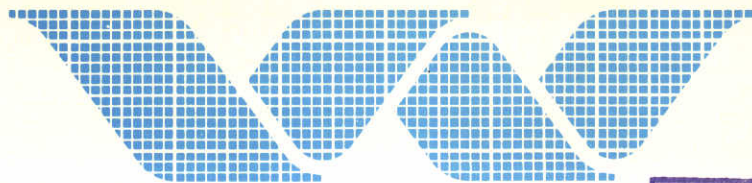


R 2017



2e EXEMPLAAR

waterloopkundig laboratorium
delft hydraulics laboratory

schatting van ruwheidslengte van zomerbed
Bovenrijn en Waal

AFGEHANDELD

notitie

R 2017

januari 1986

R2017_2

09.APR.1966

2e EXEMPLAAR

INHOUD

	blz.
1. <u>Inleiding</u>	1
2. <u>Schattingsprocedure voor de ruwheidslengte</u>	2
3. <u>Toepassing van schattingsprocedure</u>	4

LITERATUUR

TABELLEN

- Tabel 1 Berekening van T-parameters voor gemeten en extreem hoogwater
- Tabel 2 Berekening van de ruwheidslengte bij MHW
- Tabel 3 Vergelijking van ruwheidslengtes

SCHATTING VAN RUWHEIDSLENGTE VAN ZOMERBED BOVENRIJN EN WAAL

1. Inleiding

Door Van Urk (1983) zijn schattingen gegeven voor de ruwheidslengte k_s van de zomerbedbodem van de Bovenrijn en de Waal bij maatgevend hoogwater (MHW). Deze schattingen zijn gebaseerd op de extrapolatie van gemeten k_s -waarden via aannamen omtrent de ontwikkeling van de beddingvormen van opgetreden hoogwaters naar de maatgevende afvoer. Deze schattingen zijn door Ubels (1984) enigszins bijgesteld, daarbij gebruik makend van k_s -waarden volgend uit ijkingsberekeningen met WAQUA.

In 1985 zijn in de zandgoot van het Waterloopkundig Laboratorium proeven uitgevoerd naar de dimensies van beddingvormen bij grote stroomsnelheden (Termes, 1986). Doel hierbij was met name de toetsing van enkele theoriën (Fredsoe, Van Rijn) over de ontwikkeling van de duinhoogte en de duinsteilheid bij hoge effectieve korrelschuifspanningen aan metingen onder gekonditioneerde omstandigheden. Bestaande theoriën en empirische formules voorspellen duinafvlakking bij hoge korrelschuifspanningen, waardoor de ruwheidslengte van het zomerbed ten opzichte van de metingen zou kunnen afnemen. De zandgootproeven tonen aan dat de relatieve beddingvormhoogte globaal konstant blijft daar waar de voorspellers afvlakking voorspellen. De beddingvormlengte blijkt bij toenemende korrelschuifspanning toe te nemen, waardoor de duinsteilheid afneemt. De konsekwenties van een en ander voor de ruwheidslengtes van de Bovenrijn en de Waal bij MHW worden in deze notitie geanalyseerd.

Deze notitie is een aanvulling op het verslag R 2017 "Hydraulische ruwheid van de Bovenrijn en de Waal", d.d. september 1984 (Ogink, 1984). Deze notitie is opgesteld door ir. H.J.M. Ogink.

2. Schattingsprocedure voor de ruweheidslengte

Uitgangspunt voor de schattingsprocedure voor de ruweheidslengte bij MHW vormen de beddingvorm- en ruweheidsvoorspellers van Van Rijn (1984):

$$k_s = 3D_{90} + 1,1 H(1 - \exp(-25 H/L)) \quad ; \quad k_s < 0,1 h_w \quad (1)$$

$$H/h_w = 0,11 \left(\frac{D_{50}}{h_w} \right)^{0,3} (1 - \exp(-0,5 T)) (25-T) \quad (2)$$

$$H/L = 0,015 \left(\frac{D_{50}}{h_w} \right)^{0,3} (1 - \exp(-0,5 T)) (25-T) \quad (3)$$

(De notatie is konform de notatie in verslag R 2017, Ogink, 1984))

De resultaten van het onderzoek naar afvlakking van beddingvormen (Termes, 1986) tonen aan dat (2) slechts voldoet voor $0 \leq T \leq 5$ en dat gebruik van (2) en (3) voor $T > 20$ uiterst spekulatief is. Voor $T > 5$ kan beter worden gewerkt met

$$H/h_w = \text{konstant} \quad (4)$$

De koëfficiënten in (1)...(3) zijn bepaald door middel van "curve fitting" op een groot aantal model- en prototypegegevens. De spreiding rond de betrekkingen is nogal groot.

