

KLEOBS – KLEINE OBSTAKELS

Toetsingsprogramma voor kleine ingrepen in het winterbed

Rijkswaterstaat Directie Limburg

Eindrapport

Barbarossastraat 35
Postbus 151
6500 AD NIJMEGEN
024 - 3 284 357
024 - 3 609 566

KLEOBS – KLEINE OBSTAKELS

Toetsingsprogramma voor kleine ingrepen in het winterbed

Rijkswaterstaat Directie Limburg

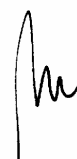
Opgesteld : M.A. van Heereveld M.Sc.(Eng.)

Gecontroleerd : Ir. G.J. Akkerman

Paraaf:

Goedgekeurd : M.A. van Heereveld M.Sc.(Eng.)

Paraaf:

A handwritten signature in black ink, consisting of a vertical line on the left and a series of loops and curves on the right.

INHOUDSOPGAVE

	blz.
1. INLEIDING	1
1.1 Algemeen	1
1.2 Doel	2
1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden	2
1.4 Aanpak	2
1.5 Leeswijzer	2
2. BESCHRIJVING BESTAANDE KLEOBS	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Huidig beoordelingsinstrument KleObs	5
3. ZOMERBED	7
3.1 Beoordelingscriterium	7
3.2 Rekenregels	7
3.2.1 Huidige rekenregel	7
3.2.2 Evaluatie huidige rekenregel	7
3.2.3 Nieuw beoordelingscriterium	8
4. STROOMVOEREND WINTERBED	10
4.1 Beoordelingscriterium	10
4.1.1 Huidige beoordelingscriterium	10
4.1.2 Evaluatie bestaand beoordelingscriterium	11
4.1.3 Wijziging beoordelingscriterium	13
4.2 Toetsingscriteria	14
4.2.1 Gras	14
4.2.1.1 Huidige rekenregel	14
4.2.1.2 Evaluatie huidige rekenregel	14
4.2.1.3 Wijziging rekenregel	15
4.2.2 Riet en bieren	15
4.2.2.1 Huidige rekenregel	15
4.2.2.2 Evaluatie huidige rekenregel	15
4.2.3 Plas	17
4.2.4 Hekken en afheiningen	18
4.2.4.1 Huidige rekenregel	18
4.2.4.2 Evaluatie huidige rekenregel	19
4.2.4.3 Nieuwe rekenregel	20
4.2.5 Heggen	20
4.2.5.1 Huidige rekenregel	20
4.2.5.2 Evaluatie huidige rekenregel	21
4.2.5.3 Nieuwe rekenregel	21
4.2.6 Gebouwen op palen en bomen	21
4.2.6.1 Huidige rekenregel	21
4.2.6.2 Evaluatie huidige rekenregel	22
4.2.6.3 Nieuwe rekenregel	24
4.2.7 Gebouwen	24
4.2.7.1 Huidige rekenregel	24

4.2.7.2	Evaluatie huidige rekenregel	24
4.2.7.3	Voorstel tot wijziging	25
4.2.8	Overige kleine obstakels en compensatie	26
4.2.8.1	Silo's	26
4.2.8.2	Muren	26
4.2.8.3	Afdakjes voor houtopslag	26
4.2.8.4	Opvulling van slenken en kleine oneffenheden	26
4.2.8.5	Compensatie	27
5.	BERGEND WINTERBED	28
6.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	29
7.	LITERATUUR	30
BIJLAGEN:		
I	Ontwikkelingsmemo	
II	Instructies gebruik KleObs	

SAMENVATTING

Gedurende het ontwikkeltraject voor het nieuwe KleObs is in fase 1 een uitgebreide analyse uitgevoerd van zowel de hydraulische criteria waarop het huidige toetsingsinstrument is gebaseerd als de beoordelingsstructuur en de ervaringen van de gebruikers. De wijzigingen zijn uiteindelijk opgenomen in het nieuwe computerprogramma en de bijbehorende instructiekaarten (fase 2).

Voorstellen tot wijzigingen hadden zowel betrekking op de hydraulische juistheid van formuleringen (een aantal formules bleken foutief overgenomen te zijn of niet juist in de spreadsheet te zijn verwerkt en soms bleken formules te kunnen worden verbeterd) als wel op het aansluiten op het niveau van de gebruikers. De eis dat het ook een praktisch bruikbaar programma moet zijn, waar ook een niet-rivierkundig expert op verantwoorde wijze van het programma gebruik moet kunnen maken, heeft hierin zwaar meegewogen, alsmede de aansluiting op de beleidslijn Ruimte voor de Rivier. Ook de perceelsgerichte benadering is vastgehouden. Onderlinge beïnvloeding van (objecten op) percelen is, hoewel hydraulisch wenselijk, eenvoudigheidshalve niet meegenomen.

Voor wat betreft de beïnvloeding van objecten binnen de perceelsgrenzen geldt dat in het nieuwe KleObs ieder object op zijn eigen merites wordt beoordeeld. Zo heeft een muurtje in de stroomschaduw van een schuur in de beoordeling niet langer het hydraulisch voordeel van haar ligging. Dit is ook een veilige aanpak omdat bij afbraak van het schuurtje geen hydraulisch ongewenste situaties kunnen ontstaan.

In het huidige KleObs werd door de beperkingen van het spreadsheet beoordelingsinstrument de gebruiker regelmatig gedwongen tot het interpreteren van hydraulische aspecten, hetgeen de eenduidigheid van de beoordeling niet ten goede kwam. Door enerzijds het nieuwe computerprogramma zodanig in te richten dat er meer mogelijkheden zijn om de werkelijkheid te benaderen en door anderzijds de instructies omtrent de hydraulische werking te verbeteren is een grotere eenduidigheid betracht. Hierbij zijn ook de door DLB geïnterviewde gebruikerservaringen meegenomen.

Met de hier doorgevoerde wijzigingen is een duidelijke verbetering ten opzichte van het huidige KleObs bewerkstelligd. Het is echter van belang te onderkennen dat in de dagelijkse praktijk van het beoordelen van vergunningen er altijd (lokaal) complexe situaties aanwezig zullen zijn die door rivierkundige experts beoordeeld zullen moeten worden. Dit is met name van toepassing op percelen die grote hoogteverschillen hebben of in situaties waar een sterk divergent stroombeeld bestaat. Dergelijke aspecten zijn voor zover mogelijk opgenomen in de instructiekaarten. In een aantal gevallen wordt doorverwezen naar de experts.

1. INLEIDING

1.1 Algemeen

Als beheerder van het winterbed van de rivier heeft Rijkswaterstaat een aantal taken en plichten in het kader van de Wet beheer Rijkswaterstaatswerken (Wbr; vh. Rivierenwet). Toetsing aan de Wbr volgens de beleidslijn Ruimte voor de Rivier geschiedt sinds april 1996. Opdrachtgever Directie Limburg (DLB) is in deze het bevoegd gezag.

De beleidslijn Ruimte voor de Rivier is van toepassing op alle nieuwe en uitbreidingen van bestaande activiteiten in het winterbed (dat deel van de rivier dat bij waterstand met een herhalingsfrequentie van 1:1.250 jaar onderloopt). Toetsing geschiedt voor de grotere ingrepen met behulp van een twee-dimensionaal rekenmodel, WAQUA, getoetst aan een maximaal toegestane opstuwing in de as van de rivier. Teneinde de leefbaarheid van het winterbed te garanderen is een ondergrens gesteld aan de omvang van objecten die getoetst worden aan de beleidslijn.

Deze ondergrens is dat objecten korter dan 250 m¹ en met een volume kleiner dan 50 m³ vallen onder kleine ingrepen. Kleine objecten behoeven niet getoetst te worden aan de beleidslijn-criteria maar worden getoetst op hun hydraulische eigenschappen zoals de berging en ruwheid.

Voor het toetsen van kleine obstakels heeft DLB de methode "KLEine OBStakels", ofwel KleObs ontwikkeld. In deze methodiek is per riviertraject een quotum vastgesteld dat gebruikt mag worden door kleine ingrepen. Afhankelijk van de rivierkundige locatie (zomerbed; stroomvoerend winterbed; bergend winterbed) wordt getoetst op respectievelijk opstuwing ten opzichte van derden, verruwing en bergingsverlies. Bij deze toetsing maakt DLB gebruik van een spreadsheets waarin de aan deze toetsing ten grondslag liggende hydraulische vergelijkingen zijn verwerkt.

De hydraulische vergelijkingen zijn afkomstig uit literatuur en uit laboratorium-onderzoeken en sluiten volgens DLB onvoldoende aan op de praktijksituatie. Daarnaast is de eenduidigheid van het toetsingsinstrument onvoldoende eenduidig in relatie tot de gebruiker. Rijkswater staat Directie Limburg heeft daarom HASKONING gevraagd om het bestaande toetsingsinstrument te evalueren en daar waar mogelijk te verbeteren.

Om aan deze opdracht invulling te kunnen geven is HASKONING de samenwerking aangegaan met Meander Advies en Onderzoek en IKM – Engineering.

De technisch-inhoudelijke evaluatie is verricht door dhr. Ir. D. Meijer (Meander Advies) en dhr. Ir. G.J. Akkerman (HASKONING) die tevens als kwaliteitsfunctionaris is opgetreden. Het bouwen van de software-applicatie is uitgevoerd door dhr. Drs. J.P.W.T. Kelderman van IKM – Engineering. Dhr. M.A. van Heereveld M.Sc.(Eng.) van HASKONING is opgetreden als projectleider. De projectbegelei-

ding vanuit DLB werd verzorgd door mevr. Drs. A. van Ankum en dhr. Ir. A. Jansen.

1.2 Doel

Het doel van dit project is het ontwikkelen van een computerprogramma ter vervanging van het huidige KleObs toetsingsinstrument. Daarbij dient gebruik gemaakt te worden van de meest recente ontwikkelingen op hydraulisch gebied en zal de aansluiting op de praktijk, waar mogelijk, verbeterd moeten worden.

