



Vlaanderen
is wetenschap



22_041_1
WL rapporten

Vergelijkende debietmetingen Albertkanaal te Kanne

Samenvatting

DEPARTEMENT
MOBILITEIT &
OPENBARE
WERKEN

waterbouwkundiglaboratorium.be

Vergelijkende debietmetingen Albertkanaal te Kanne

Samenvatting

Vereecken, H.; Claeys, S.; Bertels, J.; Mol, J-W.; de Ruijscher, T.

Juridische kennisgeving

Het Waterbouwkundig Laboratorium is van mening dat de informatie en standpunten in dit rapport onderbouwd worden door de op het moment van schrijven beschikbare gegevens en kennis.

De standpunten in deze publicatie zijn deze van het Waterbouwkundig Laboratorium en geven niet noodzakelijk de mening weer van de Vlaamse overheid of één van haar instellingen.

Het Waterbouwkundig Laboratorium noch iedere persoon of bedrijf optredend namens het Waterbouwkundig Laboratorium is aansprakelijk voor het gebruik dat gemaakt wordt van de informatie uit dit rapport of voor verlies of schade die eruit voortvloeit.

Copyright en wijze van citeren

© Vlaamse overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, Waterbouwkundig Laboratorium 2023
D/2023/3241/187

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Vereecken, H.; Claey, S.; Bertels, J.; Mol, J.-W.; de Ruijsscher, T. (2023). Vergelijkende debietmetingen Albertkanaal te Kanne: Samenvatting. Versie 4.0. WL Rapporten, 22_041_1. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen

Overname uit en verwijzingen naar deze publicatie worden aangemoedigd, mits correcte bronvermelding.

Documentidentificatie

Opdrachtgever:	Waterbouwkundig Laboratorium	Ref.:	WL2023R22_041_1
Trefwoorden (3-5):	Debiet, Albertkanaal, ADCP		
Kennisdomeinen:	Meetnetten > Debieten > In situ metingen		
Tekst (p.):	12	Bijlagen (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input checked="" type="checkbox"/> Nee	<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar	

Auteur(s):	Vereecken, H.
------------	---------------

Controle

	Naam	Handtekening
Revisor(en):	Vereecken, H.	Getekend door:Hans Vereecken (Signatu Getekend op:2023-08-21 11:17:38 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
	Bertels, J.	Getekend door:Jonas Bertels (Signature) Getekend op:2023-08-21 10:52:02 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
	Mol, J.-W.	<i>Hans Vereecken</i> <i>Jonas Bertels</i>
	De Ruijsscher, T.	Digitaal ondertekend door molj01 DN: cn=molj01, ou=Production Datum: 2023.07.07 15:35:09 +02'00'
Projectleider:	Claeys, S.	Digitaal ondertekend door ruijsscher1t Datum: 14.08.2023 Getekend door:Slyn Claey (Signature) Getekend op:2023-08-22 13:19:00 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed

Goedkeuring

Verantwoordelijke HIC:	Deschamps, M.	Getekend door:Maarten Deschamps (Sig Getekend op:2023-08-18 10:06:48 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed
Afdelingshoofd:	Bellafkih, K.	Getekend door:Abdelkarim Bellafkih (Sig Getekend op:2023-08-31 21:05:01 +02:0 Reden:Ik keur dit document goed



Abstract

Rijkswaterstaat (RWS) en het Waterbouwkundig Laboratorium-Hydrologisch Informatie Centrum (WL-HIC) hebben samen een meetcampagne georganiseerd met als doel het vergelijken van stationaire ADCP-stroommeettoestellen met verschillende configuraties op het Albertkanaal te Kanne met een stroommeettoestel van het looptijdmetertype (ADM) en hoe beiden zich verhouden tot mobiele ADCP-metingen die hier als referentie worden aanzien. Hiertoe werden verschillende partijen aangeschreven.

Op basis van een vergelijking van de “beste continue debieten” van alle deelnemende partijen met de als referentie geldende individuele uitgevoerde varende ADCP-metingen leert ons dat de huidige ADM-meetopstelling en de testopstelling van Aqua Vision (*2 tegenover elkaar geplaatste RDI 600 kHz H-ADCP Teledyne RDI – ChannelMaster, metend in multicellen van 1m, lokaal geconfigureerd via Visea-H*) sterk vergelijkbare resultaten oplevert.

Het alternatief met 1 H-ADCP toestel (*500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter – SonTek metend in multicell (7 cellen van 10 m) en centraal verwerkt tot “een beste continu debiet” volgens de WL-HIC-methode zoals beschreven in 2.3*) levert een sterk vergelijkbare kwaliteit op. Deze opstelling verdient zeker aanbeveling daar het centraal beheren van meetstations onze voorkeur geniet.

Data-output van 1-minuutgemiddelde waarden lijkt plausibel, doch wij verkiezen om te werken met 5-minuutsgemiddelde debieten, opgemeten op basis van uitmiddeling van 10 s waarden.

WL-HIC stelt voor de ADM-opstelling te Kanne te vervangen door de testopstelling van Aquavision. Zo blijven de debietmetingen op het Albertkanaal te Kanne gegarandeerd van hoge kwaliteit.

