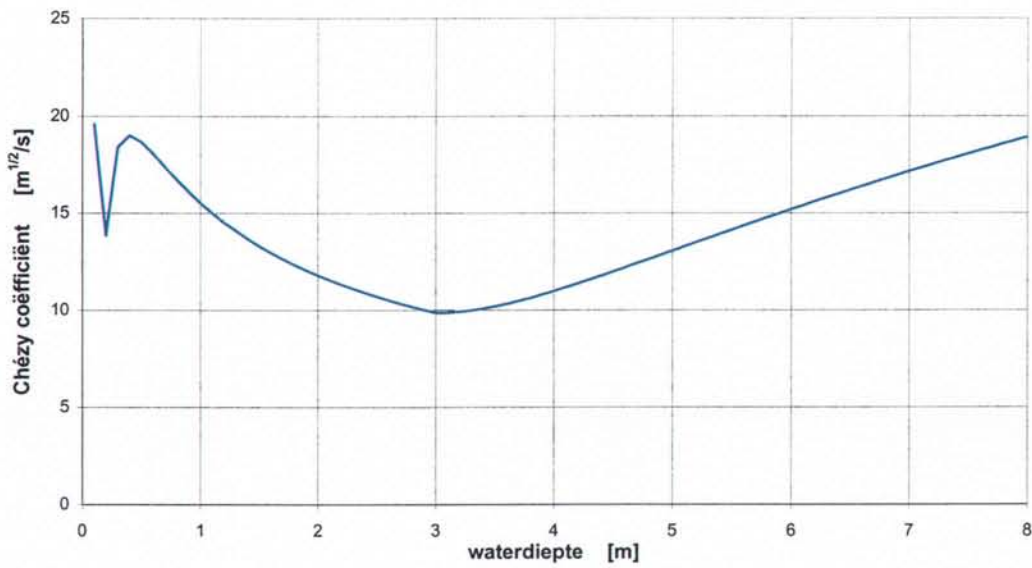
ondergroei:	
k_o	= 0.20
A_{r_o}	= 0.3
C_{d_o}	= 1.5

k = vegetatiehoogte [m]
 A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

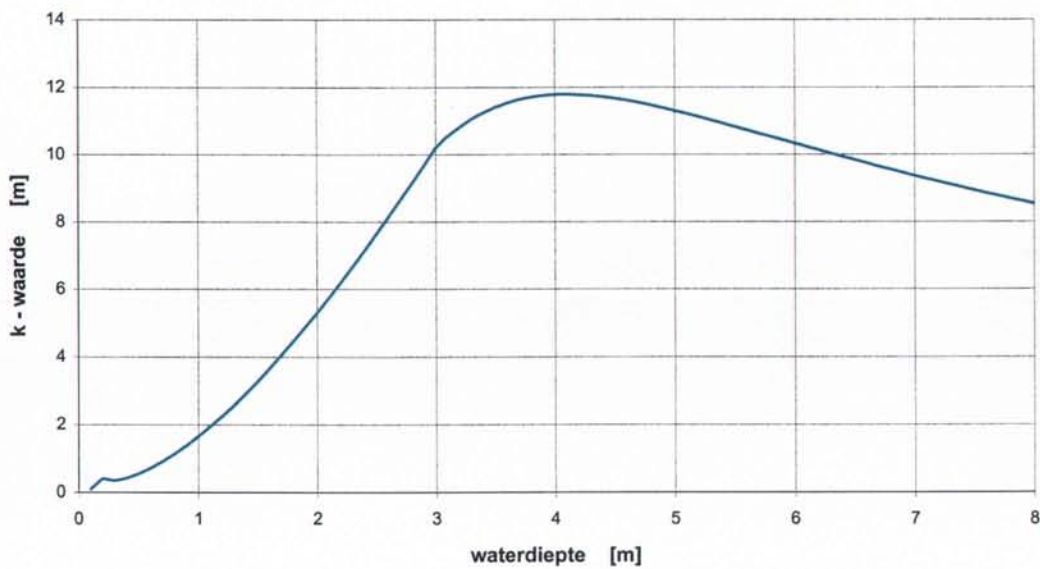
k_o = hoogte ondergroei [m]
 A_{r_o} = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 C_{d_o} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand:
 Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de
 waterdiepte

wilgengriend



wilgengriend



Schatting Chézy coëfficiënt :

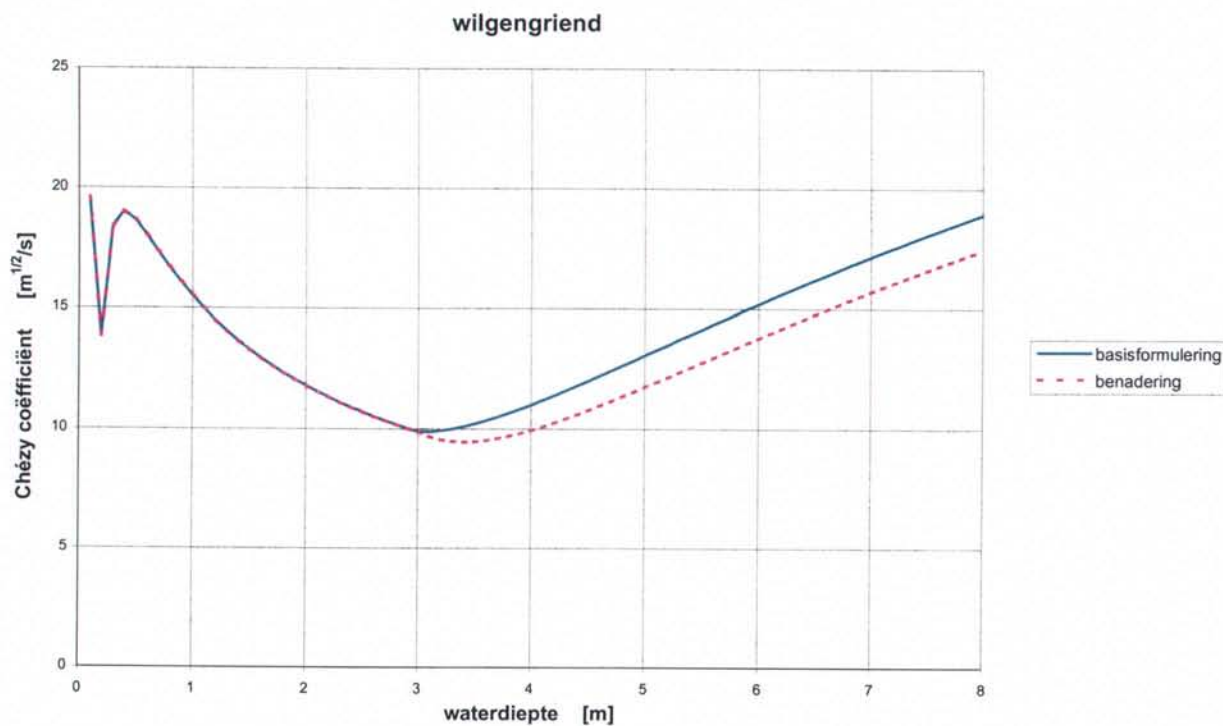
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering



Zachthoutooibos



Foto, Zachthoutooibos, Afferdensche en Deestsche Waarden (maart 2001, MD)

Beschrijving

Zachthout-ooibos is een natuurlijk bos dat bestaat uit combinaties van verschillende zachthoutsoorten (vooral Schietwilg). Afhankelijk van het beheer wordt op de bodem dood hout aangetroffen in combinatie met ondergroei.