1.3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

Voor dit project gelden als uitgangspunten en randvoorwaarden dat:

1. de aansluiting met de praktijk verbeterd zal worden (waar mogelijk);
2. er beter aangesloten moet worden op het gebruikersniveau;
3. de applicatie onderhoudsarm wordt moet worden opgeleverd;
4. er geen trendbreuk met het huidige KleObs wordt gepleegd;
5. de eenduidigheid van het eindoordeel wordt verbeterd.

1.4 Aanpak

In de periode van januari tot en met april 2001 heeft een inhoudelijke evaluatie plaatsgevonden, voor zowel de hydraulische kant als de bestuurlijke kant van het beoordelen (fase 1 cf. de oorspronkelijke offerte). Tijdens een vijftal besprekingen is inzicht verkregen in de werkwijze van de beoordelaars en de aansluiting van het toetsingsinstrumentarium hierop. Daarnaast is steeds getracht om de (te evalueren / op te stellen) hydraulische criteria zo nauw mogelijk te laten aansluiten op de praktijksituatie. Deze fase heeft geleid tot een memo welke gedurende de evaluatie is uitgegroeid tot een beslisdocument voor de verdere ontwikkeling in fase 2 waarin de (nieuwe) criteria worden geïmplementeerd in een computerprogramma. Voornoemde memo is bijgevoegd in bijlage I.

In het beslisdocument zijn aanbevelingen gedaan ten aanzien van de hydraulische formulering van de beoordelingscriteria, welke in de ontwikkeling van het computerprogramma KleObs zijn verwerkt. De uiteindelijk verwerkte vergelijkingen worden in dit document verantwoord. Het nieuwe KleObs programma is gelijktijdig opgeleverd met deze eindrapportage.

Een onderdeel van het project zijn de "instructiekaarten" die per beoordelingscriterium zijn opgesteld. Deze dienen ter bevordering van de eenduidigheid van KleObs. Desondanks kan het zijn dat in de praktijk nog situaties voorkomen die niet in dit document of niet in de hydraulische rekenregels zijn opgenomen: een expert zal dan uitsluitel moeten geven.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een korte beschrijving gegeven van de huidige werkwijze. Bij het beoordelen van kleine objecten wordt onderscheid gemaakt naar de loca-

tie van het onderhavige object ten opzichte van de rivier. Achtereenvolgens worden behandeld:

- het zomerbed (hoofdstuk 3);
- het stroomvoerend winterbed (hoofdstuk 4);
- het bergend winterbed (hoofdstuk 5).

Aanbevelingen en conclusies worden gedaan in hoofdstuk 6.

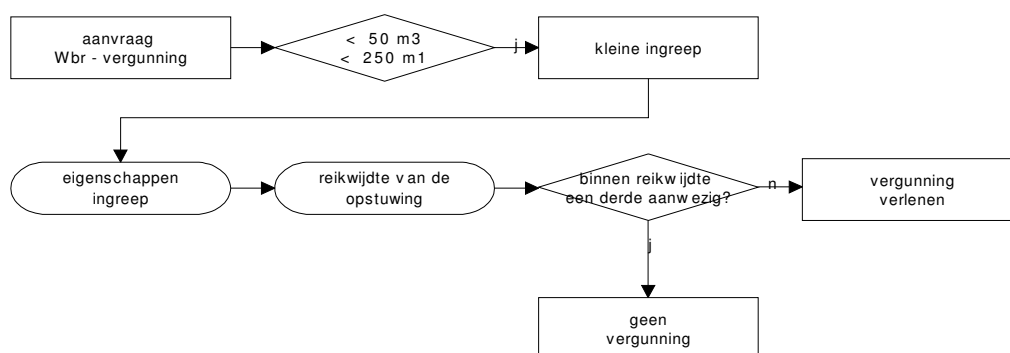
2. BESCHRIJVING BESTAANDE KLEOBS

2.1 Algemeen

Zoals reeds genoemd in de inleiding wordt er binnen de Wbr-vergunning onderscheid gemaakt naar kleine ingrepen en naar grote ingrepen. Indien de ingreep een activiteit betreft waarvan het volume kleiner is dan 50 m^3 of het een object betreft dat korter is dan 250 m^1 , dan wordt de ingreep geclassificeerd als een kleine ingreep en is KleObs van toepassing. Ingrepen die niet als kleine ingreep geclassificeerd zijn worden getoetst aan de beleidslijn.

Voor kleine objecten wordt voor de verdere beoordeling van de kleine ingreep onderscheid gemaakt naar de locatie binnen het winterbed van de rivier: het zomerbed; het stroomvoerend winterbed; het bergend winterbed.

Indien een kleine ingreep gepleegd wordt in het zomerbed geldt de volgende beoordelingsstructuur:

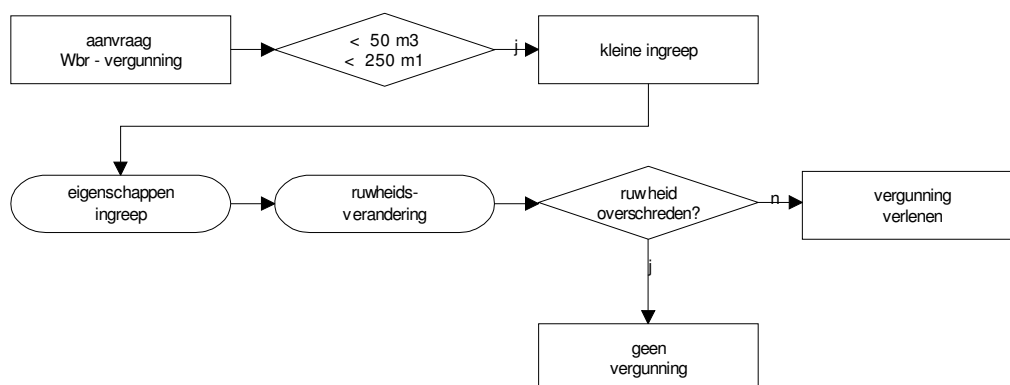


Figuur 2.1 Beoordelingsstructuur kleine ingrepen zomerbed (offerte-aanvraag; bijlage 1, 2000)

Op basis van de eigenschappen van de ingreep wordt de reikwijdte van de opstuwng bepaald. Indien zich binnen deze zone van opstuwng een derde bevindt dan kan door de ingreep schade aan derden ontstaan en wordt een vergunning geweigerd. Dit zal in de meeste gevallen betekenen dat de invloedszone niet tot voorbij een bovenstroomse perceelsgrens mag reiken. Een uitzondering hierop zijn woonboten, die ook als derde gezien worden.

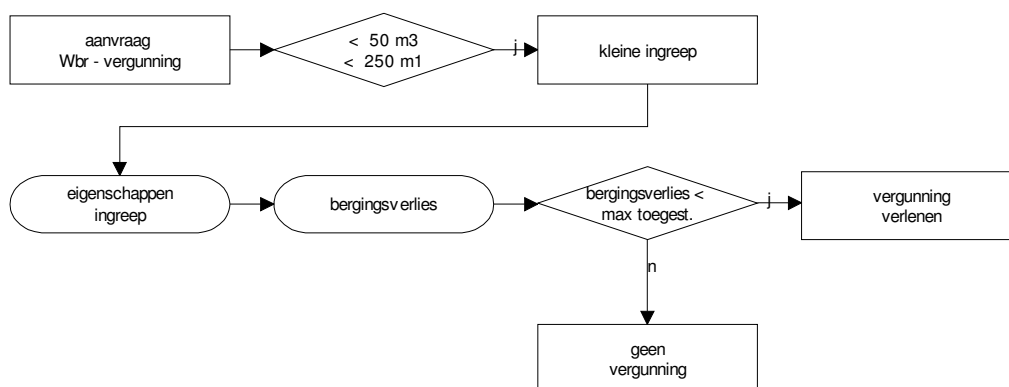
In het geval dat de beoogde ingreep zich in het stroomvoerend winterbed bevindt wordt de ingreep getoetst op ruwheidsverandering: per perceel geldt een ruwheidsquotum welke niet door de nieuwe activiteit of uitbreiding overschreden mag worden. Indien dit quotum overschreden wordt dan wordt een vergunning geweigerd. Indien dit niet het geval is zal vergunning worden verleend. In het stroomvoerend winterbed geldt een perceelsgerichte benadering waarbij uitsluitend wordt gekeken naar de toestand van het onderhavige perceel. Er wordt hier niet gekeken naar de toestand van aangrenzende percelen en de onderlinge be-

invloeding tussen (kleine) objecten op percelen. De beoordelingsstructuur is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2.2 Beoordelingsstructuur stroomvoerend winterbed (offerte-aanvraag; bijlage 1, 2000)

Tot slot wordt nog het bergend winterbed onderscheiden. In het bergend winterbed geldt een maximaal toegestaan bergingsverlies. Dit bergingsverlies is bepaald aan de hand van de maximale opstuwung over de gehele lengte van de rivier (5 centimeter, zie tevens hoofdstuk 3 en 4). Doordat over de gehele lengte maximaal 5 centimeter opstuwung mag optreden als gevolg van kleine ingrepen, mag het hierdoor toegestane extra bergingsvolume in het bergend deel van het winterbed niet tenietgedaan worden door een kleine ingreep aldaar. Indien aan deze voorwaarde kan worden voldaan wordt een vergunning afgegeven (zie figuur 2.3).



Figuur 2.3 Beoordelingsstructuur bergend winterbed (offerte-aanvraag; bijlage 1, 2000)

2.2 Huidig beoordelingsinstrument KleObs

De in het voorgaande beschreven beoordelingsstructuur is door DLB in een spreadsheet programma vastgelegd. In deze spreadsheet worden de toetsings- en beoordelingscriteria gekwantificeerd.

De gebruiker voert in deze spreadsheet (naast een aantal algemene zaken zoals de naam van de aanvrager) de locatie van het perceel in (in rivierkilometers). Aan de hand van de betrekkinglijn (1995) die in de spreadsheet is opgenomen wordt de lokale waterstand bepaald voor de verdere berekening.