Inhoudstafel

Abstract	III
Inhoudstafel.....	V
Lijst van de tabellen.....	VI
Lijst van de figuren	VII
1 Inleiding	1
2 Meetopstelling verschillende deelnemers	3
2.1 Aqua Vision BV – testopstelling 1.....	3
2.2 Nortek BV – testopstelling 2.....	4
2.3 WL-HIC – testopstelling 3 en 4	5
3 Vergelijking verschillende best beschikbare debieten	7
4 Conclusie.....	11
5 Literatuurlijst	12

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Vergelijkende statistiek verschillende “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen (q_{ijk}). (sd: standaarddeviatie; IQR: interkwartielafstand; p50: mediaan; gemid: gemiddelde; afw: afwijking; perc: percentuele; abs: absolute)..... 8

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Overzicht posities en opstelling stationaire H-ADCP-meetopstellingen Nortek-Aqua Vision-WL – rood vierkant: meetkruisopstelling looptijdmeter (ADM)	2
Figuur 2 – 600 kHz H-ADCP Teledyne RDI - ChannelMaster.....	3
Figuur 3 – Instellingen 2 H-ADCP ChannelMaster	3
Figuur 4 – 1000 kHz 2-D Aquadopp Profiler - Nortek.....	4
Figuur 5 – Instellingen 2-D Aquadopp Profiler - Nortek.....	5
Figuur 6 – 500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter - SonTek.....	6
Figuur 7 – Instellingen 500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter - SonTek.....	6
Figuur 8 – Correlatieplots tussen “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) en de varende ADCP-metingen (q_{ijk}). De diagonale lijn is de bissectrice tussen de horizontale en verticale as. Deze is niet de best mogelijke relatie tussen q_{calc} en q_{ijk} , maar kan dienen als referentie voor de weergegeven punten.	8
Figuur 9 – Mediane absolute afwijking van alle “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen q_{ijk} voor de verschillende debietsklassen in n en p klassen van $10 \text{ m}^3/\text{s}$. De zwarte foutbalken tonen de interkwartielafstand (waarden gelegen tussen $p75$ en $p25$).	9
Figuur 10 – Mediane absolute percentuele afwijking van alle “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen q_{ijk} voor de verschillende debietsklassen in klassen van $10 \text{ m}^3/\text{s}$. De zwarte foutbalken tonen de interkwartielafstand (waarden gelegen tussen $p75$ en $p25$).	9

1 Inleiding

Rijkswaterstaat (RWS) en het Waterbouwkundig Laboratorium-Hydrologisch Informatie Centrum (WL-HIC) hebben een lange geschiedenis in het gebruiken van stationaire stroommeettoestellen. Verschillende typen toestellen en instellingen worden gebruikt, ingedeeld in 2 grote klassen: de looptijdmeters (Acoustic Discharge Measurement) en de Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP), deze laatste meestal in een horizontale uitvoering (H-ADCP). De looptijdmeters en de H-ADCP-meetsystemen worden daarbij gekalibreerd met mobiele ADCP meetsystemen.

Het doel van deze **vergelijkende stromings-/debietsmeetcampagne** is het vergelijken van stationaire ADCP-stroommeettoestellen met verschillende configuraties op het Albertkanaal te Kanne met een stroommeettoestel van het looptijdmeter type (ADM) en in verhouding tot mobiele ADCP-metingen. Vooral in tijden van waterschaarste wordt vanuit de beheerder gevraagd om gedetailleerde en juiste informatie op te leveren. Het in beeld brengen van de juistheid en precisie van de verschillende meetsystemen is een hele uitdaging, zeker in kanalen.

De basiswaarheid (“ground-truth”) is echter moeilijk te achterhalen. Tot op de dag van vandaag wordt er veel waarde gehecht aan de looptijdmeters in dergelijke traag stromende systemen omwille van de hogere precisie van de stroomsnelheidsmeting. De vertaling naar een profielgemiddeld debiet is daarbij ook een aanname, gebaseerd op snelheidsprofielen opgesteld op basis van schaalmodelproeven.

Vandaag de dag merken we ook bij de metingen met een stationaire/horizontale ADCP bij een hoogfrequente data acquisitie (10 seconden) sterk schommelende snelheden/debeten in ruimte en tijd. Heel wat van die metingen lijken dan ook sterke ruis te vertonen, maar het is onbekend of dit daadwerkelijk ruis is of de fysische werkelijkheid.

Ook de juistheid en precisie van de mobiele ADCP-metingen wordt in vraag gesteld bij zeer traag stromende rivieren/kanalen, ondanks het bestrijken van het nagenoeg volledige dwarsprofiel. Aan de hand van bv. versassing zou de echte debieten kunnen worden ingeschat. Echter moet hier rekening gehouden worden met het cyclisch bewegen (heen en weer ‘klotsen’ van de watermassa) van het water in het kanaal, de lekverliezen en de aanwezigheid van voedingsduikers die tevens een permanent, niet constant debiet genereren van de opwaartse panden naar de afwaartse panden. **Om bovenstaande reden wordt de mobiele ADCP-meting ook op het Albertkanaal toch als referentie gezien, net zoals dat op andere sneller stromende waterwegen het geval is.**

Er werden 3 externe partijen aangeschreven met de vraag een plan van aanpak in te dienen. Daarnaast zou WL-HIC met de “klassieke” H-ADCP-opstelling ook deelnemen, net zoals ze zelf al jaren toepassen op andere waterwegen. Een expertenteam, samengesteld uit collega’s van Rijkswaterstaat en WL-HIC oordeelde over deze voorstellen en maakten uiteindelijk de deelnemers bekend.