Kleine oppervlakten zachthoutooibos komen dikwijls voor in combinatie met grassen, moerasvegetatie of ruigte begroeiingen (zie: gras met verspreid voorkomende bomen/boomgroepen en moerasvegetatie met verspreid voorkomende bomen/boomgroepen).



Foto: Zachthoutooibos Duursche Waarden: links winteromstandigheden (maart 2001, DON), rechts zomeromstandigheden (oktober 2001, P. Jesse)

Meest voorkomende vegetatiesoorten:

Combinaties van Schietwilg (dominant), Katwilg, Amandelwilg, Zwarte populier, Zwarte els.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek:	overstromingsfrequentie 50-150 dagen/jaar
Morfologische dynamiek:	matig
Substraat:	matig tot lichte sedimentatiegebieden van klei/zavel (enkele mm tot enkele cm) en jn zand
Lokatie:	rivieroevers, oevers van nevengeulen, strangen en open water, lagere delen van de uiterwaard

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van ooibos wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

zachtouthoibos:

Formulering voor doorstroomde vegetatie
zie : par 4.2

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

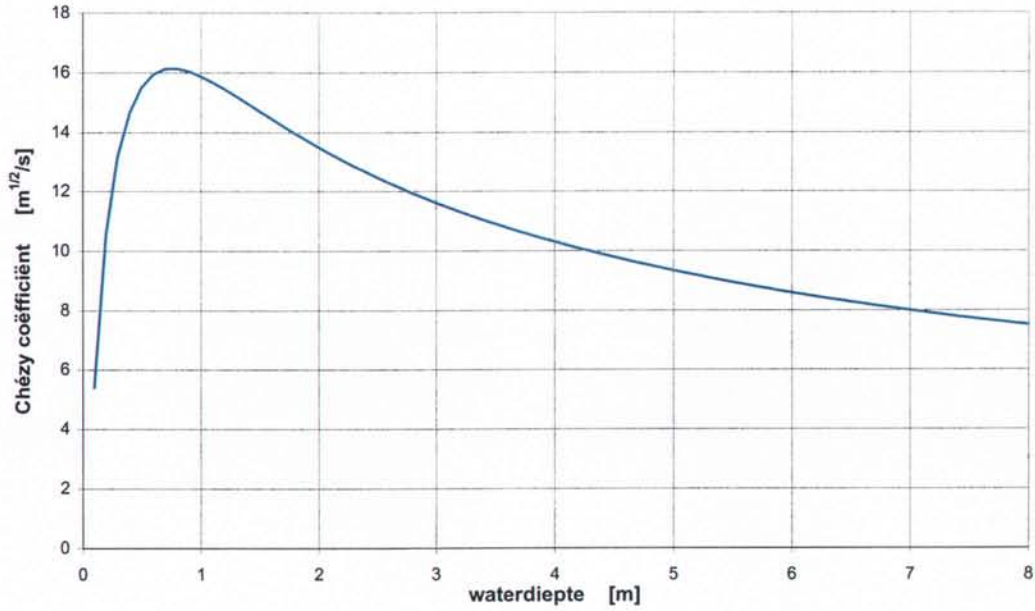
zachtouthoibos:

A_r	=	0.028
k_b	=	0.6
C_d	=	1.5

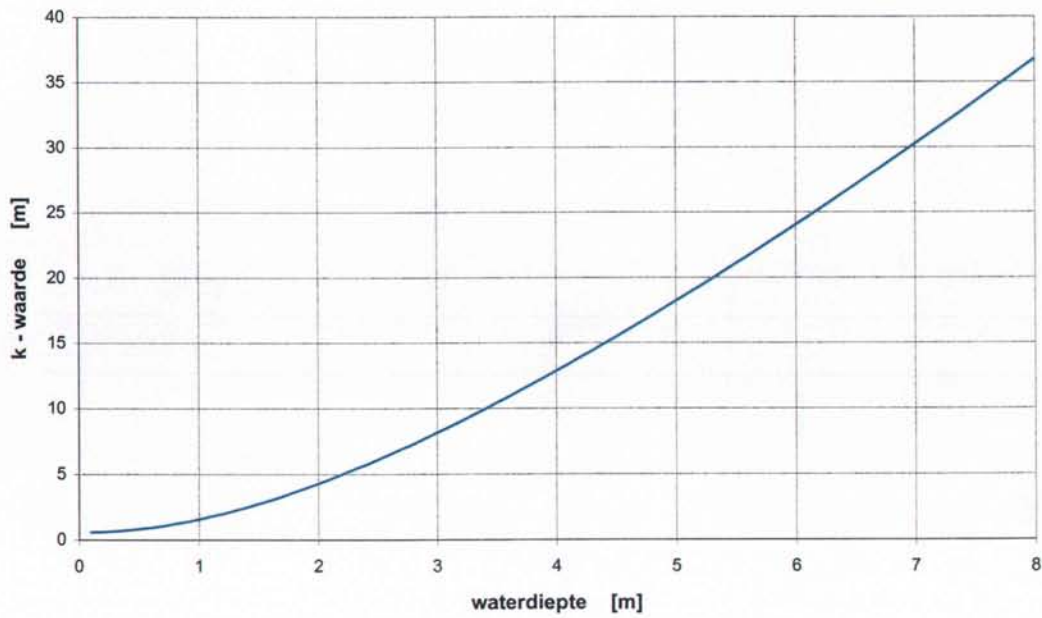
A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 k_b = Nikuradse k-waarde bodem [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand:
 Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de
 waterdiepte

zachthoutooibos



zachthoutooibos



Hardhoutooibos



Foto Hardhout ooibos gedomineerd door Eik (Duursche Waarden, oktober 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Hardhoutooibos kent een natuurlijke, veelal spontaan of onder bosbeheer ontstane bosstructuur met een boomlaag waarin veel lep vertegenwoordigd kan zijn naast Eik, Es en Populier. Struiklagen komen veelvuldig voor. De bodemflora is in het algemeen weelderig ontwikkeld.