Gebruikmakend van belijningskaarten stelt de gebruiker vast of de ingreep in het zomerbed, stroomvoerend winterbed of in het bergend winterbed plaats zal vinden. Verder wordt van de gebruiker verwacht dat hij op basis van kaarten de oppervlakte vaststelt (lengte perceel maal breedte perceel) en de relevante bodemhoogte.

Het is de bedoeling dat met het systeem een soort inventaris van een perceel wordt gemaakt. Immers, de ruwheid van het perceel bestaat niet alléén uit de beoogde ingreep. Als de gebruiker het perceel heeft ingericht in de spreadsheet volgt uit de berekening een eindoordeel of de ingreep toelaatbaar is of niet.

3. ZOMERBED

3.1 Beoordelingscriterium

Het beoordelingscriterium voor het al dan niet mogen realiseren van kleine objecten in het zomerbed is als volgt geformuleerd (Handleiding KleObs, datum onbekend):

- het invloedsgebied van het object mag niet reiken tot voorbij de bovenstroomse perceelsgrens;
- het object dient gunstig geplaatst te zijn t.o.v. de stroming;
- het object dient gunstig vormgegeven te worden.

Aan alle voornoemde criteria dient te worden voldaan. Opgemerkt wordt dat in de huidige situatie de twee laatste criteria subjectief zijn van aard: in de rekenregel (zie ook in de navolgende paragrafen) wordt hier geen rekening mee gehouden. Dit maakt dat de beslissing over het toestaan van de activiteit voor een deel navenant subjectief zal zijn, c.q. afhankelijk zal zijn van de beoordelaar(s).

3.2 Rekenregels

3.2.1 Huidige rekenregel

Het huidige beoordelingscriterium voor objecten in het zomerbed is dat de invloedslengte van het kleine object in het zomerbed niet voorbij een perceelsgrens in bovenstroomse richting of een derde partij mag reiken. Voor deze invloedslengte L wordt aangehouden:

$$L = 2 \cdot B \quad (3.1)$$

met, B de aangestroomde breedte van het object.

3.2.2 Evaluatie huidige rekenregel

De rekenregel voor objecten in het zomerbed is terug te voeren op het hydraulische concept van stroomloslating rond een aangestroomd object. Objecten die aan de hand van deze rekenregel getoetst worden zijn kleine steigers en drijvende objecten (woonboten; steigers) en pijlers.

Opmerkelijk is in die zin dat de invloedslengte alléén bepaald wordt aan de hand van de aangestroomde breedte van een object op de waterspiegel. De verstoring van het wateroppervlak die uiteindelijk binnen een invloedsgebied rond het object optreedt is namelijk evenzeer afhankelijk van de aangestroomde hoogte van het object onder water.

Waar de breedte groter is dan de hoogte van het object onder water zal met deze benadering geen probleem ontstaan; wanneer de hoogte onder water echter wel

groter is dan de breedte van het aangestroomde object is dit een onveilige benadering.

Doorgaans zal overlast voortvloeien uit een opstuwung; opstuwung is een maat die in de beleidslijn Ruimte voor de Rivier wordt gehanteerd. Echter, de invloed van een aangestroomd object is niet alleen in bovenstroomse richting merkbaar (opstuwung) maar ook naar de zijkant(en) en achterzijde van het object.

Gebleken is ook tijdens de gesprekken met RWS-DLB dat bij twee tegenover elkaar liggende percelen, dus aan weerszijden van de rivier, de invloedzone beperkt dient te worden tot aan de as van de rivier. Dit impliceert dat er naast een invloedsgedebied boven- en benedenstrooms van het object ook een invloedsgedebied dwars op de as van de rivier gedefinieerd zou moeten worden.

Voorts wordt opgemerkt dat de formule geen rekening houdt met de vorm en de locatie van het object. In de beoordeling van objecten in het zomerbed wordt echter wel gesproken over een gunstige vorm en ligging van het object: voor steigers wordt in het huidige KleObs zelfs de factor β gegeven voor de verschillende pijlervormen. Hydraulisch gezien is het ook wenselijk om de ligging en vorm in ogenschouw te nemen. Het oordeel over de vorm en ligging wordt nu echter aan de gebruiker overgelaten.

Ook is de rekenregel in combinatie met de toetsingscriteria niet beperkend. Dit wil zeggen dat in theorie dus de mogelijkheid bestaat dat de perceelseigenaar van een zeer langgerekt perceel op het meest benedenstroomse punt ervan een steiger mag bouwen die een grote breedte loodrecht op de stroomrichting heeft en dwars op de stroomrichting tot aan of zelfs voorbij de as van de rivier reikt. Dit is bepaaldelijk geen klein object meer waarbij het hoofdstroombeeld niet verstoord zal worden. Het beoordelingsraamwerk is in die zin niet toereikend genoeg om paal en perk te stellen aan dergelijke activiteiten.

3.2.3 Nieuw beoordelingscriterium

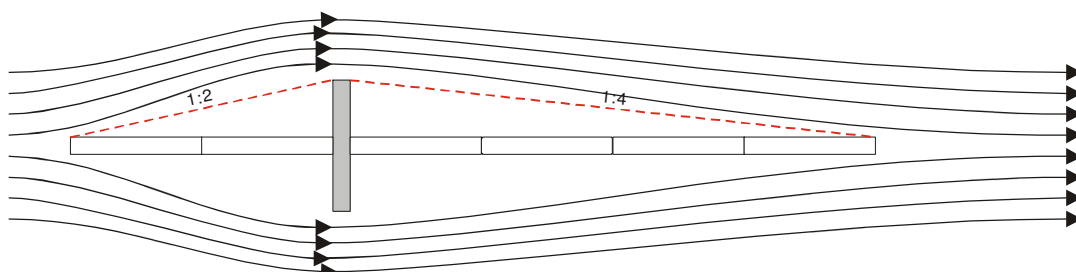
Tijdens de evaluatie zijn een tweetal mogelijke wijzen van toetsing/beoordeling naar voren gekomen, te weten:

- a) definiëren van een hydraulisch nauwkeurige benadering en een nieuw toetsingscriterium (sleepkrachtbenadering);
- b) vasthouden aan het principe van een invloedzone.

Tijdens de evaluatie is gekozen voor de laatste optie (b). Deze wordt in het navolgende beschreven. Voor wat betreft de methodiek bij de sleepkrachtbenadering (a) wordt verwezen naar het beslisdocument (bijlage I).

Zoals in de evaluatie van het huidige toetsingsinstrumentarium voor het zomerbed al is aangegeven is het criterium of een activiteit al dan niet toegestaan wordt niet beperkend voor de grootte van het object. Een groot object in het zomerbed van de rivier is een object dat het hoofdstroombeeld verstoord, hetgeen als een extra criterium meegenomen zou kunnen worden in de beoordeling van steigers zodat alleen kleine steigers in KleObs worden beoordeeld.

Hydraulisch gezien zal een verstoring in het oppervlak van een aangestroomd object, bijvoorbeeld een vierkante plaat, in de stroomrichting 2 maal de aangestroomde hoogte c.q. breedte naar bovenstrooms optreden in de vorm van opstuwing (zie onderstaande figuur).



Figuur 3.1 Verstoring naar boven- en benedenstrooms van aangestroomd oppervlak

Ter plaatse van de randen van het aangestroomde oppervlak zal de stroom loslaten: achter de plaat ontstaat een loslatingsgebied en in het menglaaggebied tussen de hoofdstroom en de neer zal door afname in het doorstroomoppervlak een toename in snelheid plaatsvinden en dus een waterstandsval. Immers, de snelheidshoogte neemt kwadratisch met de snelheid toe. Deze waterstandsval treedt op over het gebied totdat het ongestoorde doorstroomoppervlak zich weer gevormd heeft. Met een hoogte B en het loslaten van de stroming achter de plaat onder een hoek van $1:6$ à $1:8$ zal dit op een maximale afstand van $4B$ ($\frac{1}{2}B * 8$) ten opzichte van de voorzijde van de plaat gebeuren.

Een steiger zal echter, in tegenstelling tot de vierkante plaat in het voorbeeld, in de stroomrichting een grote lengte hebben. Bij benadering zal de lengte van het benedenstroomse invloedsgebied toenemen met deze lengte (zie onder).

Aldus wordt het mogelijk om, uitgaande van de grootste aangestroomde hoogte/diepgang of breedte, eventueel vermeerderd met de lengte van het object in bovenaanzicht een invloedsgebied om het object aan te geven.

Indien dit invloedsgebied niet reikt tot:

- voorbij de perceelsgrenzen;
- voorbij de as van de rivier;
- aan een drijvend object van een (of meerdere) derde(n).

en als het object niet zodanig groot is dat het (hoofd)stroombeeld verstoord wordt, dan mag een vergunning worden toegekend.

De meeste steigers die door particuliere eigenaren worden aangevraagd zullen aan deze laatste eis wel voldoen. Grote steigers zullen veel eerder in de vergunningsprocedure worden afgevangen en getoetst worden aan de beleidslijn (WAQUA – berekeningen).

4. STROOMVOEREND WINTERBED

Toetsing van kleine objecten in het stroomvoerend winterbed geschiedt op basis van een toename in de hydraulische ruwheid van een perceel.

4.1 Beoordelingscriterium

4.1.1 Huidige beoordelingscriterium

Het beoordelingscriterium berust op een maximale toename in hydraulische ruwheid. Op basis van ZWENDL berekeningen (een één-dimensionaal rekenmodel voor waterbeweging) is bepaald wat de maximale ruwheid zou mogen zijn om een toename in waterstand te krijgen van 5 centimeter over de gehele lengte van de rivier. Deze 5 centimeter is gereserveerd voor kleine objecten in het stroomvoerend winterbed. Onderscheid wordt steeds gemaakt naar rivierdeel (RWS-DLB, 1999):

traject	kilometer	huidige ruwheid [m]	grenswaarde ruwheid [m]
Grensmaas	0 tot 65	0,35	0,40
Maasplassen	65 tot 90	0,35	0,40
Noordelijke Maas	90 tot 160	0,35	0,40
Bedijkte Maas	160 tot 225	0,30	0,35

Tabel 4.1 Ruwheid stroomvoerend winterbed in k-Nikuradse [m]

Het beoordelingscriterium is dat deze grenswaarde van ruwheid niet overschreden mag worden. De ruwheid wordt bepaald aan de hand onderstaande Chézy-formule:

$$C = 18 \log \left(\frac{12h}{k} \right) \quad (4.1)$$

Waarin: h, de waterdiepte in meters; k, de Nikuradse-ruwheid in meters; C de Chézy-ruwheid in m^{1/2}/s.