Aan de vergelijkende stromings-/debietsmeetcampagne op het Albertkanaal bij Kanne namen uiteindelijk 3 partijen deel, elks met hun eigen testopstelling:

1. Aqua Vision BV – testopstelling 1
2. Nortek BV – testopstelling 2
3. WL-HIC – testopstelling 3 en 4

Elscolab BV werd uitgesloten van deelname aan de test wegens onvoldoende duidelijke informatie hoe de debietbepaling en de vergelijking met de varende metingen zou gebeuren. Ook het voorstel om 1 apparaat op heel geringe diepte van 1m te installeren baarde ons zorgen gezien onze ervaring.

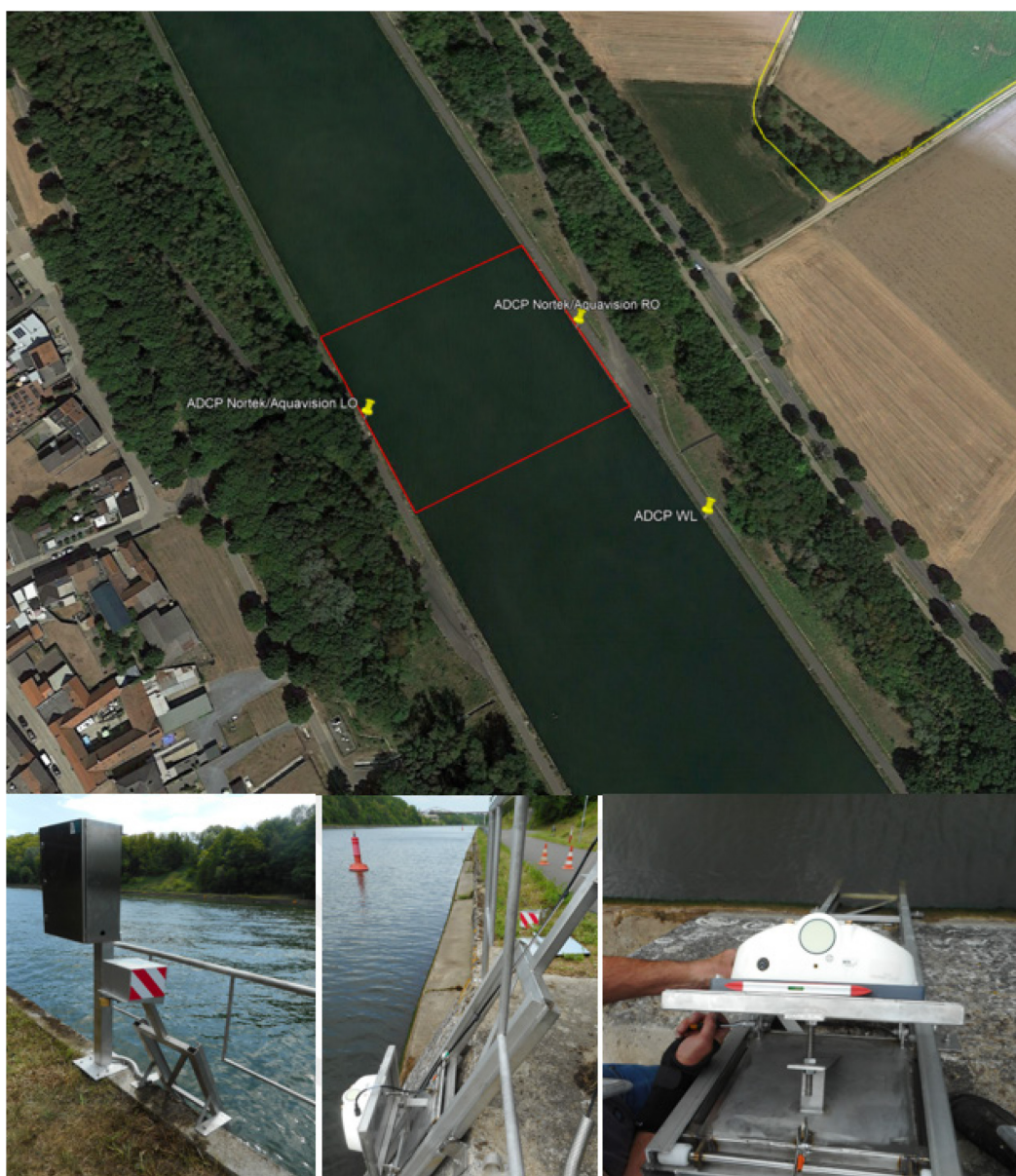
De eerste 2 partijen hebben telkens gedurende 1 week de debieten opgemeten en dit consecutief, respectievelijk van 16/6/22 tot 22/6/22 en van 30/6/22 tot 6/7/22. WL-HIC voerde in beide weken telkens ook stationaire H-ADCP metingen uit met 2 verschillende configuraties.

Rijkswaterstaat en WL-HIC voerden in beide periodes mobiele ADCP-metingen uit die als referentie gelden voor de uiteindelijke kwaliteitscontrole van de met de stationaire toestellen opgemeten/berekende debieten.

In wat volgt, worden de 4 verschillende testopstellingen kort beschreven. Voor een uitgebreide beschrijving van de opzet en de individuele resultaten en rapportering wordt verwezen naar de rapporten van de deelnemers.

Uiteindelijk werden na een eerste bespreking van de resultaten met de deelnemers de “best beschikbare debieten” aan alle partijen opgevraagd. Finaal worden deze cijfers vergeleken ten opzichte van de uitgevoerde mobiele ADCP-metingen, de hier gebruikte referentie.