Foto: Hardhoutooibos in het voorjaar langs de Allier (H. Coops)

Meest voorkomende soorten:

Boomlaag: Es, zomereik, Steeleep, Gladde Iep, Zwarte Populier

Struiklaag: Eenstijlige meidoorn, Sleedoorn, Haagbeuk, Rode Kornoelje, Hazelaar,

Ondergroei: Grote brandnetel, Hondsdraf, Dauwbraam, Kleefkruid, Bosrank, Daslook

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: periodiek tot zelden overspoeld (< 50 dagen /jaar)

Morfologische dynamiek: licht

Substraat: Voedselrijke bodems, matig tot lichte sedimentatiegebieden van klei/zavel (van enkele mm tot enkele cm)

Lokatie: oeverwallen en hogere delen van de uiterwaard

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van ooibos wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

hardhoutoibos:

Formulering voor doorstroomde vegetatie
zie : par 4.2

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

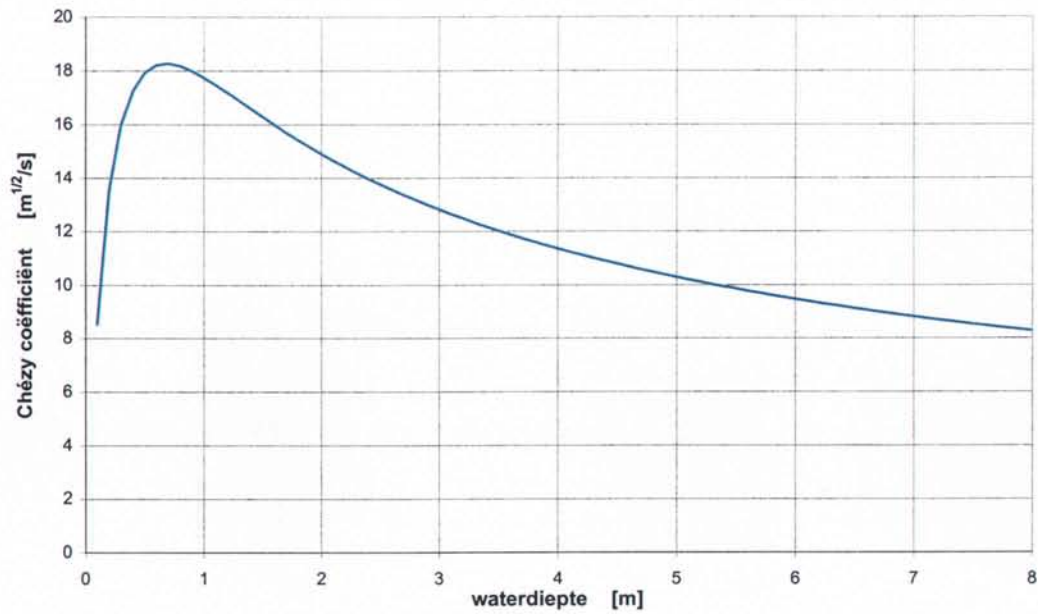
winteromstandigheden:

hardhoutoibos:
 A_r = 0.023
 k_b = 0.4

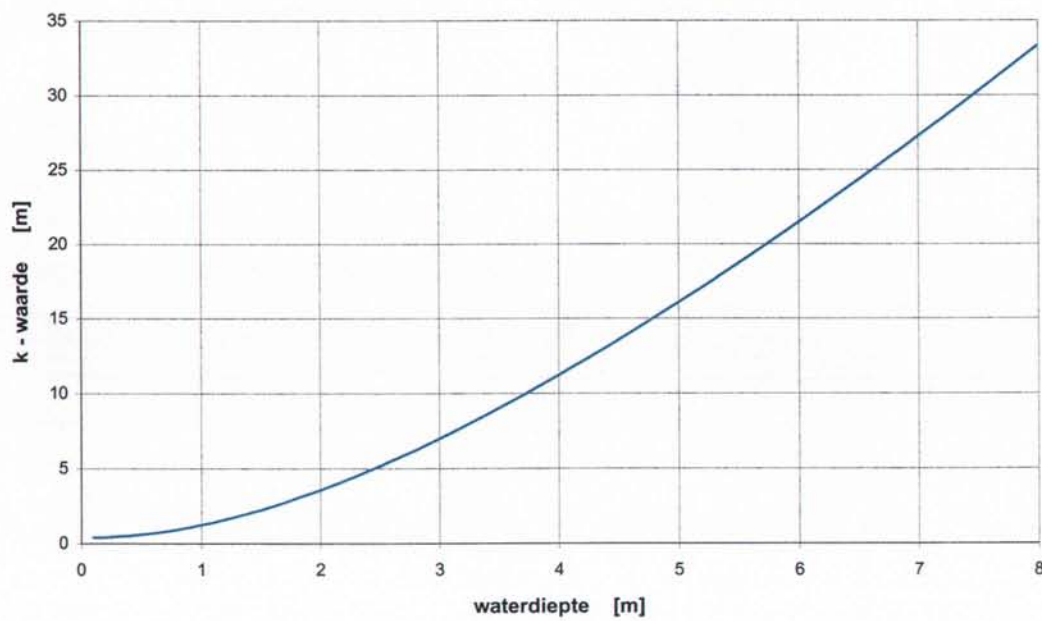
A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 k_b = Nikuradse k-waarde bodem [m]

Grafiek stromingsweerstand:
 Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de
 waterdiepte

hardhoutoibos



hardhoutoibos



Productiebos



Foto Dennen - productiebos bij Fortmond, oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Er bestaan zowel zacht hout, hard hout als naaldbout productiebossen. Van deze bossen komen de zacht hout productiebossen (vooral populier) in de uiterwaarden het meeste voor. De andere typen kunnen veel slechter tegen inundatie en worden dan ook slechts zelden in de uiterwaarden aangetroffen.



Foto: Beuken – productiebos bij Fortmond, links : winteromstandigheden (maart 2001, DON) rechts zomeromstandigheden (oktober 2001 P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

Zachthoutproductiebossen bestaan meestal uit populieren. Van hardhoutproductiebossen zijn Eik, Beuk en Esdoorn de meest voorkomende. Naaldhoutproductiebos bestaat veelal uit Den.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: n.v.t.
Morfologische dynamiek: n.v.t.
Substraat: n.v.t.
Lokatie: n.v.t

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van bos wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

productiebos:

Formulering voor doorstroomde vegetatie
zie : par 4.2

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde [m]
 h = waterdiepte [m]
 C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