Deze formule wordt zowel gebruikt om de huidige ruwheid te bepalen als de grenswaarde, met als enig verschil de ruwheidswaarde (zie tabel 4.1) en is afhankelijk van de locatie van het perceel.

De ruwheid van het perceel bestaat uit losse "ruwheidselementen" die bij elkaar opgeteld worden om te komen tot een perceelsruwheid door middel van formule 4.2. De rekenregels voor de afzonderlijke ruwheidselementen worden in hoofdstuk 4.2 besproken.

$$\frac{1}{C_{perceel}^2} = \sum_n \frac{1}{C_i^2} \quad (4.2)$$

In het huidige KleObs is het mogelijk om de volgende ruwheidselementen in te voeren:

- gras;
- gebouwen op palen / bomen;
- hekken;
- heggen;
- gebouwen / dassenterpen en ophogingen;
- riet en biezen.

4.1.2 Evaluatie bestaand beoordelingscriterium

Het eerste wat opvalt aan dit beoordelingscriterium is dat de ruwheidsruimte bepaald is op basis van de ZWENDL berekeningen met een gemiddelde ruwheid per riviervak (grijze lijn, figuur 4.2a). Dit geschematiseerde riviervak is groter dan de afzonderlijke percelen, terwijl er in de beoordeling juist uitgegaan wordt van een ruwheidsquotum per perceel (zie figuur 4.2b).

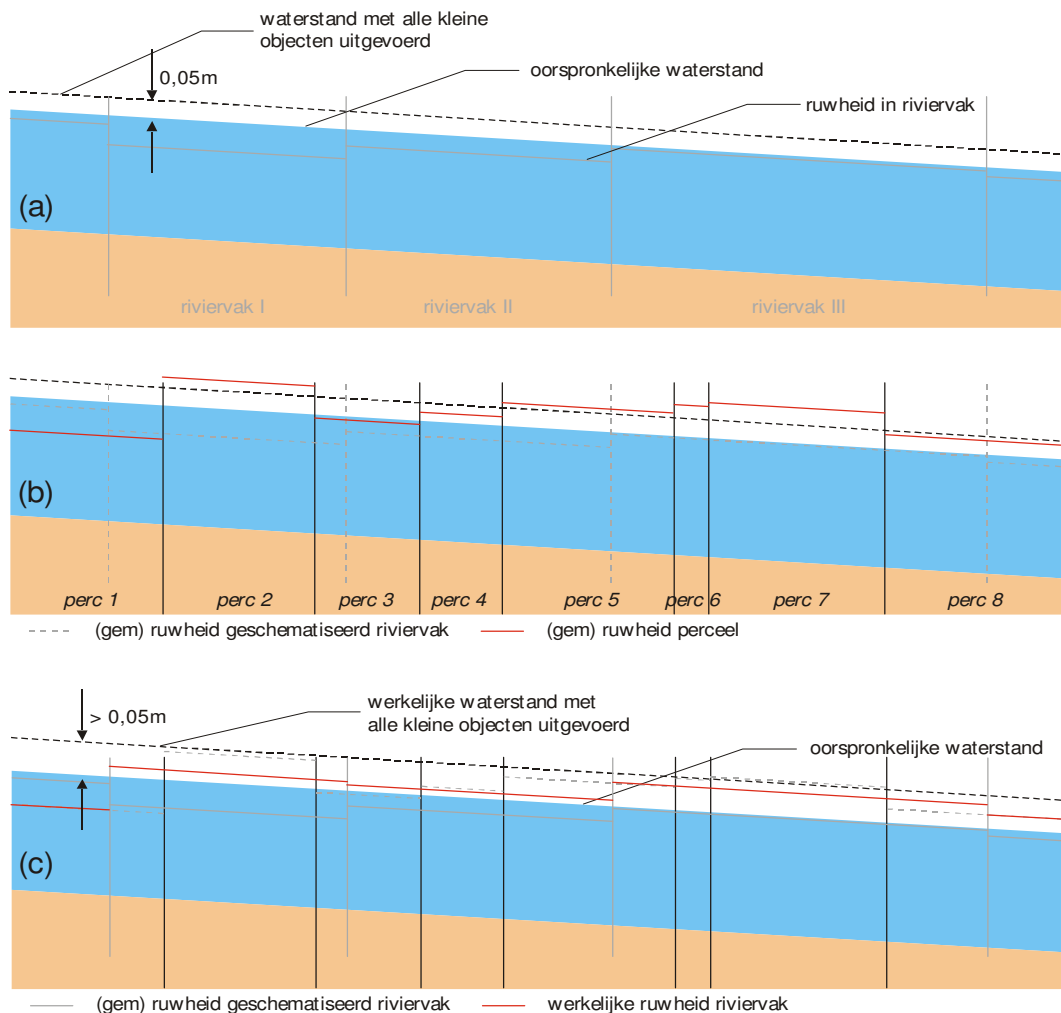
Deze ZWENDL schematisatie als uitgangspunt heeft als consequentie dat een perceelsruwheid nooit zal stroken met de gemiddelde waarde in de schematisatie. Een perceel kan dus òf veel ruwer, òf minder ruw zijn (rode lijn, figuur 4.2b). Echter, het beoordelingscriterium impliceert dat aan een in de huidige situatie ruw perceel een even groot ruwheidsquotum toegekend wordt dan aan een (naastgelegen) veel minder ruw perceel binnen hetzelfde geschematiseerde riviervak.

De bedoeling van het ruwheidsquotum is dat alle kleine objecten over de gehele lengte van de rivier niet meer dan 5 centimeter opstuwing veroorzaken (zwarte lijn, figuur 4.2a). Omdat de werkelijke ruwheid dus lokaal hoger kan zijn kan dus, indien alle perceelseigenaren hun ruwheidsquotum maximaal zouden gebruiken, de opstuwing méér dan de aangenomen 5 cm over de gehele lengte van de rivier bedragen. In die zin is dit een onveilige benadering. Dit principe is weergegeven in figuur 4.2.

Verder zijn kleine objecten pas sinds 1995 vergunningsplichtig; het ruwheidsquotum is gebaseerd op de destijds beschikbare stand van zaken van modellering en de gegevens. Op het moment van vergunningsplichtig verklaren zal er dus altijd sprake zijn van een "harde" grens die ergens gesteld moet worden en vanaf dat tijdstip ook rechtsgeldig wordt. Dit is in feite een fundamentele keuze die destijds gemaakt is; dit uitgangspunt wijzigen levert onmiddellijk rechtsongelijkheid op, zoals dat ook in april 1995 eigenlijk gebeurde toen men van de een op de andere dag ineens niet meer zonder vergunning een hek of vissteiger mocht plaatsen.

Opvallend is dat bij het huidige beoordelingscriterium echte ruwheden (afhankelijk van een horizontaal oppervlak, zoals de diverse grassoorten, begroeiingen en dergelijke) zonder meer worden opgeteld bij fictieve ruwheden (zoals hekken en schuren) die geen hydraulische oppervlakteruwheid kennen. Dit ongewogen optellen kan betekenen dat het effect van een afheining, relatief zwaar doortelt ten opzichte van het in doorgaans veel meer van invloed zijnde gras. Een eerlijkere

benadering zou zijn het wegen van de diverse ruwheidselementen, naar hun omvang ten opzichte van het perceel.



Figuur 4.2 Consequenties detailniveau ijkingsmodel

Een praktische tekortkoming van het KleObs-spreadsheet is nog dat een ruwheidsitem maar éénmaal mag voorkomen: indien er dus sprake zou zijn van een perceel dat voor de helft uit productiegas bestaat en voor de andere helft natuurlijk uiterwaarden-grasland, dan wordt de gebruiker gedwongen om een beslissing te nemen welke grassoort hij of zij in het model gaat invoeren. Dit maakt dat het besluit niet eenduidig kan zijn, daar iedere gebruiker een perceel uiteindelijk maar uit één soort gras, één soort riet etc, kan laten bestaan en hij of zij dus een beslissing moet nemen over de wijze waarop het gras geschematiseerd wordt gebracht.

4.1.3 Wijziging beoordelingscriterium

In voorgaande paragraaf zijn een tweetal belangrijke punten naar voren gekomen: de wijze waarop het ruwheidsquotum is vastgesteld en de wijze waarop de totale ruwheid van een perceel wordt bepaald.

Het eerste punt is eigenlijk een fundamenteel uitgangspunt dat ooit is vastgesteld. Een mogelijke wijziging zou kunnen zijn om op basis van WAQUA berekeningen een nieuwe referentieruwheid vast te stellen met gedetailleerdere schematisatie (ruwheid per perceel in plaats van per riviervak). Dit is echter een zeer grote ingreep die niet zonder meer uit te voeren is; ook dán zal er tussen het vaststellen van de referentiesituatie en de werkelijke ruwheid nog een verschil zijn, alhoewel kleiner. Het bezwaar dat er eigenlijk uiteindelijk meer dan de beoogde 5 cm opstuwung over de gehele lengte van de rivier zou kunnen ontstaan blijft dus overeind. Wellicht is het wel interessant om de voortgang te monitoren om te zien of de eisen van maximaal 5 cm niet bijgesteld moet worden, dit eventueel in combinatie met de ontwikkelingen in het kader van de toekomstige rivierverruiming.