Figuur 1 tenslotte geeft een overzicht van de posities en manier van opstellen van de verschillende ADCP-toestellen die te Kanne werden ingezet.

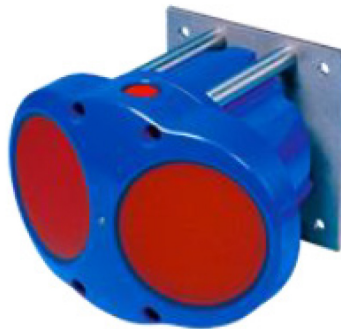


Figuur 1 – Overzicht posities en opstelling stationaire H-ADCP-meetopstellingen Nortek-Aqua Vision-WL – rood vierkant: meetkruisopstelling looptijdmetr (ADM)

2 Meetopstelling verschillende deelnemers

2.1 Aqua Vision BV – testopstelling 1

De continue afvoermetingen zijn uitgevoerd met 2 toestellen van het type 600 kHz *Horizontal Acoustic Doppler Current Profiler* (H-ADCP) van het merk Teledyne RD Instruments type ChannelMaster (Figuur 2). De berekening van het debiet gebeurt met ViSea-H lokaal in de daartoe voorziene data-inwin PC's. Er is 1 toestel opgesteld aan de noordzijde of rechteroever, 1 aan de zuidzijde of linkeroever van het kanaal, telkens op 2 m diepte. De instellingen van de apparaten zijn weergegeven in Figuur 3.



Figuur 2 – 600 kHz H-ADCP Teledyne RDI - ChannelMaster

HARDWARE	H-ADCP Noordzijde	H-ADCP Zuidzijde
ADCP type	TRDI Channel Master	TRDI Channel Master
Serienummer	23981	23982
Firmware-versie	28.39	28.39
Bundelhoek	20 graden	20 graden
Frequentie	600 kHz	600 kHz
Aantal bundels	3 (waarvan 1 verticale)	3 (waarvan 1 verticale)
Bundelorïëntatie	Convex	Convex
MEETINSTELLINGEN		
Aantal pings per ensemble	8	8
Ensemble interval	1 per 10 seconden	1 per 10 seconden
Celgrootte	1 m	1 m
Aantal cellen	75	75
CALIBRATIE GEGEVENS		
ADCP hoogte (m t.o.v. NAP)	57.85	57.85
Geluidssnelheid	berekend uit temperatuurgegevens	berekend uit temperatuurgegevens
Maximum dwarsafstand	70 m	70 m
Bottom Roughness parameter	0.00035 (default)	0.00035 (default)
Pressure Gradient	1 (default)	1 (default)
Zij-extrapolatie factor	0.707 (default)	0.707 (default)
Aantal bins voor zij-extrapolatie	All (default)	All (default)

Figuur 3 – Instellingen 2 H-ADCP ChannelMaster

Uit Figuur 3 kunnen we afleiden dat het meetbereik van de ChannelMasters hier beperkt is tot 70 m, terwijl in theorie deze toestellen 90 m ver kunnen meten. De beperkte diepte van het Albertkanaal maakt dat deze afstand niet gehaald wordt.

Een uitgebreide beschrijving van de testen, analyses en resultaten die Aqua Vision heeft uitgevoerd kan gevonden worden in Eelkema et al. 2022.

De belangrijkste conclusies volgens Aqua Vision waren:

1. De stroming is in grote mate uniform verdeeld over de breedte van het kanaal.
2. Het verticale stromingsprofiel is in de bovenste helft van de waterkolom in hoge mate uniform in stroomsnelheden, en laat zich goed nabootsen met een logaritmisch profiel.
3. De fluctuaties in het debiet zijn goed terug te zien in de data van de H-ADCP's.
4. Middeling van de H-ADCP-data tot 1-minuutsdata verwijdert de meeste ruis en scheepspassages, zonder de werkelijke variatie uit het oog te verliezen.
5. De debieten van de H-ADCP's komen goed overeen met de debieten van de mobiele ADCP-metingen en de ADM.
6. Het beste resultaat voor het debiet wordt verkregen door de debieten van beide H-ADCP's te combineren, door per H-ADCP over de helft van het kanaal het debiet te bepalen, en vervolgens worden beide waarden opgeteld.

2.2 Nortek BV – testopstelling 2

De continue afvoermetingen zijn uitgevoerd met 2 toestellen van het type 1000 kHz 2-D *Aquadopp Profiler* van het merk Nortek (Figuur 4). De berekening van het debiet gebeurde nadien op kantoor aan de hand van de panelenmethode. Er is 1 toestel opgesteld aan de noordzijde of rechteroever, 1 aan de zuidzijde of linkeroever van het kanaal, telkens op 2 m diepte (Figuur 1). De instellingen van de apparaten zijn weergegeven in Figuur 5.



Figuur 4 – 1000 kHz 2-D Aquadopp Profiler - Nortek

Nortek 2D Aquadopp Profiler - instellingen	
Hardware frequentie	1000 kHz
Meet interval	60 seconden
Average interval	20 seconden
Aantal cellen	9 cellen
Cel grootte	4 meter
Blanking distance	2 meter

Figuur 5 – Instellingen 2-D Aquadopp Profiler - Nortek

Uit Figuur 5 kunnen we afleiden dat het meetbereik van de Aquadopp Profilers beperkt is tot 36m. De keuze voor deze hardware frequentie van 1000 kHz maakt het meetbereik beperkt, waardoor zelfs met 2 tegenover elkaar opgestelde toestellen de volledige breedte van het Albertkanaal niet kan bemeten worden.