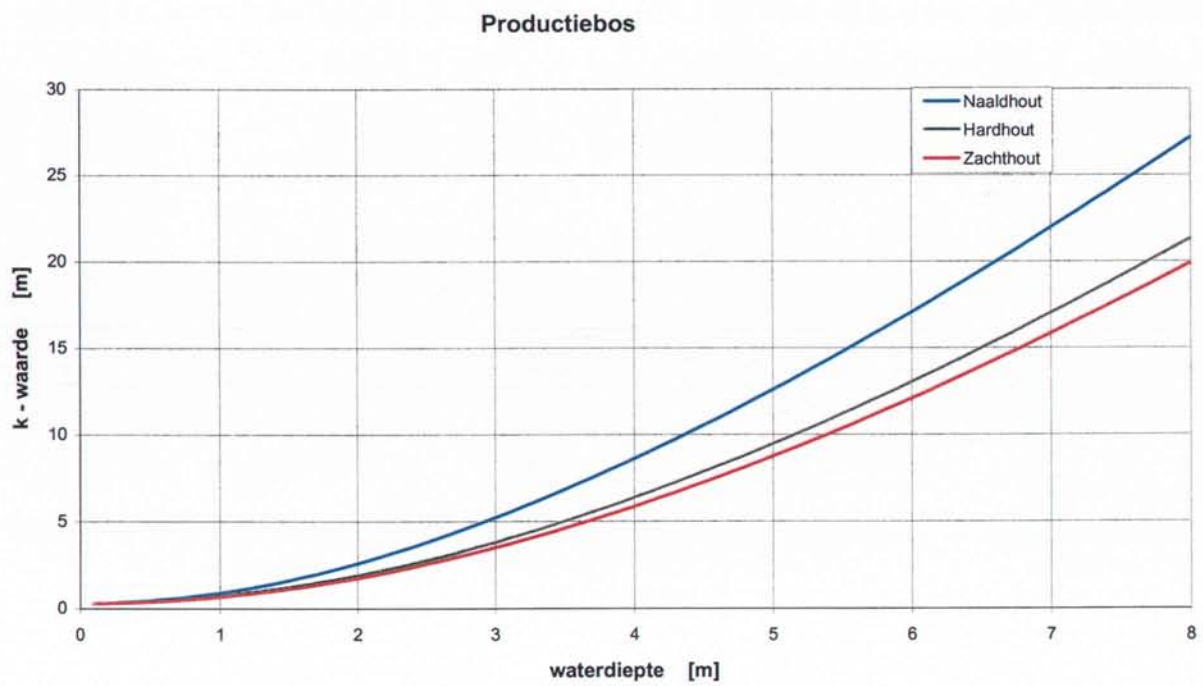
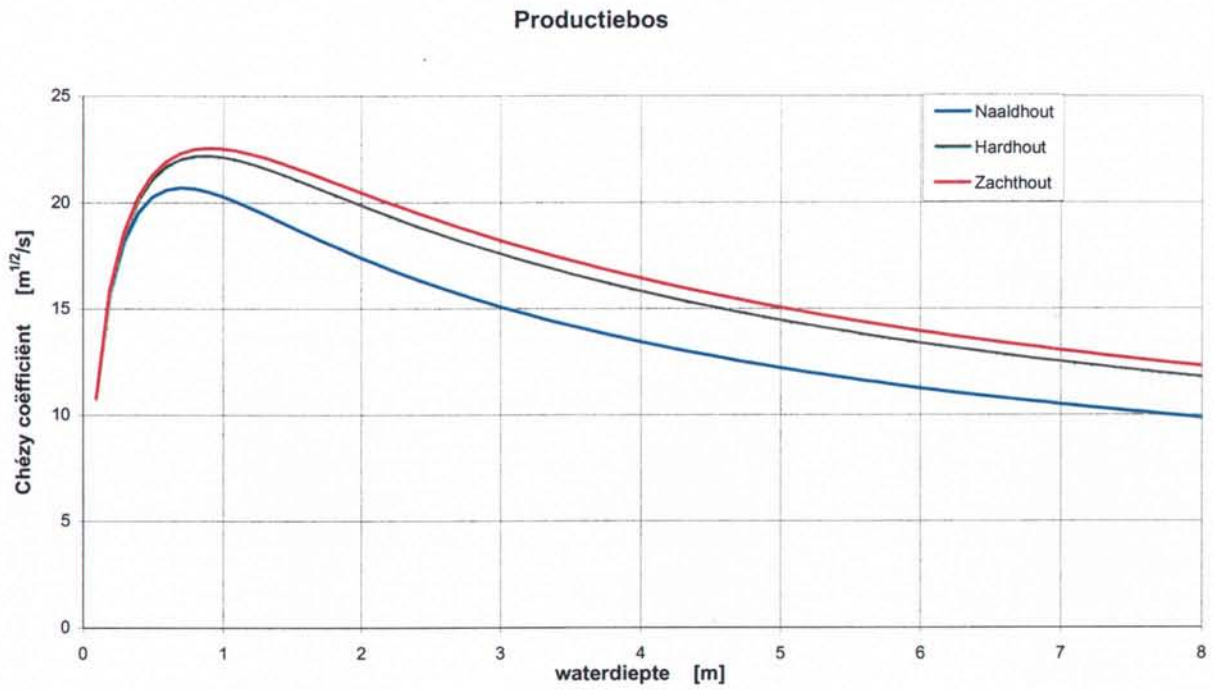
Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

zachthoutproductiebos:		
A_r	=	0.01
k_b	=	0.3
C_d	=	1.5
 hardhoutproductiebos		
A_r	=	0.011
k_b	=	0.3
C_d	=	1.5
 naaldhoutproductiebos		
A_r	=	0.016
k_b	=	0.3
C_d	=	1.5

A_r = aangestroomd oppervlak [$m^2/m^2/m'$]
 k_b = Nikuradse k-waarde bodem [m]
 C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

Grafiek stromingsweerstand:
 Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de
 waterdiepte



Akkers



Foto: Akker in de Duursche Waarden (maart 2001, DON)

Beschrijving:

De aangeplante gewassen op akkers zijn in de winter veelal al geoogst en van het land verwijderd. Soms zijn er nog stoppels op het land aanwezig maar veelal slechts in lage dichtheden. Ter bevordering van de bodemstructuur is de grond meestal voor de winter geploegd.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

akkers:

$$C_r = 18 \log \left[\frac{12 \cdot h}{k_n} \right]$$

k_n	=	Nikuradse k-waarde akker	[m]
h	=	waterdiepte	[m]
C_r	=	representatieve Chézy coëffici	[m ^{1/2} /s]

Karakteristieke parameters:

$$k_n = 0.20\text{m}$$

k_n = representatieve k-waarde [m]

Waterbodems



Foto: Uiterwaardplas in de Duursche Waarden (oktober 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Onder waterbodems worden hier verstaan: de bodem van meestromende nevengeulen, strangen, diepe plassen, ondiepe plassen, havens en slikkige oevers.

Weerstandformulering:**Weerstandscoefficiënt van Chézy:**

waterbodems:

$$C_r = 18 \log \left(\frac{12 \cdot h}{k_w} \right)$$

C_r = representatieve Chézycoëfficiënt [m^{1/2}/s]
 h = waterdiepte [m]
 k_w = Nikuradse k-waarde waterbodem [m]

Karakteristieke parameters: k_w waarden:

meestromende nevengeul:	0.15
strang:	0.15
diepe plas:	0.05
ondiepe plas:	0.05
slikkige oever	0.10
haven	0.05

Boomgaarden



Foto Laagstamboomgaard (appels) nabij Meinerswijk (oktober 2001, P. Jesse)

Beschrijving

Bij dit type kan onderscheid worden gemaakt in hoog- en laagstamboomgaarden.



Foto: Laagstamboomgaard (Appel) nabij Meinerswijk rechts oktober 2001, links december 2001 (P. Jesse)

Meest voorkomende soorten:

n.v.t.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: n.v.t.
Morfologische dynamiek: n.v.t.
Substraat: n.v.t.
Lokatie: n.v.t.

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van een boomgaard wordt bepaald door de grootte van het aangestroomd oppervlak en de omstandigheden op de bodem (ondergroei/dood hout).