De door ons voorgestelde wijze voor de bepaling van de totale ruwheid van een perceel in het nieuwe KleObs is gegeven in formule 4.3. Wij gaan hierbij uit van een gewogen perceelsruwheid waarin de werkelijke hydraulische ruwheden (aan oppervlakte gebonden), afzonderlijk van de fictieve hydraulische ruwheden (afheiningen; kleine schuren e.d.) met elkaar worden gecombineerd om te komen tot een totale perceelsruwheid. Dit kan volgens de volgende formule:

$$\frac{A_{tot}}{C_{tot}^2} = \sum_n \frac{A_i}{C_i^2} + \sum_n \frac{C_D \cdot A_{obj}}{2g} \quad (4.3)$$

Hierin is: A_{tot} , de totale oppervlakte van het perceel in m^2 ;
 C_{tot} , de totale samengestelde ruwheid van het perceel in $m^{1/2}/s$;
 A_i , het deelopervlak van de oppervlakte elementen in m^2 ;
 C_i , de ruwheid van een afzonderlijke oppervlakte element in $m^{1/2}/s$;
 C_d , de sleepkrachtcoëfficiënt van een object [-];
 A_{obj} , het aangestroomde oppervlak van een object in m^2 ;
 g , de zwaartekrachtsversnelling in m^2/s .

Bovengenoemde sommatie stelt de gebruiker in staat om, wanneer verwerkt in het computerprogramma KleObs, ook meerdere soorten gras of riet en biezten of hekken in te voeren. Dit zal de eenduidigheid sterk bevorderen omdat de gebruiker nu geen aannamen hoeft te doen (zie 4.1.2).

4.2 Toetsingscriteria

In het huidige KleObs worden de volgende elementen binnen een perceel onderscheiden (ieder element kan meer dan één keer voor komen):

- gras;
- riet en biezen;
- hekken en afheiningen;
- heggen;
- gebouwen op palen en bomen;
- gebouwen.

Hieraan wordt voor het nieuwe KleObs de mogelijkheid toegevoegd om een nat oppervlak onderdeel uit te laten maken van de indeling van een perceel. Het aanleggen van een (kleine) plas is niet aan vergunningsplicht onderhevig, echter het maakt wel deel uit van de perceelsruwheid die door toevoeging van dit element in KleObs nauwkeuriger kan worden vastgesteld.

4.2.1 Gras

4.2.1.1 Huidige rekenregel

In huidige KleObs wordt de oppervlakteruwheid van gras uitgedrukt volgens de algemene Chézy-formule, met daar in de k-Nikuradse ruwheidshoogte voor gras:

$$C_{gras} = 18 \log \left(\frac{12h_w}{k_{gras}} \right) \quad (4.4)$$

Onderscheid wordt gemaakt naar drie typen gras, weergegeven in onderstaande tabel:

grastype	graslengte [m]	Nikuradse ruwheid [m]
productiegrasland	0,10	0,20
natuurlijke uiterwaarden grasland	0,20	0,35
stroomdal grasland	0,45	1,00

Tabel 4.2 Nikuradse ruwheid per grassoort

4.2.1.2 Evaluatie huidige rekenregel

Dit is een hydraulisch juiste wijze van berekenen van de ruwheid van gras; in het huidige KleObs wordt deze ongewogen opgeteld bij de overige aanwezige elementen in het perceel.

4.2.1.3 Wijziging rekenregel

De rekenregel op zich blijft gehandhaafd; echter, de ruwheid van een perceeldeel met gras wordt in het nieuwe KleObs gewogen opgeteld bij de overige ruwheden zoals beschreven in 4.1.3.

4.2.2 Riet en biezén

4.2.2.1 Huidige rekenregel

De ruwheid van riet en biezén wordt in het huidige KleObs berekend volgens de onderstaande theoretisch afgeleide relatie. Deze ruwheid betreft een hydraulische oppervlakteruwheid die in het huidige KleObs niet als zodanig gewogen wordt meegenomen bij het vaststellen van de perceelsruwheid.

$$C_{rb} = \frac{1}{h^{\frac{3}{2}}} \cdot \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{\sqrt{2} \cdot A} \cdot \left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2}} + u_{v0}^2} - \sqrt{C_3 + u_{v0}^2} \right) + \\ \frac{u_{v0}}{\sqrt{2} \cdot A} \cdot \ln \left(\frac{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} - u_{v0} \right) \cdot \left(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} + u_{v0} \right)}{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} + u_{v0} \right) \cdot \left(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} - u_{v0} \right)} \right) + \\ \frac{\sqrt{g \cdot (h - (H - a))}}{K} \cdot \left((h - (H - a)) \cdot \ln \left(\frac{h - (H - a)}{z_0} \right) - a \cdot \ln \left(\frac{a}{z_0} \right) - (h - H) \right) \end{array} \right\} \quad (4.5)$$

Voor de deelparameters in deze relatie wordt verwezen naar de bijlage. WAQUA – kromlijng maakt ook gebruik van deze schematisatiewijze. De ruwheid van riet en biezén is afhankelijk van de waterdiepte, h, en de hoogte van het riet, H, beide in meters. De formule is geldig voor overstroomd riet.

4.2.2.2 Evaluatie huidige rekenregel

Naslag in het rapport “Analytisch model hydraulische ruwheid van overstroomde moerasvegetatie” (HKV-Lijn in water, 1996), leert dat de formule zoals die in de KleObs – handleiding is overgenomen niet juist is overgenomen. Waar in de handleiding

$$\frac{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} - u_{v0} \right)}{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} + u_{v0} \right)} \quad (4.6)$$

staat, zou conform Van Urk

$$\frac{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} - u_{v0}\right)}{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} + u_{v0}\right)}$$

moeten staan om de ruwheid van riet en biezen juist te kunnen berekenen. Met deze correctie wordt de juiste formule voor riet en biezen:

$$C_{rb} = \frac{1}{h^{\frac{3}{2}}} \cdot \left\{ \begin{aligned} &\frac{2}{\sqrt{2 \cdot A}} \cdot \left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} - \sqrt{C_3 + u_{v0}^2}\right) + \\ &\frac{u_{v0}}{\sqrt{2 \cdot A}} \cdot \ln \left(\frac{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} - u_{v0}\right) \cdot \left(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} + u_{v0}\right)}{\left(\sqrt{C_3 \cdot e^{H \cdot \sqrt{2 \cdot A}} + u_{v0}^2} + u_{v0}\right) \cdot \left(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} - u_{v0}\right)} \right) + \\ &\frac{\sqrt{g \cdot (h - (H - a))}}{K} \cdot \left((h - (H - a)) \cdot \ln \left(\frac{h - (H - a)}{z_0} \right) - a \cdot \ln \left(\frac{a}{z_0} \right) - (h - H) \right) \end{aligned} \right\} \quad (4.8)$$

Verder valt op dat in de door DLB aangeleverde diskette met de KleObs – spreadsheet geen gebruik gemaakt wordt van de formules zoals die in de handleiding is weergegeven. In de spreadsheet wordt gebruik gemaakt van een vorm van de algemene ruwheidsnotatie (zie onder meer formule 4.4), waarin voor de ruwheidswaarde k, 80% van de hoogte van het riet wordt aangehouden.

De in de handleiding gegeven uitdrukking voor de ruwheid van riet en biezen lijkt, na correctie, hydraulisch gezien juist. In onderzoek van Meijer (1999) is een verfijning aangebracht en wordt onderscheid gemaakt tussen starre vegetatie en natuurlijk riet. Bij starre vegetatie geldt:

$$\alpha = 0,0144 \cdot \sqrt{h \cdot H} \quad (4.9)$$

Bij natuurlijk riet geldt:

$$\alpha = 0,0104 \cdot \sqrt{h \cdot H} \quad (4.10)$$

In het huidige KleObs wordt altijd uitgegaan van starre vegetatie.

Voorts wordt opgemerkt dat er in deze relatie van uitgegaan wordt dat het riet altijd overstromd is. Voor niet-overstromd riet geldt veeleer de sleepkrachtbenadering:

$$C_{rb;niet-overstr} = \sqrt{\frac{2g}{C_d \cdot m \cdot D \cdot a}} \quad (4.11)$$

Met:

C_d de sleepkrachtcoëfficiënt voor riet ($C_d=1$);

h de gemiddelde lokale waterdiepte in meters;

- d de gemiddelde stengeldiameter in meters;
m de vegetatiedichtheid m⁻²;

Voorgesteld wordt de formulering zoals die in de KleObs handleiding staat over te nemen met de correctie zoals in bovenstaande gegeven alsmede de twee aanvullingen betreffende het onderscheid tussen starre en natuurlijke vegetatie (overstroomde situatie) en het onderscheid tussen wel en niet overstroomd riet.

Evenals bij de overige hydraulische oppervlakteruwheden wordt in het vaststellen van de perceelsruwheid deze naar rato van het oppervlaktebeslag meegenomen.

4.2.3 Plas

Een perceel kan voor een deel uit water bestaan. In de huidige situatie is het niet mogelijk om dit bij het beoordelen van een vergunningsaanvraag in rekening te brengen: een oppervlak van het perceel zal in veel gevallen echter uit grote delen water kunnen bestaan. Het oude KleObs is hiervoor niet toereikend en de gebruiker wordt gedwongen een inschatting te maken van het hydraulisch effect van de aanwezigheid van een plas in het perceel. Dit zal geen eenduidig antwoord opleveren.

De ruwheid van een nat oppervlak is uit te drukken volgens de onderstaande algemene hydraulische ruwheidsnotatie:

$$C_{plas} = 18 \log \left(\frac{12h_w}{k_{plas}} \right) \quad (4.12)$$

Echter, de ruwheidswaarde, k-Nikuradse, is anders. Gebaseerd op recentelijk onderzoek (Meijer, 1999) is de Nikuradse ruwheid van een plas, k_{plas} , gelijk aan 0,05 meter.

Ook dit is een oppervlakteruwheid zodat het natte oppervlak van het perceel meegenomen dient te worden in het bepalen van de totale perceelsruwheid.

In overleg met opdrachtgever DLB is besloten deze rekenregel op te nemen in het nieuwe KleObs beoordelingsinstrument.