Een uitgebreide beschrijving van de opzet van de testen, analyses en resultaten die Nortek heeft uitgevoerd kan gevonden worden in Daugharty en Kamminga 2022.

De belangrijkste conclusies volgens Nortek waren:

1. De Aquadopp Profiler data laat zien dat er variabiliteit in stromingsomstandigheden in de kanaaldoorsnede en in de tijd bestaat. Omdat de huidige omstandigheden op deze locatie een hoge mate van ruimtelijke en temporele variabiliteit laten zien, wordt een station met twee Profilers aanbevolen.
2. Voor het voorgestelde Profiler-station en instellingen die in deze implementatie worden gebruikt, zijn bereik en ruimtelijke en temporele resolutie voldoende om de snelheidsvariaties over de kanaalbreedte vast te leggen.
3. De output van de Profiler van 1 minuut kan worden verwerkt met een combinatie van “sliding median” en standaarddeviatiefiltering. De output kan verder worden verbeterd door te middelen over 3 of 5 minuten.
4. Gebruik van een Profiler met een lagere frequentie van 400 kHz en een grotere celgrootte en meetbereik zou kunnen worden onderzocht, maar vanwege geometrische beperkingen is het onwaarschijnlijk dat het volledige bereik in van het Albertkanaal wordt gehaald door de beperkte waterdiepte en interferentie met de bodem en het wateroppervlak.
5. De beste overeenstemming van het debiet met de ADM en de scheepsgebonden ADCP-metingen van Rijkswaterstaat wordt bekomen door de 2 Profilers te combineren, door per Profiler over de helft van het kanaal het debiet te bepalen, en vervolgens worden beide waardes opgeteld.

2.3 WL-HIC – testopstelling 3 en 4

De continue afvoermetingen zijn uitgevoerd met de klassieke H-ADCP-opstelling die door WL-HIC wordt toegepast, namelijk 1 toestel van het type Side-Looking Doppler Current Meter 500 kHz van het merk SonTek (Figuur 6). Zowel tijdens de week die Aqua Vision gemeten heeft als tijdens de week van Nortek werd de WL-HIC opstelling gebruikt, waarbij deels gemeten werd in een single-cell configuratie (“**testopstelling 3**”), als in multi-cell configuratie (“**testopstelling 4**”). Er is slechts 1 toestel opgesteld aan de noordzijde of rechteroever op 2 m diepte (Figuur 1). De instellingen van dit apparaat zijn weergegeven in Figuur 7.

De berekening van het debiet gebeurde telkens nadien met behulp van een R-script. Hierbij werden de stroomsnelheden uit de H-ADCP vermenigvuldigd met de oppervlakte van de dwarssectie om een debiet te bekomen ($Q=Av$). Beide debieten hadden een interval van 10 seconden en werden uitgemiddeld over het interval waarop de gelijktijdige ijkmeting plaatsvond. Op deze wijze werd er voor elke ijkmeting een debiets-debiets-punt aangemaakt, waarbij het debiet uit de H-ADCP (Q_{Av}) overeenstemt met een geijkt debiet (q_{ijk}).

Doorheen deze punten werd een relatie gefit gebruikmakend van de nlsLM functie van het minpack.Im pakket (Nonlinear Least Squares) voor zowel de punten verzameld in single-cell, als in multi-cell. Met deze relaties werd dan het ruwe terreindebiet uit de H-ADCP herrekend naar een best beschikbaar debiet (q_{calc} in de data analyse). Binnen de datareeksen aangeleverd door Aqua Vision BV en Nortek BV werd het best beschikbare debiet ook als q_{calc} gelabeld, telkens gekoppeld aan een overeenstemmend debiet uit een varende meting (q_{ijk}).



Figuur 6 – 500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter - SonTek

SL 500 kHz SonTek Single Cell (“opstelling 3”)		SL 500 kHz SonTek Multicel Cell (“opstelling 4”)	
Hardware frequentie	500 kHz	Hardware frequentie	500 kHz
Meet interval	10 sec	Meet interval	10 sec
Uitmiddelinginterval	10 sec	Uitmiddelinginterval	10 sec
Aantal cellen	1	Aantal cellen	7
Cell grootte	70m	Cell grootte	10 m
Blanking distance	2m	Blanking distance	2m
Cell begin	5m	Cell begin	5m
Cell Eind	70m	Cell Eind	70m

Figuur 7 – Instellingen 500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter - SonTek

Tijdens testopstelling 4 (multi-cell) heeft WL-HIC getracht om per cel van de H-ADCP een ijkingscurve op te stellen met het equivalent deel van het op dat moment opgemeten varende ADCP-debiet, maar dit is een te tijdrovend proces gebleken dat niet de verhoopte extra kwaliteitsverbetering opleverde. Deze optie wordt niet meer verder onderzocht gezien de behoorlijke resultaten van de “klassiekere” benadering, waarbij gewerkt wordt met 1 gemiddelde snelheid voor het volledige profiel, opgemeten in 1 cel (test 3) dan wel in meerdere cellen (test 4).

In het volgende hoofdstuk worden de “beste beschikbare debieten” van WL-HIC van beide testopstellingen 3 en 4 uitgebreid vergeleken met de resultaten van de andere deelnemers.