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

boomgaarden:

Formulering voor overstroomde vegetatie
zie : par 4.3

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]
- h = waterdiepte [m]
- C_r = Chézy coëfficiënt vegetatie [$m^{1/2}/s$]

Karakteristieke parameters:

winteromstandigheden:

laagstamboomgaard		
k	=	3
A_r	=	0.024
C_d	=	1.5

ondergroei		
k_o	=	0.20
A_{ro}	=	0.3
C_{do}	=	1.8

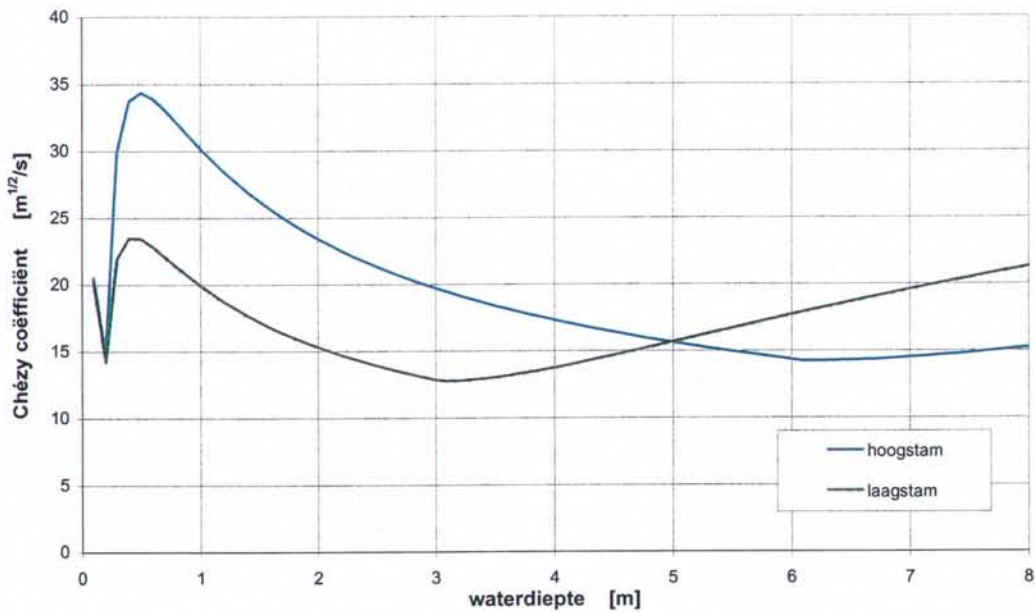
- k = hoogte bomen [m]
- A_r = aangestroomd oppervlak boomgaard [$1/m^2$]
- C_d = weerstand (drag) coëfficiënt [-]
- k_o = hoogte ondergroei [m]
- A_{ro} = aangestroomd oppervlak ondergroei [$m^2/m^2/m'$]
- C_{do} = weerstand (drag) coëfficiënt [-]

hoogstamboomgaard		
k	=	6
A_r	=	0.01
C_d	=	1.5

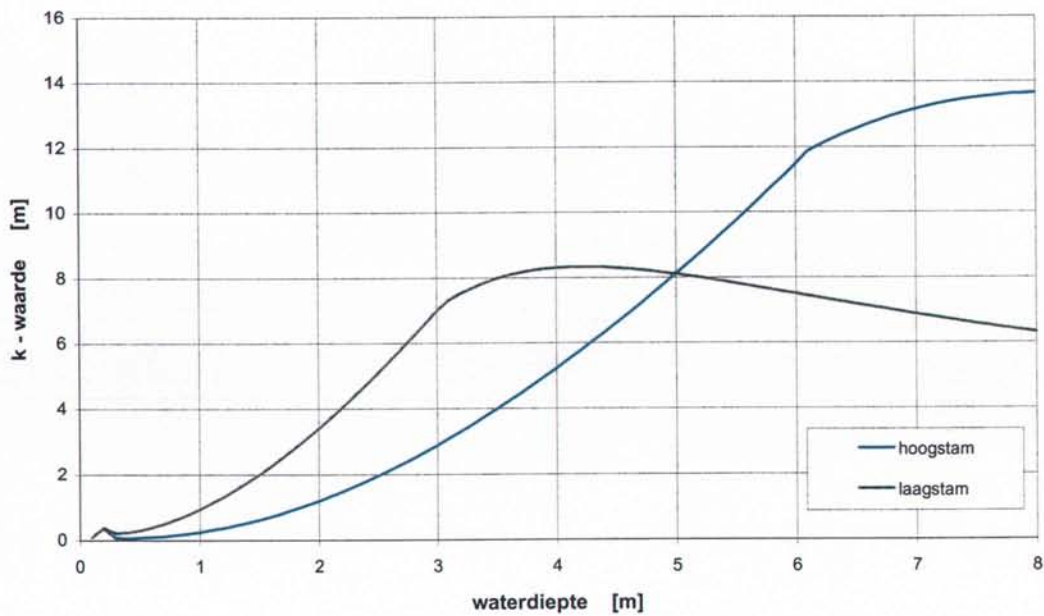
ondergroei		
k_o	=	0.20
A_{ro}	=	0.3
C_{do}	=	1.8

Grafiek stromingsweerstand:
 Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de
 waterdiepte

boomgaarden



boomgaarden



Schatting Chézy coëfficiënt :

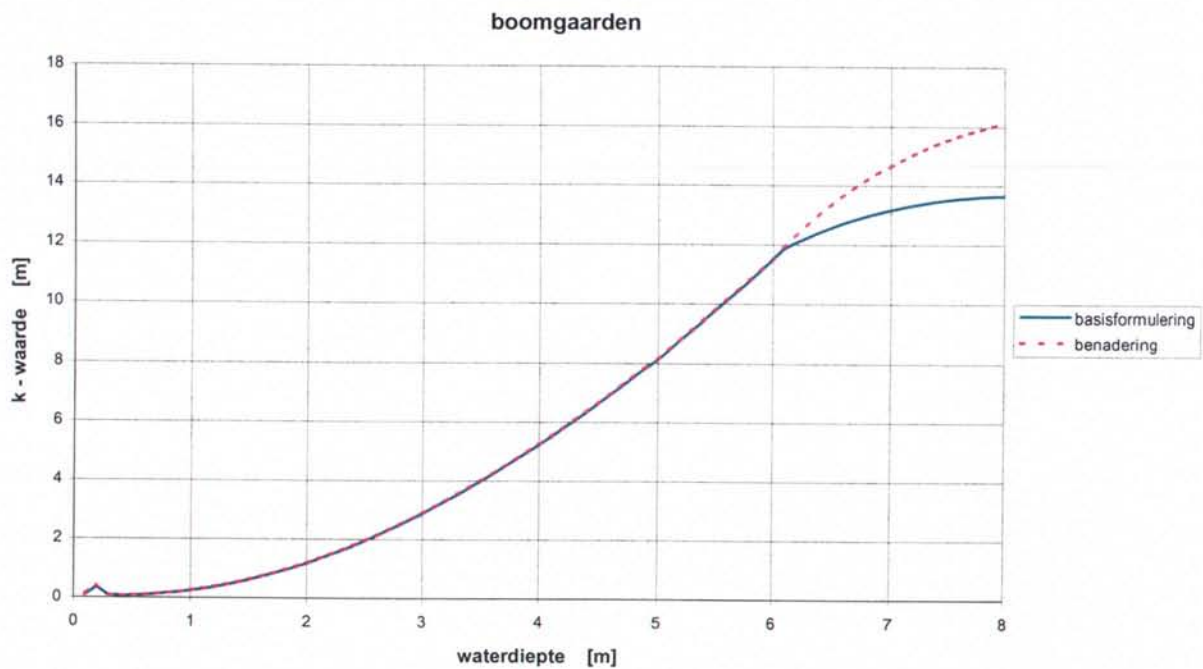
Voor een afschatting van de Chézy waarde kan een eenvoudige benaderingsformule worden gebruikt.