4.2.4 Hekken en afheiningen

4.2.4.1 Huidige rekenregel

In de huidige beoordeling wordt de aanwezigheid van een hek of afheiningen in rekening gebracht via de onderstaande vergelijkingen:

$$\frac{1}{C_{hek}^2} = \frac{C_{we} \cdot A}{2 \cdot g \cdot a} \quad (4.13)$$

$$C_{hek} = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot a}}{\sin \varphi} \cdot \frac{C_{we} \cdot A}{2 \cdot g \cdot a} \quad (4.14)$$

Vergelijking 4.13 is van toepassing wanneer de afheining of het hek loodrecht op de stroomrichting staat; indien het hek een hoek maakt met de stroomrichting dan wordt vergelijking 4.14 gebruikt.

In deze vergelijkingen wordt, ongeacht de hoek die het hek maakt met de stroomrichting, een sleepkrachtcoëfficiënt C_{we} gebruikt. Standaard wordt voor C_{we} een waarde van 1,2 [-] gebruikt. De parameter A is het aangestroomde oppervlak van de afheining per strekkende meter. Standaard wordt hiervoor een waarde van 0,5 m gebruikt, hetgeen inhoudt dat het doorstroomprofiel van het hek (in vooraanzicht bezien) voor 50 procent vol zit met drijfvuil. In feite wordt het object dus niet alleen gevormd door verticale paaltjes en horizontale draden, maar ook uit een deel "dichtgeslibt" oppervlak waarvan sprake zal zijn door meegevoerd vuil dat aan deze draden blijft hangen.

In beide vergelijkingen wordt de onderlinge afstand tussen afheiningen in de stroomrichting meegenomen via a in meters (zie onderstaande vergelijking). Op deze wijze wordt, wanneer het hek gebruikt wordt als een scheiding tussen percelen, een deel van de ruwheid van het hek toegeschreven aan het aangrenzende perceel. Dit strookt niet met de perceelsgerichte benadering van KleObs. Indien het hek niet als scheiding tussen percelen wordt gebruikt, wordt de verruwing door de aanwezigheid wel volledig op het perceel in rekening gebracht. Voor de onderlinge afstand tussen afheiningen geldt:

$$a = \frac{1}{2} \cdot L_1 + \frac{1}{2} \cdot L_2 \quad (4.15)$$

Voorts wordt volgens de KleObs-handleiding in de huidige situatie rekening gehouden met de mogelijkheid dat een hek niet over de volle breedte van een perceel aanwezig is. In dat geval wordt de ruwheid berekend volgens:

$$C_w = \frac{B_1}{B} C_{gras+hek} + \frac{B_2}{B} C_{gras} \quad (4.16)$$

Dit geeft een gewogen ruwheid voor het totale onderhavige perceel: eerst wordt voor het perceeldeel met bijvoorbeeld gras en een hek de ruwheid berekend ($C_{\text{gras+hek}}$) en vervolgens opgeteld bij de ruwheid van het gras deel (C_{gras}). Weging is per lengte hek (B_i) ten opzichte van de totale breedte van het perceel (B). C_w zou vervolgens meegenomen in de ruwheid van het perceel (vergelijking 4.16), echter, in de aangeleverde spreadsheet is deze weging niet aangetroffen. Verder is het feit dat er in formule 4.16 van uit gegaan wordt dat er altijd van gras aanwezig is minder flexibel.

4.2.4.2 Evaluatie huidige rekenregel

Vanuit hydraulisch oogpunt is de huidige rekenmethode een goede manier om de weerstand van een afheining te bepalen, met de kanttekening die gemaakt is bij hekken die niet over de volle breedte van een perceel staan. De bezwaren tegen deze formulering zijn dan ook niet zozeer van theoretische aard maar van een meer praktische aard: de gebruiker wordt geacht de hoek tussen de stroomrichting en het aangestroomde hek te bepalen. Om de stroomrichting te bepalen wordt volgens DLB gebruik gemaakt van de resultaten van het tweedimensionale rekenmodel WAQUA. Op deze plot zal doorgaans meer dan één snelheidsvector zijn weergegeven zodat de gebruiker, alvorens de hoek van het hek met de stroomrichting te bepalen, een representatieve stroomrichting moet vaststellen. Deze methode wordt ook door de gebruikers als omslachtig / onduidelijk ervaren (van Ankum / Janssen, 1999) en komt de eenduidigheid van KleObs niet ten goede.

Het lijkt terecht om de verruwing van een perceel ten gevolge van een perceelscheiding niet volledig aan één perceel toe te rekenen. Een eerlijke verdeling wordt betracht door de onderlinge afstand a te introduceren. Deze methode kent echter een tweetal praktische bezwaren door:

- de vorm van een perceel;
- het aantal aangrenzende percelen.

De vorm van de percelen waartussen de onderlinge afstand te bepalen is kan het moeilijk maken om op eenduidige wijze de onderlinge afstand tussen de percelen vast te stellen. Daarbij geldt dat dit een aantal keren voor kan komen, bijvoorbeeld wanneer het onderhavige perceel vele malen groter is en aan drie kleinere percelen grenst. Op zich is het dan nog mogelijk om de ruwheid van het onderhavige perceel te bepalen, maar formeel gezien zou de andere helft van de ruwheid die de afheining veroorzaakt ook aan de aangrenzende percelen moeten worden toegekend. Met andere woorden, de aanvrager van een vergunning voor een afheining wordt voor 50% belast met de verruwing, terwijl de buurman van het aangrenzende perceel niet extra belast wordt.

Belangrijk is hierbij overigens dat een hek dat met KleObs beoordeeld wordt kleiner moet zijn dan 250 meter lengte. Met name waar een hek dient als perceelscheiding zal doorgaans al snel sprake zijn van een grotere lengte zodat de voornoemde situatie niet snel voor zal komen. Daarbij is binnen het beoordelen van kleine objecten gekozen voor een perceelsgerichte benadering: er wordt dus niet gekeken naar de situatie op het aangrenzende perceel en de resterende

50% van de verruwing wordt niet geregistreerd op dit aangrenzende perceel en “verdwijnt” dus feitelijk.

Met name dit laatste zal, alhoewel het om kleine lengtes hekken gaat, kunnen leiden tot ongeregistreeerde en dus onveilige verruwing van percelen.

4.2.4.3 Nieuwe rekenregel

Hydraulisch gezien is er geen reden tot wijziging, anders dan het wegeven van een hek als een lijnelement ten opzichte van werkelijke oppervlakte ruwheid (zie sub-paragraaf 4.1.3).

Om er voor te zorgen dat er geen ruwheid “verdwijnt” doordat slechts een deel van de ruwheid van een hek op het onderhavige perceel in rekening wordt gebracht, zonder dat de resterende ruwheid op een of meerdere aangrenzende percelen wordt verdisconteerd, stellen wij voor om de volledige ruwheid op het perceel van de aanvrager in rekening te brengen.

Vanuit praktisch oogpunt lijkt het meer wenselijk om de te spreken van een aangestroomde lengte van een hek. Zodoende kan het afleiden van de hoek tussen de stroomrichting en het hek achterwege blijven. Dit is voor wat betreft de eenduidigheid een nauwkeuriger benadering: in plaats van de hoek van alle op het perceel aanwezige hekken met een stroomrichting te bepalen kan nu in een keer van ieder hek een lengte worden bepaald: dit zal tot meer eenduidigheid leiden dan wanneer de gebruiker uit de vectorplot van WAQUA een representatieve stroomrichting moet bepalen en vervolgens steeds de hoek tussen het hek en de stroomrichting.

4.2.5 Heggen

4.2.5.1 Huidige rekenregel

Het berekenen van de ruwheid van heggen geschied op soortgelijke wijze als die van hekken en afheiningen (zie sub-paragraaf 4.2.4) middels onderstaande sleepkrachtbenadering (van Urk, 1983):

$$C_{heg} = \frac{\sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot a \cdot M^2}{(1 - M^2) \cdot h_w}}}{\sin \varphi} \quad (4.17)$$

Bovenstaande betreft de algemene notatie voor de ruwheid van een heg die onder een hoek φ wordt aangestroomd. Indien de heg loodrecht op de stroomrichting staat wordt $\sin \varphi = 1$. Verder is herkenbaar hoe de sleepkrachtcoëfficiënt, zoals die bij hekken en afheiningen gebruikt wordt, hier vervangen is door de term: met in het geval van een overstroomde heg ($H < h_w$):

$$M = 1 - 0,175 \cdot n \cdot \frac{H}{h_w} \quad (4.18)$$

en in het geval van niet-overstroomde heg ($H > h_w$):

Verder wordt ook hier wanneer de heg dient als een erfscheiding een deel van de ruwheid toegeschreven aan het aangrenzende perceel via afstand a.

4.2.5.2 Evaluatie huidige rekenregel

Hydraulisch gezien is dit een juiste formulering van de ruwheid. Dit lijn-element wordt echter, evenals het geval is bij de overige elementen die geen oppervlakte bestrijken, ongewogen meegenomen in de totale perceelsruwheid waardoor de invloed van de heg onevenredig hoog kan zijn op de ruwheid van het perceel.

In het geval van een niet-overstroomde heg ($H > h_w$) is in de handleiding van KleObs de formule voor de variabele M aangegeven; deze is onjuist overgenomen uit de referentie (van Urk, 1983). De in voorgaande sub-paragraaf gegeven formule is de juiste, in de handleiding KleObs wordt onderstaande genoemd:

$$M = 1 + 0,175 \cdot n' \cdot \left(\frac{h_w}{H - 2} \right) \quad (4.21)$$

In de KleObs spreadsheet is wel de juiste formule (4.20) opgenomen.

In de formule moet de beoordelaar van de vergunningsaanvraag wederom een hoek bepalen tussen de representatieve stroomrichting en de heg. Ook in dit geval geldt dat de eenduidigheid wordt bevorderd indien gewerkt wordt met een aangestroomde lengte van de heg: deze wordt dan weliswaar meer op “gevoel” bepaald, maar er ontstaat geen schijn-nauwkeurigheid.