3 Vergelijking verschillende best beschikbare debieten

Na een grondige review van de data-analyse en rapportage van Aqua Vision en Nortek door de experts van RWS en WL-HIC, werd uiteindelijk aan beide partijen ter onderlinge vergelijking nog het volgende opgevraagd:

- Tijdsreeks van **BESTE continue debieten** gemeten met de beide ADCP's, d.i. de uiteindelijk door de partijen vrijgegeven debietmeetreeks (minuutreeks) voor de periode dat zij hebben gemeten.
- **De ijkingsmetingen van RWS met start en stop tijd, het ijkdebiet (varende meting) en dan het daarbij horende ADCP-debiet op basis van de combinatie van beide toestellen op noord- en zuidoever** (eventueel per toestel maar dat hoeft niet). Hieronder een kort voorbeeld van een dergelijke file.

	A	B	C	D	E	F	G
				Debieten (m3/s)			
Datum	Start	Stop	Varende meting	Noord Profiler	Zuid Profiler	Combinatie	
13/06/2022	13:13:20	13:14:16	12,08	3,67	-6,87	3,13	
13/06/2022	13:15:03	13:15:50	13,07	20,04	18,50	21,84	
13/06/2022	13:16:42	13:17:32	26,92	26,37	17,78	22,68	
13/06/2022	13:18:22	13:19:12	32,88	27,99	22,13	28,24	

Ook WL-HIC heeft zijn beste continue debieten berekend voor testopstelling 3 en 4 en deze werden mee in de onderlinge vergelijking betrokken.

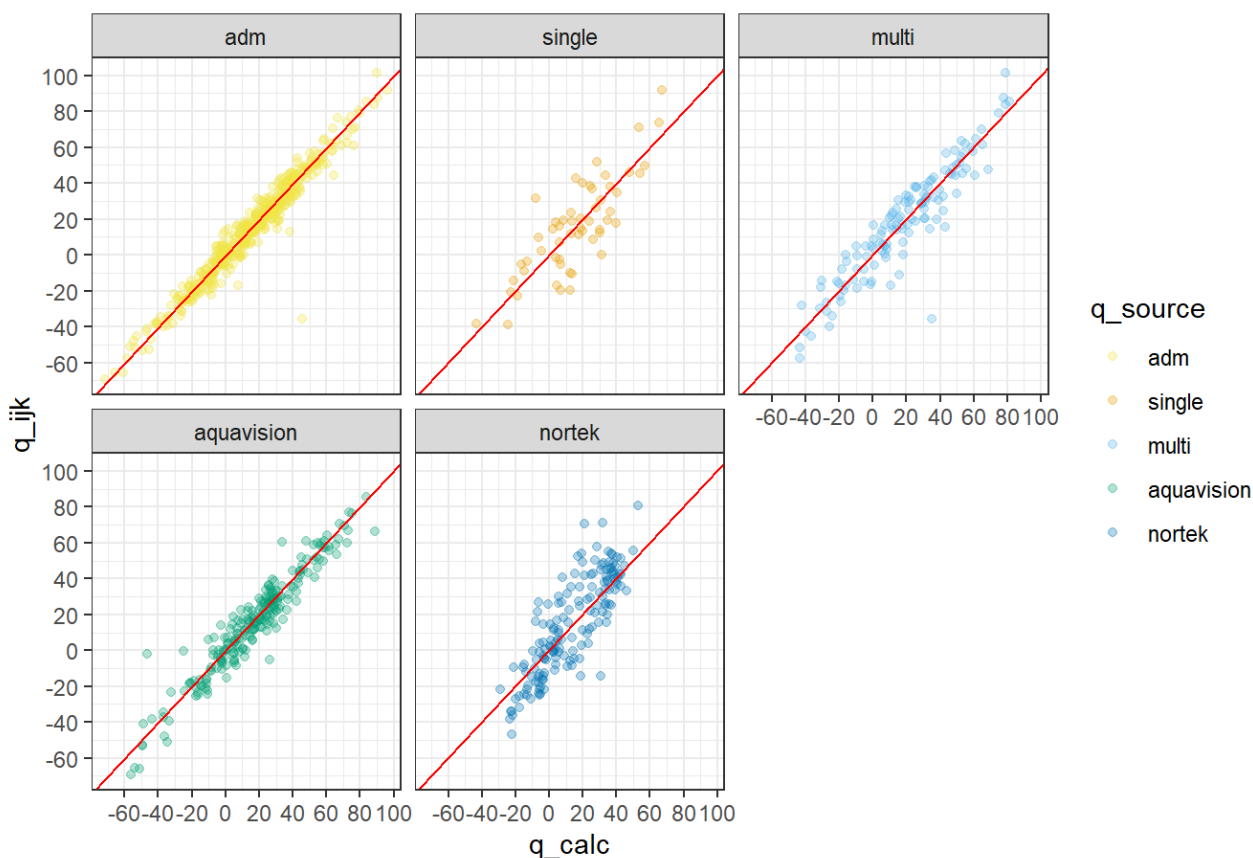
De "beste continue debieten" (q-calc) van alle partijen kunnen dan onderling vergeleken worden ten opzichte van de uitgevoerde varende ijkingsmetingen (q-ijk) en de beschikbare ADM-debieten. Hierbij werden de debieten van de ADM rechtstreeks gebruikt (meteen het best mogelijke debiet). Figuur 8 toont de verschillende correlatieplots. De volgende parameters werden afgeleid voor alle reeksen en telkens werd het gemiddelde en standaarddeviatie berekend (Tabel 1):

- Afwijking = $q_{ijk} - q_{calc}$
- Absolute Afwijking
- Percentuele afwijking = $afwijking/q_{ijk}$
- Absolute Percentuele Afwijking

Figuur 9 en 10 tenslotte geven nog de mediane absolute afwijking en de mediane absolute percentuele afwijking aan in verschillende debietscategorïën, samen met hun interkwartielafstand. Er is gekozen voor deze spreidingsmaten vanwege het niet-normaal verdeelde karakter van deze absolute gegevens.