Benaderingsformulering overstroomde vegetatie
zie: par. 4.4

k-waarde:

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

Kwaliteit van de benadering (hoogstam)



Heggen



Foto Meidoornhaag (dicht) Meinerswijk oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Een heg is een rij struiken ter afscheiding van een stuk land. Heggen zijn soms zeer dicht maar kunnen ook heel open zijn .



Foto: Heggen in winteromstandigheden (R. Van Dixhoorn) links zeer open heg, rechts open heg.

Meest voorkomende soorten:

n.v.t.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek: n.v.t.
Morfologische dynamiek: n.v.t.
Substraat: n.v.t.
Lokatie: n.v.t.

Weerstand bepalende eigenschappen

De weerstand van een heg wordt bepaald door de hoogte en het aangestroomd oppervlak van de heg

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

heggen:

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

en voor de combinatie met gras geldt:

$$\frac{1}{C_r^2} = \frac{1}{C_g^2} + \frac{1}{C_h^2}$$

- C_h = Chézycoëfficiënt heg [m^{1/2}/s]
- C_g = Chézycoëfficiënt gras [m^{1/2}/s]
- C_r = representatieve Chézycoëfficiënt [m^{1/2}/s]
- C_d = weerstandscoefficiënt [-]
- a = onderlinge hegafstand [m]
- A_h = aangestroomd oppervlak heg [m²/m']
- k = heghoogte [m]
- h = waterdiepte [m]
- m_o = afvoercoëfficiënt [-]

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

- k_n = representatieve k-waarde [m]

Karakteristieke parameters:

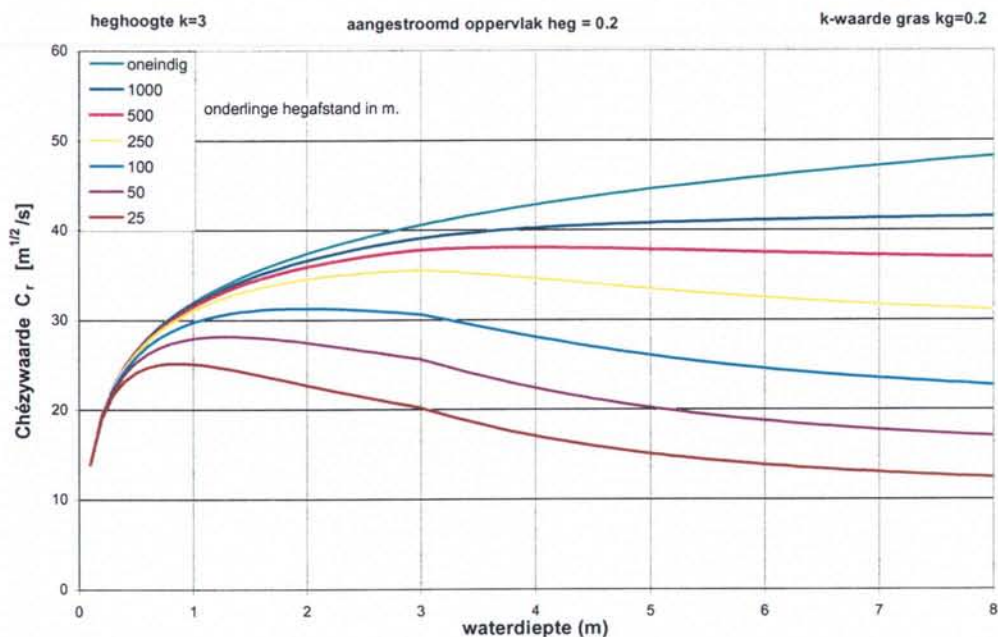
aangestroomd oppervlak A_h:	
zeer open	: 0.2 m ² /m'
open	: 0.6 m ² /m'
dicht	: 1.0 m ² /m'
m_o	= 1.2
C_d	= 1.5

Grafiek stromingsweerstand:

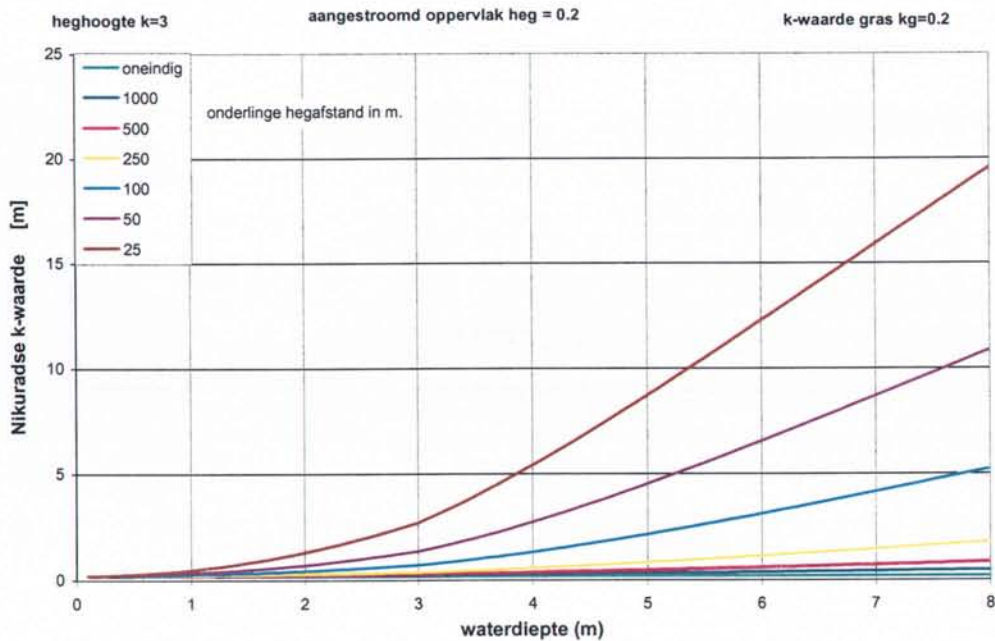
Verloop weerstandcoëfficiënt van Chézy en de Nikuradse k-waarde met de waterdiepte