Indien de heg dient als een perceelsscheiding dan wordt een deel van de ruwheid van de heg toegekend aan het aangrenzende perceel. Ook in dit geval geldt de problematiek zoals die bij “hekken en afheiningen” is genoemd. Dit is een onveilige benadering.

4.2.5.3 Nieuwe rekenregel

Voorgesteld wordt om voor het nieuwe KleObs-programma dezelfde benadering te kiezen als die gebruikt is bij “afheiningen en hekken”; er wordt dus uitgegaan van een aangestroomde lengte heg en het principe van perceelsgerichte benadering. Dit laatste houdt in dat de ruwheid van de heg volledig op het conto van het onderhavige perceel komt.

4.2.6 Gebouwen op palen en bomen

4.2.6.1 Huidige rekenregel

In het bepalen van de ruwheid van bomen, kwekerijen en gebouwen op palen wordt onderscheid gemaakt naar de situatie waarin het aangestroomde element niet overstroomd is ($H \geq h_w$) en de situatie waarin de vegetatie wel overstroomd is ($H < h_w$).

In het geval van niet-overstroomde objecten geldt de onderstaande formule, gebaseerd op sleepkracht:

$$C_{bomen} = \sqrt{\frac{2g}{C_d \cdot N \cdot d \cdot h_w \cdot \alpha}} \quad (4.22)$$

Met:

C_{bomen} , de ruwheid van de bomen/kwekerijen/gebouwen op palen in $m^{1/2}/s$;
 g , de zwaartekrachtversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2$);
 C_d , een sleepkrachtcoëfficiënt: voor ronde elementen $C_d=1$;
 h_w , de gemiddelde lokale waterdiepte in meters;
 d , de gemiddelde diameter van de stam of paal in meters;
 N , de vegetatiedichtheid m^{-2} ;
 α ,

met:

$$m = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\kappa}{\sqrt{g}} \cdot C_{gras} + \sqrt{\left(\frac{\kappa}{\sqrt{g}} \cdot C_{gras} \right)^2 + \left(\frac{4\kappa}{\sqrt{g}} \cdot C_{gras} \right)} \right\} \quad (4.23)$$

waarin:

κ , von Karmann constante (0,4 -)
 g , de zwaartekrachtversnelling ($9,81 \text{ m/s}^2$)
 C_{gras} , de Chézy ruwheid van gras in $m^{1/2}/s$

4.2.6.2 Evaluatie huidige rekenregel

De in voorgaande paragraaf gegeven benadering lijkt hydraulisch juist. Hierin is α opgenomen ter aanpassing van het verticale snelheidsprofiel: in het geval van niet-overstroomde vegetatie zal er veeleer een machtsprofiel dan een logaritmische snelheidsverticaal door de toegenomen weerstand. Dit speelt met name aan de oppervlakte (van Urk, 1983).

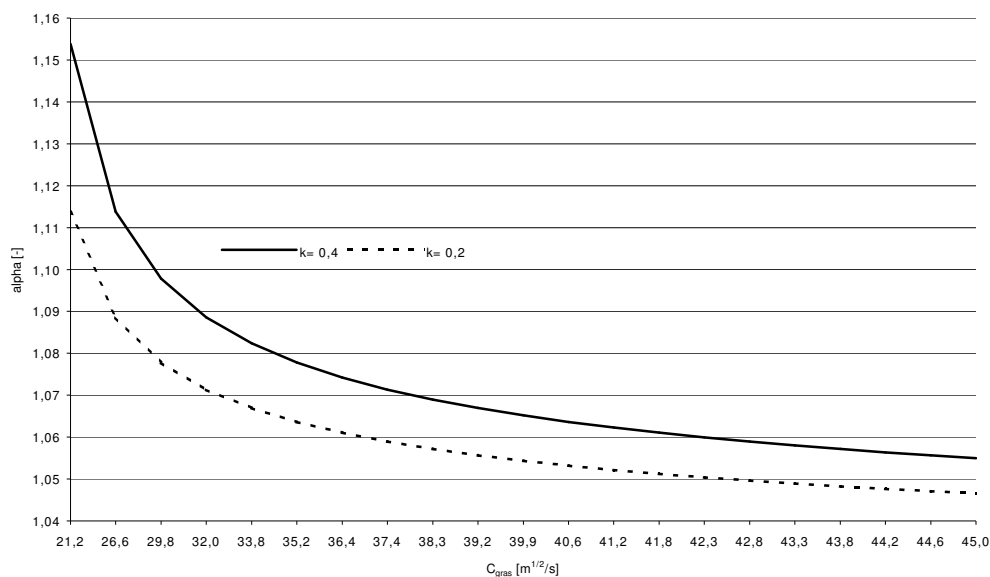
$$\alpha = \frac{(m+1)^2}{m(m+2)}$$

Waar sprake is van een overstroomde situatie gebruikt Van Urk een andere relatie voor de variabele, α . In KleObs wordt echter in het geval van overstroomde vegetatie vergelijking 4.8 gebruikt, welke hydraulisch beter lijkt.

Een belangrijke kanttekening hierbij is dat op de in het voorgaande beschreven berekeningswijze de ruwheid van bomen en gebouwen op palen afhankelijk wordt van gras wat daartussen zou groeien. Doorgaans zal dit ook het geval zijn, echter, er zal geen sprake zijn van een dichte, doorgaande grasmat zoals dat zonder de aanwezigheid van bomen zal groeien.

Gevoeligheidsanalyse van de invloed van de vorm van de snelheidsverticaal leert dat bij waterstanden van 0,25 tot 5,25 meter en een respectievelijke C_{gras} van $21,2 \text{ m}^{1/2}/s$ tot $45,0 \text{ m}^{1/2}/s$, de waarde van α varieert tussen 1,15 en 1,04. Hier-

bij zijn k-Nikuradse waarden gebruikt van 0,4 en 0,2 meter (zie onderstaande grafiek). Deze waarden gelden voor een dichte, doorgaande grasmat.



Figuur 4.1 Gevoeligheidsanalyse α naar waterdiepte c.q. grasruwheid

Doorgaans zal er, in het geval van een doorgaande grasmat, echter sprake zijn van waarden voor C_{gras} tussen de $33 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ en $43 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$. Een extreme waarde voor α is dan 1,08 (stroomdalgrasland). Bij het bepalen van de uiteindelijke ruwheid van bomen (vergelijking 4.22) is de invloed van α in het extreme geval beperkt tot de wortel van de reciproke α , dus ervan dus orde 3,5 procent.

Een meer realistische waarde van k-Nikuradse voor gras dat tussen de bomen groeit zal kleiner zijn dan 0,20 (productiegras) waardoor de invloed van α beperkt wordt tot minder dan 2 procent.

4.2.6.3 Nieuwe rekenregel

In het nieuwe KleObs wordt de bestaande methodiek waarin onderscheid wordt gemaakt naar een overstroomde en een niet-overstroomde situatie grotendeels gehandhaafd, met dien verstande dat de variabele, α , niet langer wordt gebruikt. De variabele α geeft een aanpassing van de snelheidsverticaal bij een niet-overstroomde situatie.

Deze aanpak wordt niet meegenomen in het nieuwe KleObs vanwege de volgende redenen:

- er is sprake van een schijnbare nauwkeurigheid op basis van de veronderstelde aanwezigheid van gras tussen bomen en palen;
- de ruwheid van gras dat (eventueel) tussen bomen en palen aanwezig is, is niet eenduidig vast te stellen.

Bovenstaande heeft geen belangrijke consequenties voor het beoordelen daar de invloed van de variabele α beperkt blijft tot minder dan 2% in de ruwheid van dat deel van het perceel waar bomen op staan.

4.2.7 Gebouwen

4.2.7.1 Huidige rekenregel

Voor bouwwerken, dassenterpen en ophogingen welke kleiner zijn dan 50 m³ (voor de beeldvorming: dit komt overeen met een kubus van 3,6 meter) geldt in het bestaande KleObs het volgende beoordelingscriterium:

$$C_{gebouw} = C_{gras} \left\{ 1,12 - 0,25 \frac{L_b \cdot B_b}{L \cdot B} - 0,99 \sqrt{\frac{L_b \cdot B_b}{L \cdot B}} \right\} \quad (4.25)$$

In dit beoordelingscriterium, waarbij de ruwheid van een object gerelateerd wordt aan de grootte ervan ten opzichte van het perceel en de ruwheid van gras, geldt:

C_{gebouw}	Chézy-coëfficiënt stroomvoerend winterbed met gebouwen (m ^{1/2} /s)
C_{gras}	Chézy-coëfficiënt van gras in het stroomvoerend winterbed met zonder gebouwen (m ^{1/2} /s)
L_b	lengte van het bouwwerk (m)
B_b	breedte van het bouwwerk (m)
L	lengte van het perceel (m)
B	breedte van het perceel (m)

De handleiding KleObs maakt hierbij de volgende kanttekeningen:

- 1) Voor wat betreft dassenterpen mag met het huidige KleObs gerekend worden met voornoemde formule. Eventuele compensatie kan geschieden door de terp te maken van de grond er omheen.
- 2) De obstakelwerking van ophogingen kan worden vergeleken met die van bouwwerken. Met behulp van de formule voor bouwwerken, de afmetingen van de ophoging en het perceel kan vervolgens worden aangegeven wat toelaatbaar is. Daarbij wordt onderscheid gemaakt naar vaste en tijdelijke ophogingen.

4.2.7.2 Evaluatie huidige rekenregel

Wat opvalt aan deze formulering is dat wanneer er een object geplaatst wordt dat even groot is als het perceel, de ruwheid van het gebouw negatief kan worden, immers alle breuken met daarin de lengte en breedte van respectievelijk het object en het perceel worden gelijk aan 1 zodat de ruwheid van het gebouw gelijk wordt aan $-0,12$ maal de ruwheid van gras. In het omgekeerde geval zou bij een zeer klein object van bijvoorbeeld een kubus met zijden van 1 meter op een perceel van 100 meter in het vierkant de ruwheid van het perceel (dat gemakshalve verder alleen uit gras bestaat) relatief sterk toenemen, immers $C_{\text{gebouw}} = 1,12 \cdot C_{\text{gras}}$. Volgens de regel voor optelling om te komen tot de perceelsruwheid (zie formule 4.3) en een dimensieloze ruwheid van gras wordt de totale ruwheid van het perceel:

$$\frac{1}{1,000^2} + \frac{1}{1,119^2} = \frac{1}{0,746^2}$$

Procentueel is de ruwheid van het perceel dus door het plaatsen van een kubus van 1 meter op een perceel van bijvoorbeeld 10.000 m^2 toegenomen met 25%, wat niet reëel is.