In plaats van te werken met bovenstaande formules wordt voor de schatting van de ruweheidslengte bij MHW voorgesteld bovenstaande betrekkingen te ijken op opgetreden hoogwaters. De koëfficiënten worden dan per traject bepaald. Dit houdt in dat bovenstaande vergelijkingen niet in absolute maar in relatieve zin worden gebruikt. Zij geven tendenties aan voor de ontwikkeling van de beddingvormen vanuit de gemeten hoogwatersituatie. De ruweheidslengte bij MHW kan aldus op de volgende manier worden bepaald, waarbij in de notatie de indices M en E zijn toegepast voor respectievelijk de gemeten en MHW-situatie.

$$k_{s,E} = \alpha H_E (1 - \exp(-25 (H/L)_E)) \quad (5)$$

met:

$$H_E = \beta_1 h_{w,E}^{0,7} (1 - \exp(-0,5 T_E)) (25-T_E) \quad \text{voor } T_M \leq 5 \quad (6)$$

$$H_E = \beta_2 h_{w,E} \quad \text{voor } T_M > 5 \quad (7)$$

$$(H/L)_E = \gamma h_{w,E}^{-0,3} (1 - \exp(-0,5 T_E)) (25 - T_E) \quad \text{voor } 0 \leq T \leq 20 \quad (8)$$

$$\alpha = k_{s,M} / (H_M (1 - \exp(-25 (H/L)_M)) \quad (9)$$

$$\beta_1 = H_M \cdot h_{w,M}^{-0,7} / (1 - \exp(-0,5 T_M)) (25 - T_M) \quad (10)$$

$$\beta_2 = H_M / h_{w,M} \quad (11)$$

$$\gamma = (H/L)_M \cdot h_{w,M}^{0,3} / (1 - \exp(-0,5 T_M)) (25 - T_M) \quad (12)$$

Daar de omstandigheden bij MHW niet op voorhand bekend zijn moeten in beginsel de vergelijkingen (5)...(8) iteratief worden opgelost volgens het schema

$h_{w,E_i} \rightarrow U_{E,i} \rightarrow k_{s,E_i} \rightarrow U_{E,i_M} \rightarrow h_{w,E_{i+1}}$ zolang totdat $|h_{w,E_i} - h_{w,E_{i+1}}| < \Delta 1$ en $|k_{s,E_i} - k_{s,E_{i+1}}| < \Delta 2$. Dit suggereert echter een grote nauwkeurigheid die niet past bij het globale karakter van de methode.

Tenzij de berekende k_s -waarden sterk afwijken van de eerste schattingen wordt volstaan met één rekenslag.

3. Toepassing van schattingsprocedure

De rekenprocedure die in hoofdstuk 2 is aangegeven is toegepast op de Bovenrijn en de Waal. Hierbij is de situatie bij hoogwater juni 1983 als referentie gebruikt. De waterdieptes en verhangen zijn met uitzondering van het traject Gorkum-Werkendam afgeleid uit de WAQUA-berekeningen beschreven in Ubels (1984); voor het traject Gorkum-Werkendam zijn de resultaten van de 1D-hoogwaterberekening met ZWENDL als uitgangspunt genomen. De gemiddelde stroomsnelheden zijn bepaald met behulp van de Chézy vergelijking en de C-waarde formulering volgens White-Colebrook:

$$u = C\sqrt{h_w i} \quad \text{met} \quad C = 18 \log(12 h_w/k_s) \quad (13)$$

De resultaten van de T-waarde berekening voor de verschillende trajecten zijn gegeven in tabel 1.