zeer open heg

heggen

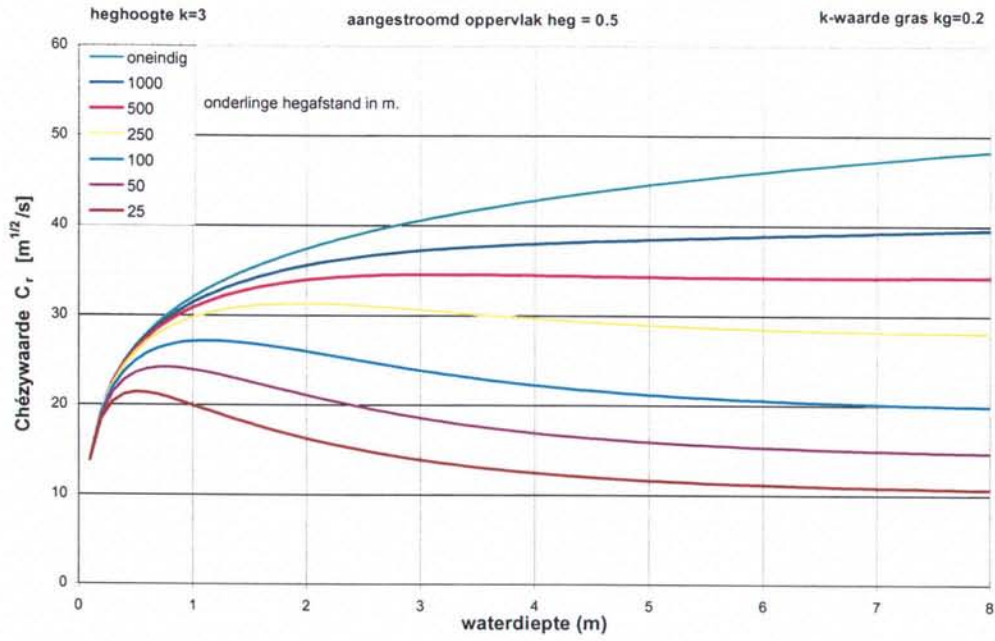


heggen

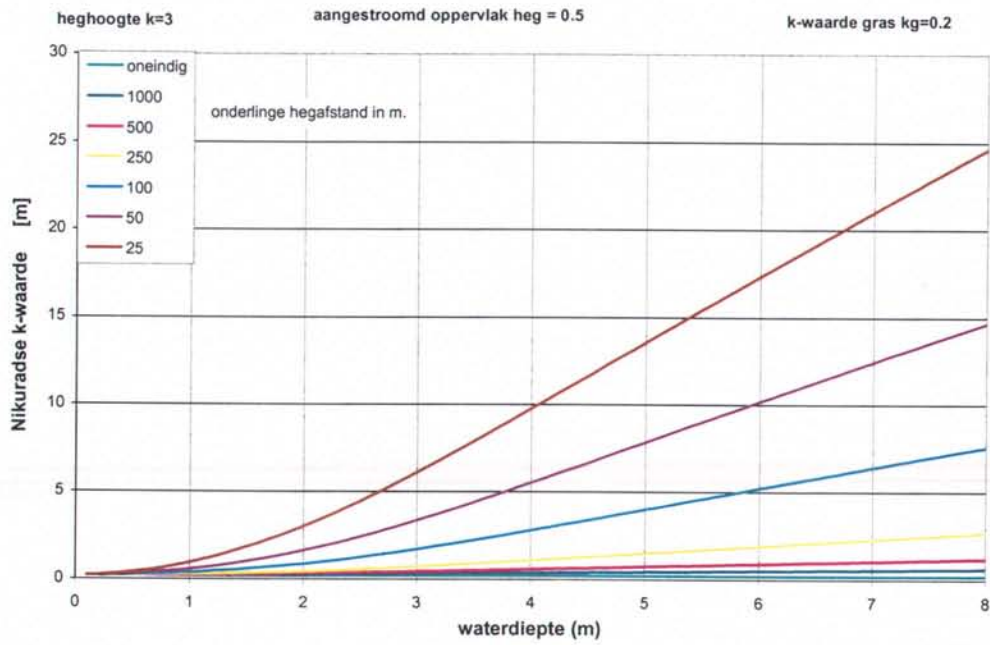


open heg

heggen

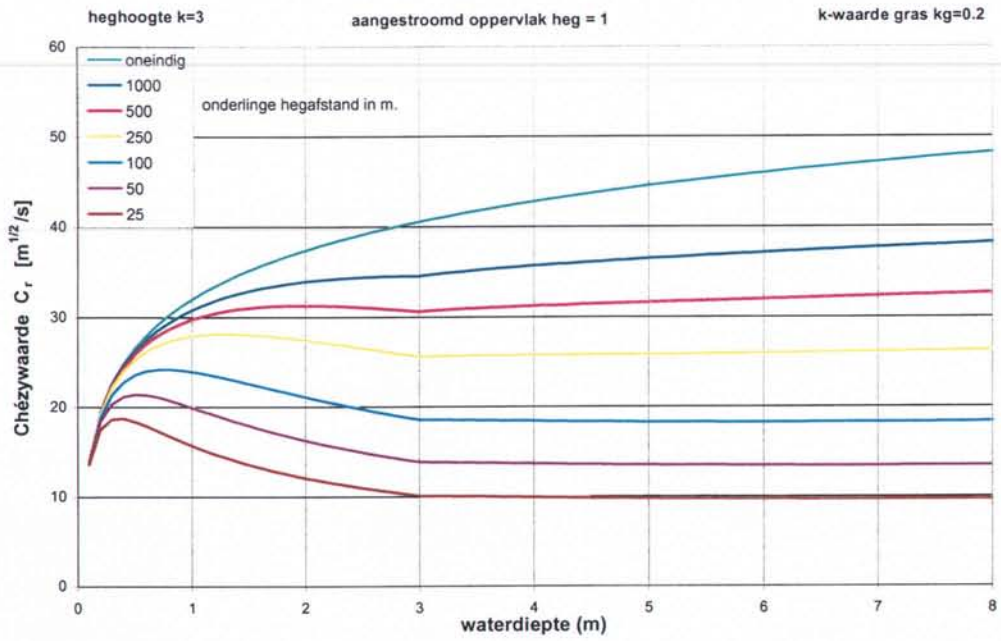


heggen

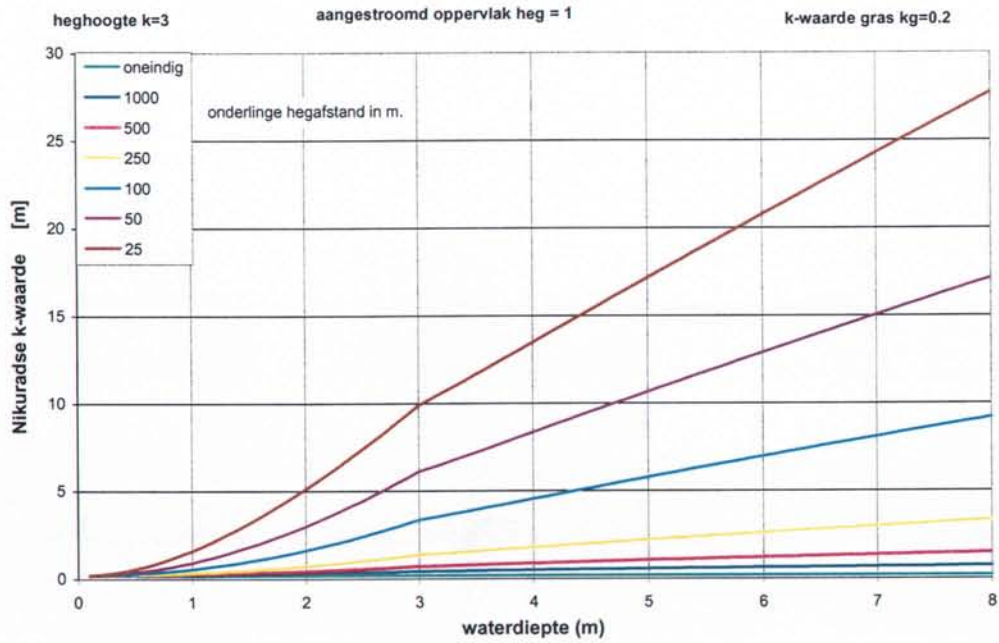


dichte heg

heggen



heggen



Laanbeplanting



Foto: Laanbeplanting nabij de Pannerdensche Overlaat (maart 2001, P. Jesse)

Beschrijving:

Laanbeplanting is vrijwel altijd aangeplant en kan uit zeer veel verschillende soorten bomen bestaan. Ook is er een grote variatie aan hoogte van de bomen bijv. knotwilg versus populier. Wanneer laanbeplanting op een kade is aangeplant dan gelden andere hydraulische condities dan wanneer dit niet het geval is.

Weerstandformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

laanbeplanting:

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{C_{basis}^2} + \frac{C_d \cdot D \cdot h \cdot N}{2 \cdot g \cdot OR}}} \quad \text{voor } h < k$$

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{C_{basis}^2} + \frac{C_d \cdot D \cdot k \cdot N}{2 \cdot g \cdot OR}}} \quad \text{voor } h \geq k$$

met :

C_{basis}	=	Chézywaarde basisvegetatie	$[m^{1/2}/s]$
C_d	=	weerstandscoefficiënt (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	$[m^{1/2}/s]$

laanbeplanting op een kade:

Bij ligging van de laanbeplanting op een kade, kan het effect van de kade in rekening worden gebracht door de C_d waarde te vervangen door C_d effectief:

$$C_{d\text{effectief}} = C_d * \left[\frac{h}{h-d} \right]^2$$

met::

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

Karakteristieke parameters:

C_d	=	1.5
Gemiddelde diameter bomen:		
Hardhout:	1	m
Zachthout:	0.5	m

Verspreid voorkomende bomen

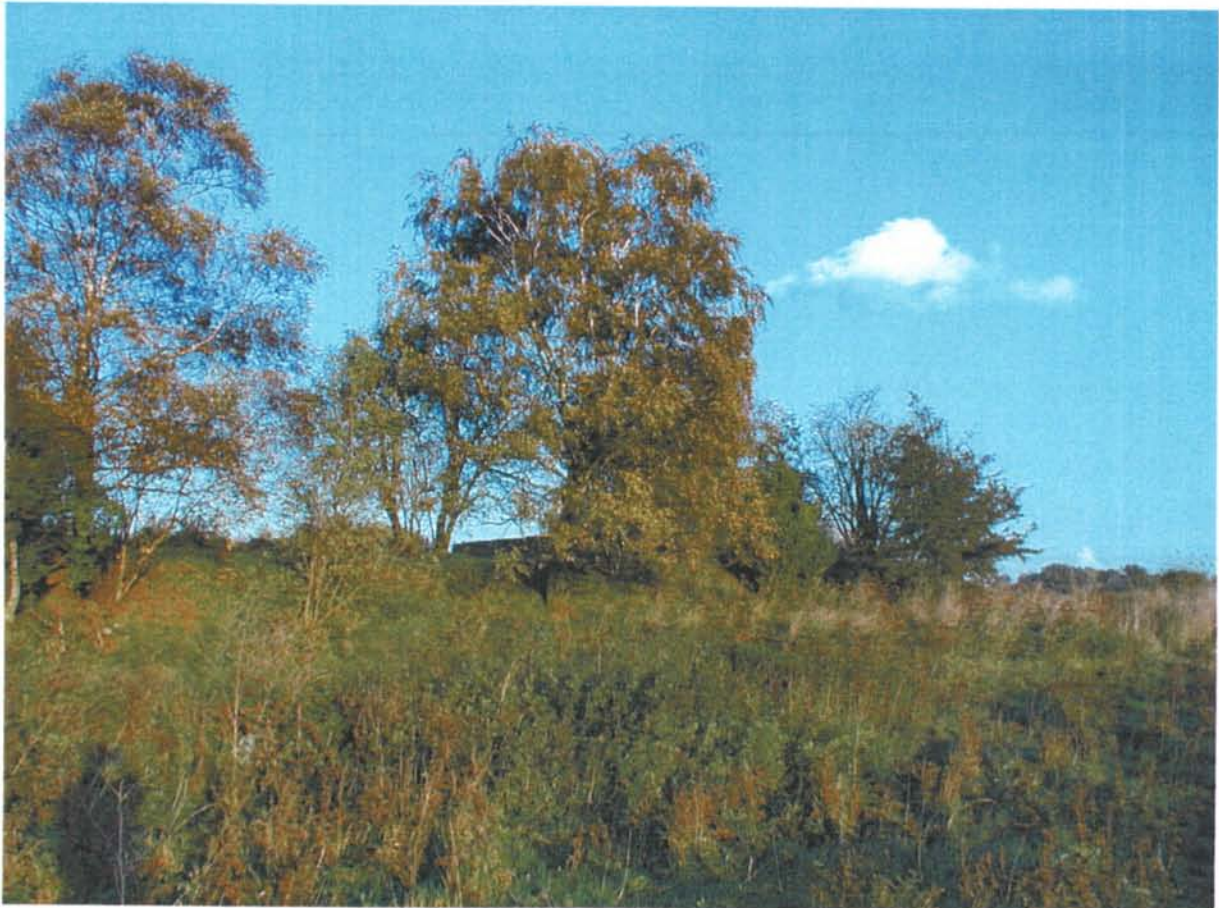


Foto: Verspreid voorkomende bomen met ruigte Meinerswijk oktober 2001 (P. Jesse)

Beschrijving

Verspreid voorkomende bomen worden vooral aangetroffen met een ondergroei van gras in weilanden. In agrarische gebieden kunnen solitaire bomen een belangrijke bron van schaduw zijn waaronder het vee in hete perioden kan schuilen. Bij grote aantallen solitaire bomen is veelal sprake van een parklandschap.

Meest voorkomende soorten:

n.v.t.

Kenmerken standplaats

Hydrologische dynamiek : n.v.t.

Morfologische dynamiek : n.v.t.

Substraat: : n.v.t.

Lokatie : n.v.t.

Weerstand bepalende eigenschappen

Bij verspreid voorkomende bomen wordt de weerstand bepaald door het aantal verspreid voorkomende bomen, de diameter van de bomen en het oppervlak waarop de bomen staan. Verder is de weerstand van de basisbegroeiing waar de bomen in voorkomen (bijv. productiegrasland) van belang.

Weerstandsformulering:

Weerstandscoefficiënt van Chézy:

$$C_r = \frac{1}{\sqrt{\frac{n \cdot D \cdot h \cdot C_d}{A_{\text{gebied}} \cdot 2g} + C_b^2}}$$

met:

$$C_b = 18 \log \frac{12h}{k_b}$$

A_{gebied}	=	Oppervlakte van het gebied waar de verspreid voorkomende bomen staan	[m ²]
C_r	=	Chézy coëfficiënt vegetatie met verspreid voorkomende bomen	[m ^{1/2} /s]
n	=	aantal verspreid voorkomende bomen	[-]
D	=	gemiddelde diameter verspreid voorkomende bomen	[m]
h	=	waterdiepte	[m]
C_d	=	weerstand (drag) coëfficiënt	[-]
g	=	versnelling van de zwaartekracht	[m/s ²]
C_b	=	Chézycoëfficiënt basisvegetatie	[m ^{1/2} /s]
k_b	=	k-waarde basisvegetatie (gras ≈ 0.25m)	[m]

k-waarde (Nikuradse zandruwheid):

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

k_n = representatieve k-waarde vegetatie met verspreid voorkomende bomen [m]