Daarnaast geldt dat de lengte van het object niet relevant is (uitgaande van kleine objecten) in de versterking van het wateroppervlak. Dit geldt nog meer wanneer het object overstroomd is dan wanneer het boven het water uitsteekt.

Meer praktische bezwaren zijn dat:

- de lengte en breedte van een ophoging/dassenterp en,
- de lengte en de breedte van het perceel

niet eenduidig vast te stellen zijn. In het geval van een gebouw zal dit een minder groot probleem zijn.

4.2.7.3 Voorstel tot wijziging

Voorgesteld wordt om ook in dit geval uit te gaan van de sleepkrachtbenadering zoals die bij de overige objecten is voorgesteld.

$$\frac{A_{\text{tot}}}{C_{\text{gebouw}}^2} = \frac{C_D \cdot A_{\text{proj}}}{2 \cdot g} \quad (4.26)$$

Hierin is:

- C_D en sleepkrachtcoëfficiënt voor een vlakke wand ($C_D = 1,3$)
 A_{proj} het geprojecteerde aangestroomde oppervlak onder water in m^2

4.2.8 Overige kleine obstakels en compensatie

In de handleiding KleObs worden de volgende overige kleine obstakels onderscheiden:

- silo's;
- muren;
- afdakjes voor houtopslag;
- opvullingen van slenken en kleine oneffenheden.

Opmerkingen uit de KleObs handleiding worden hieronder behandeld en uiteindelijk in de instructies voor de beoordeling verwerkt.

4.2.8.1 Silo's

Ten aanzien van silo's wordt in de handleiding KleObs gesteld dat deze te behandelen zijn als bomen (voor kleine silo's) respectievelijk bouwwerken (voor grote silo's). Dit komt er op neer dat bij de beoordeling uitgegaan moet worden van de afzonderlijke palen waar de silo op gestut staat (en alleen deze onder water staan), respectievelijk het hele volume tussen de palen als ook de silo zelf onder water staat.

Hierbij is de begrenzing niet aangegeven in de handleiding. Voorgesteld wordt in beide gevallen uit te gaan van de sleepkrachtbenadering zoals die bij bomen wordt toegepast. De sleepkrachtcoëfficiënt is voor bomen gelijk aan $C_d = 1$; deze waarde geldt ook voor silo's.

4.2.8.2 Muren

In de handleiding wordt aangegeven dat muren behandeld dienen te worden als heggen. Voorgesteld wordt echter om muren te behandelen als ondoorstroombare objecten zoals gebouwen. Dit is een hydraulisch meer juiste benadering.

4.2.8.3 Afdakjes voor houtopslag

Houtopslag onder alleen een afdakje op paaltjes is zonder meer toegestaan; indien de achterzijde van de houtopslag is voorzien van deugdelijk gaas zal het hout bij hoogwater niet wegspoelen. In dat geval dient de formule voor bouwwerken te worden toegepast. Hydraulisch bezien is dit een goede benadering.

4.2.8.4 Opvulling van slenken en kleine oneffenheden

Dergelijke activiteiten hebben mogelijk een verandering van de representatieve bodemhoogte tot gevolg: hetzij de gemiddelde bodemhoogte van het perceel, hetzij de specifieke bodemhoogte ter plaatse van een object zal wijzigen. Om dit effect in de beoordeling mee te kunnen nemen zal de perceelsbodemhoogte aangepast moeten worden.

4.2.8.5 Compensatie

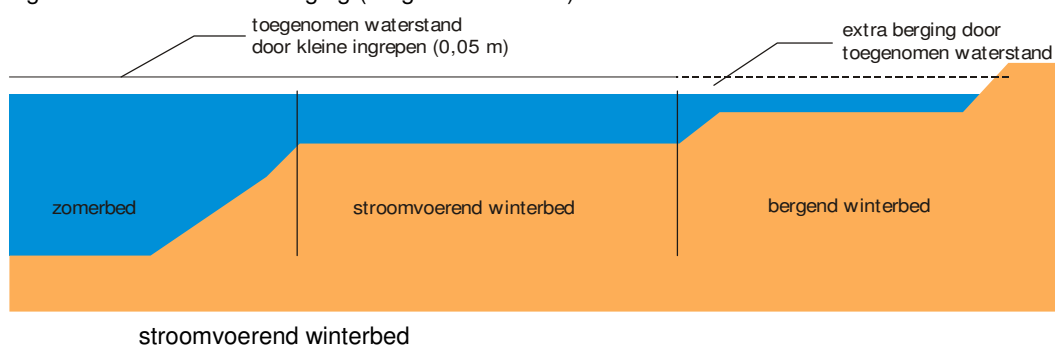
Doordat het nu mogelijk is om een volledige perceelsinventaris in het toetsingsinstrument op te nemen kan door het verwijderen van objecten, aanpassen van begroeiingen en dergelijke gezocht worden naar compensatie om een andere activiteit te mogen ontplooiën.

5. BERGEND WINTERBED

Het beoordelingscriterium voor objecten in het bergend winterbed van de rivier is gebaseerd op het gegeven dat er voor alle kleine objecten een ruimte is gereserveerd van 0,05 meter opstuwung over de gehele lengte van de rivier.

In het bergend winterbed zal daardoor de berging navenant de waterstandstijging toenemen. Een ingreep in het bergend winterbed mag niet meer berging verloren doen gaan dan er door de waterstandstijging is bijgekomen, ofwel: het door het object in beslaggenomen volume mag niet groter zijn dan 0,05 maal de oppervlakte van het perceel. Een en ander is in onderstaande figuur verduidelijkt.

Figuur 5.1 Toename in berging (bergend winterbed) door toename waterstanden in zomerbed en



Voorts geldt hierbij de beperking dat het een klein object moet zijn met een maximaal volume van 50 m^3 . Het gaat hierbij om het bruto-volume van het object. Het brutovolume is de hoogte van het object onder water (h_w) x de breedte x de lengte.

Ten aanzien van dit beoordelingscriterium zijn geen wijzigingen voorgesteld.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Gedurende de maanden januari tot en met april 2001 zijn de beoordelingscriteria en de rekenregels van het huidige KleObs beoordelingsinstrumentarium geëvalueerd. Hierbij is gekeken naar de hydraulische juistheid van de formulering alsmede de structuur van het beoordelingsinstrumentarium.

De structuur van beoordelen is in grote lijnen ongewijzigd gebleven. Wel is de kanttekening gemaakt dat de definitie van een klein object niet voor alle praktijk-situaties toepasbaar is hetgeen de eenduidigheid van beoordelen niet bevordert. Met name in het geval van steigers in het zomerbed geldt dat er op basis van het beoordelingscriterium geen beperking is voor de bouw van een steiger. Een nieuwe definitie van een klein object is hiervoor noodzakelijk. Feitelijk komt het er op neer dat de steiger niet zodanig groot mag zijn dat het hoofdstroombeeld verstoord wordt.

Verdere wijzigingen ten opzichte van het huidige KleObs betroffen in hoofdzaak de toepassing van de hydraulische formuleringen voor objecten an sich, waarbij geconstateerd is dat er een aantal onjuistheden in de handleiding, danwel in de KleObs spreadsheet bleken voor te komen, maar ook in de wijze van vaststellen van de totale ruwheden van een perceel (in het geval van het stroomvoerend winterbed).

Voor wat betreft het zomerbed zijn tijdens de evaluatiefase hydraulisch juistere alternatieven voorgesteld (zie bijlage I), maar deze zijn uiteindelijk om praktische redenen niet doorgevoerd: binnen het kader van toepassing bleek het mogelijk de huidige formulering te handhaven.

De beoordelingscriteria voor het bergend winterbed lijken juist en zijn niet gewijzigd.

De aansluiting van het volledige instrumentarium op de praktijk en het niveau van de gebruikers bleek in veel gevallen tot gebrekkige eenduidigheid te kunnen leiden, zoals ook al weergegeven in de evaluatie van het huidige KleObs. Een belangrijke verbetering is bewerkstelligd door de inrichting van het nieuwe KleObs programma. Verdere verbetering is verkregen door de instructies omtrent de beoordeling op te stellen, alhoewel er altijd in situaties voor zullen komen die niet zonder gedegen hydraulische kennis te beoordelen zijn. In dat geval wordt dan ook steeds in de instructies aanbevolen een expert bij de beoordeling in te schakelen.

Tot slot bevelen wij aan om gerichte trainingssessies te organiseren voor de KleObs-gebruikers. Tezamen met de instructies zal dit de kwaliteit van beoordelen ten goede komen.

7. LITERATUUR

1. Van Ankum, Janssen
KleObs, kleine obstakels in rivieren, beschrijving applicatie KleObs, Rijkswaterstaat Directie Limburg (1999)
2. Klopstra, Barneveld, Van Noortwijk
Analytisch model hydraulische ruwheid van overstroomde moerasvegetatie, HKV – Lijn in water (1996)
3. Meijer
Modelproeven overstroomde vegetatie, verslag modelonderzoek, HKV – Lijn in water (1998)
4. Meijer
Modelproeven overstroomd riet, verslag modelonderzoek, HKV – Lijn in water (1999)
5. Meijer, Van Velzen
Prototype-scale flume experiments on hydraulic roughness of submerged vegetation, Proceedings of 27th IAHR Congress, Graz Austria (1999)
6. Van Urk
Weerstand begroeiingen in de uiterwaarden, nota WWZO 83.11 Arnhem, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging (1983)

BIJLAGE 1

ONTWIKKELINGSMEMO

BIJLAGE 2

INSTRUCTIES GEBRUIK KleObs