Voor het traject Lobith-Pannerdensche Kop zijn 2 berekeningen uitgevoerd die verschillen door toepassing van andere korreldiameters. Berekening (1) is gebaseerd op de korrelgrootte aangegeven in Zeekant (1983), terwijl voor (2) gebruik is gemaakt van de korreldiameters volgens de bemonstering van 1974-1976, zie Ogink (1984), tabel 4.4. De berekeningen tonen aan dat de aanname omtrent de korreldiameters grote invloed hebben op de te bepalen T-parameterwaarden.

Gemiddeld genomen nemen de T-waarden toe met ca. 40%. De konsekwenties hiervan voor de ontwikkeling van de duindimensie is weergegeven in tabel 2. Hierbij is uitgegaan van de beddingvormhoogtes en -steilheden van de kleine duinen zoals bepaald door Van Urk (1983). De berekende k_s -waarden blijken over het algemeen iets groter te zijn dan de k_s -waarden voor hoogwater 1983; de verschillen zijn echter gering. De $k_{s,E}$ -waarden op de Bovenrijn volgens berekening (2) en op de Boven-Merwede dalen volgens de rekenprocedure enigszins ten opzichte van hoogwater 1983.

Een overzicht van de k_s -waarden volgens Ubels (1984) en tabel 2 is gegeven in tabel 3. Over het geheel genomen zijn de afwijkingen tussen de $k_{s,E}$ -waarden uit WAQUA en die volgens de hier beschreven procedure zeer gering, met uitzondering van het riviergedeelte tussen Herwijnen en Werkendam. Bij de $k_{s,E}$ -waarde voor dit laatste traject zoals hier is berekend moet ten opzichte van de rekenprocedure worden opgemerkt dat de bodenvormen hier kort en steil zijn.

Dit type bodemvormen is niet gebruikt bij het opstellen van de empirische relaties (2) en (3). Inzicht omtrent het gedrag van dit soort beddingvormen is op dit moment onvoldoende om grote waarde te hechten aan de berekende dimensie van de duinen op dit traject en aan de daaruit afgeleide $k_{s,E}$ -waarden. Meer verantwoord is om hier tenminste de ruheidswaarde aan te houden die bij hoogwater 1983 is opgetreden; deze liggen respectievelijk 0,11 en 0,15 m lager dan de $k_{s,E}$ -waarden die eerder in WAQUA voor de MHW berekeningen zijn toegepast.

De op basis van huidig inzicht beste k_s -schattingen voor MHW zijn in de laatste kolom van tabel 3 aangegeven. Met nadruk wordt erop gewezen dat er ten aanzien van de absolute groottes de nodige onzekerheid bestaat door de beperkte kennis van òn de korte steile duinen òn de samengestelde beddingvormen.

LITERATUUR

Rijn, L.C. van (1984)

Sediment transport, Part III; Bedforms and alluvial roughness
Proc. ASCE Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 12 (ook WL-publika-
tie No. 334, 1985)

Ogink, H.J.M. (1984)

Hydraulische ruwheid van de Bovenrijn en de Waal
Waterloopkundig Laboratorium, verslag R 2017, september

Termes, A.P.P. (1986)

Dimensies van beddingvormen onder permanente stromingsomstandigheden bij hoog
sedimenttransport
Waterloopkundig Laboratorium, verslag M 2130, januari

Ubels, J.W. (1984)

Resultaten hoogwateronderzoek Bovenrijn, Waal en Boven-Merwede
Rijkswaterstaat, WWZO Nota 84.12, mei

Urk, A. van (1983)

Hydraulische weerstand zomerbed Bovenrijn, Waal en Boven-Merwede
Rijkswaterstaat, WWZO Nota 83.18, oktober