Door de complexiteit van de verscheidene datasets werd ervoor gekozen om de analyse in R uit te voeren en het resultaat van de volledige analyse onder te brengen in een HTML-file. Dit strookt met de huidige methodiek waarbij het WL-HIC-team ruwe ijkmetingen verder verwerkt via een pipeline van R-scripts en waarbij analyses uitgewerkt worden in R-Markdown documenten die resulteren in een HTML met de resultaten. Bestaande debietsrelaties en ijkmetingen worden visueel geïnspecteerd in een interne R Shiny webapp en dit voor relaties die in productie draaien. Dergelijke webapp werd voor deze analyse niet ontwikkeld en gehanteerd.

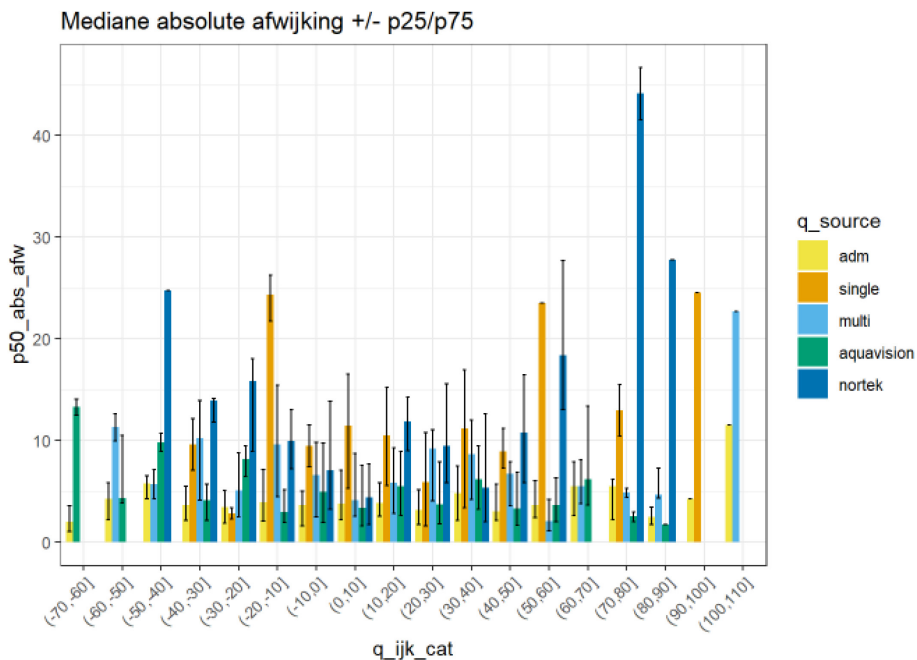
Correlatie Q H-ADCP en Q IJk



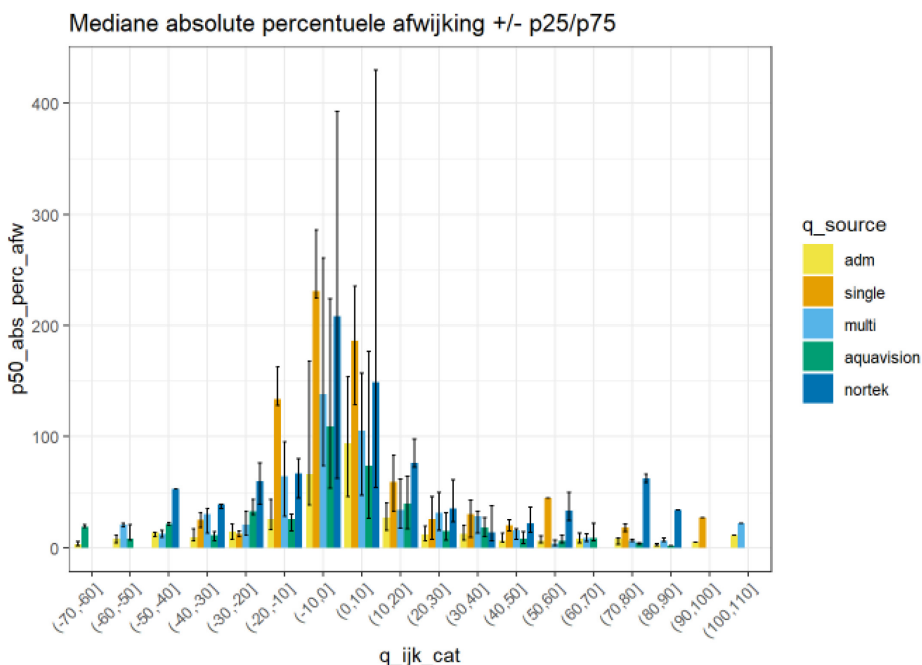
Figuur 8 – Correlatieplots tussen “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) en de varende ADCP-metingen (q_ijk). De diagonale lijn is de bissectrice tussen de horizontale en verticale as. Deze is niet de best mogelijke relatie tussen q_calc en q_ijk, maar kan dienen als referentie voor de weergegeven punten.