trajekt	D ₅₀ (μm)	D ₉₀ (μm)	D _{*¹⁾} (-)	θ_{cr} (-)	1983				MHW			
					h _w (m)	u (m/s)	θ' (-)	T (-)	h _w (m)	u (m/s)	θ' (-)	T (-)
Lobith-Pann. Kop (1)	3600	14500	68,94	0,0444	11,40	1,97	0,165	2,71	13,53	2,64	0,284	5,39
Lobith-Pann. Kop (2)	1900	8720	36,39	0,0369	11,40	1,97	0,276	6,48	13,53	2,64	0,477	11,93
Pann. Kop-Nijmegen	1900	8450	36,39	0,0369	10,70	1,91	0,262	6,09	12,77	1,98	0,270	6,32
Nijmegen-Dodewaard	1050	3780	20,11	0,0310	10,22	1,58	0,273	7,82	12,45	1,88	0,371	10,97
Dodewaard-Tiel	950	3600	18,19	0,0299	10,11	1,49	0,266	7,91	12,45	1,51	0,262	7,76
Tiel-St. Andries	900	3300	17,24	0,0301	10,22	1,59	0,314	9,42	12,59	1,83	0,398	12,21
St. Andries-Zaltbommel	900	3000	17,24	0,0301	10,17	1,62	0,319	9,61	12,48	1,85	0,399	12,26
Zaltbommel-Herwijnen	850	2800	16,28	0,0304	9,60	1,67	0,359	10,80	11,88	1,93	0,458	14,07
Herwijnen-Gorkum	660	2170	12,64	0,0310	8,93	1,75	0,488	14,73	11,08	2,01	0,616	18,86
Gorkum-Werkendam	500	1020	9,57	0,0330	8,72	1,60	0,466	13,12	10,53	2,12	0,789	22,91

1) bij temp. 5°C; $\nu = 1,519 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Tabel 1 Berekening van T-parameters voor gemeten en extreem hoogwater

trajekt	1983			α	β *10 ⁻²	γ *10 ⁻²	MHW			k _s (m)	$\Delta k_s^{1)}$ (m)
	k _{s,M} (m)	H _M (m)	(H/L) _M (-)				H _E (m)	(H/L) _E (-)	k _{s,E} (m)		
Lobith-Pann. Kop (1)	0,20	0,47	0,021	1,042	0,517	0,263	0,58	0,022	0,26	0,21	+0,06
Lobith-Pann. Kop (2)	0,20	0,47	0,021	1,042	4,123	0,245	0,56	0,015	0,18	0,21	-0,02
Pann. Kop-Nijmegen	0,23	0,60	0,030	0,727	5,607	0,339	0,72	0,028	0,26	0,25	+0,03
Nijmegen-Dodewaard	0,38	0,50	0,050	1,065	4,892	0,596	0,61	0,039	0,40	0,38	+0,02
Dodewaard-Tiel	0,35	0,35	0,050	1,402	3,462	0,597	0,43	0,047	0,42	0,38	+0,07
Tiel-St. Andries	0,40	0,45	0,056	1,180	4,403	0,728	0,55	0,043	0,43	0,43	+0,03
St. Andries-Zaltbommel	0,43	0,60	0,075	0,846	5,900	0,985	0,74	0,059	0,48	0,48	+0,05
Zaltbommel-Herwijnen	0,33	0,70	0,078	0,550	7,290	1,088	0,87	0,057	0,36	0,42	+0,03
Herwijnen-Gorkum	0,34	0,85	0,085	0,454	9,518	1,597	1,05	0,048	0,33	0,45	+0,01
Gorkum-Werkendam	0,52	0,95	0,086	0,620	10,894	1,386	1,15	0,034 ²⁾	0,41	0,67	-0,11

1) $\Delta k_s = k_{s,E} - k_{s,M}$

2) T-waarde begrensd op 20

Tabel 2 Berekening van de ruwheidslengte bij MHW

trajekt	k _s -waarden zomerbed			
	1983	MHW WAQUA	MHW NOTITIE	MHW ADVIES
Lobith-Pann. Kop	0,20	0,21	0,22 ¹⁾	0,22
Pann. Kop-Nijmegen	0,23	0,25	0,26	0,26
Nijmegen-Dodewaard	0,38	0,38	0,40	0,40
Dodewaard-Tiel	0,35	0,38	0,42	0,42
Tiel-St. Andries	0,40	0,43	0,43	0,43
St. Andries-Zaltbommel	0,43	0,48	0,48	0,48
Zaltbommel-Herwijnen	0,33	0,42	0,36	0,36
Herwijnen-Gorkum	0,34	0,45	0,33	0,34
Gorkum-Werkendam	0,52	0,67	0,41	0,52

$$1) = ((1) + (2))/2$$

Tabel 3 Vergelijking van ruweidslengtes