Tabel 1 – Vergelijkende statistiek verschillende “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen (q_ijk). (sd: standaarddeviatie; IQR: interkwartielafstand; p50: mediaan; gemid: gemiddelde; afw: afwijking; perc: percentuele; abs: absolute)

q_source	gemid_afw	sd_afw	gemid_perc_afw	sd_perc_afw	p50_abs_afw	IQR_abs_afw	p50_abs_perc_afw	IQR_abs_perc_afw	correlatie
adm	1,1	6,75	-12,35	125,89	3,67	3,89	17	29,5	0,97
single	-0,06	14,93	-29,52	124,39	10,52	11,53	49	106,25	0,83
multi	0,5	11,54	-10,33	95,54	6,73	8,23	25,5	41,25	0,93
aquavision	1,89	7,48	-13,59	117,1	4,72	6,59	22	38	0,96
nortek	-1,33	15,19	-35,25	154,31	9,78	11,1	50,5	54,75	0,83



Figuur 9 – Mediane absolute afwijking van alle “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen q_{ijk} voor de verschillende debietsklassen in en pklassen van $10 \text{ m}^3/\text{s}$. De zwarte foutbalken tonen de interkwartielafstand (waarden gelegen tussen p75 en p25).



Figuur 10 – Mediane absolute percentuele afwijking van alle “beste continue debieten” (ADM, single-cell WL-HIC (test 3), multi-cell WL-HIC (test 4), Aqua Vision (test 1), Nortek (test 2)) ten opzichte van de varende ADCP-metingen q_{ijk} voor de verschillende debietsklassen in klassen van $10 \text{ m}^3/\text{s}$. De zwarte foutbalken tonen de interkwartielafstand (waarden gelegen tussen p75 en p25).

Uit figuur 8,9 en 10 en tabel 1 leiden we het volgende af omtrent de “beste continue debieten” van alle deelnemende partijen vergeleken ten opzichte van de referentiemetingen (varende ADCP-metingen, waarbij elke overvaart individueel in rekening wordt gebracht):

- Op basis van de correlatiecoëfficiënt r (Pearson) zijn de ADM meetopstelling ($r = 0.97$) en de testopstelling van Aqua Vision ($r = 0.96$) zeer gelijkwaardig. De WL-HIC-opstelling met 1 toestel in multi-cell benadert eenzelfde samenhang ($r = 0.93$) met de ijkingsmetingen. De WL-HIC-opstelling met 1 toestel in single-cell en de testopstelling van Nortek is beduidend minder gecorreleerd met de ijkingsmetingen ($r = 0.83$).
- De standaarddeviatie van de afwijking en de interkwartielafstand van de absolute afwijking is over het algemeen het kleinst voor de ADM-meetopstelling en de testopstelling van Aqua Vision.
- De gemiddelde percentuele afwijking van de ADM-meetopstelling, de testopstelling van Aqua Vision en de WL-HIC-opstelling met 1 toestel in multi-cell is sterk vergelijkbaar.
- De mediane absolute afwijking is vrij constant over een groot bereik aan debietsklassen.
- De mediane absolute percentuele afwijking varieert sterk over de verschillende debietsklassen (ingedeeld per $10 \text{ m}^3/\text{s}$). In de klassen -10 tot $10 \text{ m}^3/\text{s}$ bedraagt deze meer dan 100% voor alle opstellingen, maar dat is normaal voor zulke lage debieten rond de $0 \text{ m}^3/\text{s}$, waar een kleine absolute afwijking percentueel sterk doorweegt.
- Op basis van de mediane absolute percentuele afwijking durven we stellen dat in alle debietsklassen de WL-HIC-opstelling met 1 toestel in single-cell en de Nortek-opstelling het minst goed presteren.

4 Conclusie

Op basis van een vergelijking van de “beste continue debieten” van alle deelnemende partijen met de als referentie geldende individuele uitgevoerde varende ADCP-metingen leert ons dat de huidige ADM-meetopstelling en de testopstelling van Aqua Vision (2 tegenover elkaar geplaatste RDI 600 kHz H-ADCP Teledyne RDI – ChannelMaster, metend in multicellen van 1m, lokaal geconfigureerd via Visea-H) sterk vergelijkbare resultaten oplevert. Wij zien dan ook dergelijke opstelling als een zeer valabel alternatief voor de looptijdmeter op deze plek.

Het alternatief met 1 H-ADCP toestel (500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter – SonTek metend in multi-cell (7 cellen van 10 m) en centraal verwerkt tot “een beste continu debiet” volgens de WL-HIC-methode zoals beschreven in 2.3) levert een sterk vergelijkbare kwaliteit op. Deze opstelling verdient zeker aanbeveling daar het centraal beheren van meetstations onze voorkeur geniet. Een combinatie van 2 gelijkaardige H-ADCP’s op die manier verwerkt zou wellicht nog betere resultaten opleveren, resultaten die vergelijkbaar zouden zijn met de testopstelling van Aqua Vision, maar dat kon hier niet getest worden.

De andere geteste opstellingen van WL-HIC (1 H-ADCP toestel (500 kHz Side-Looking Doppler Current Meter – SonTek) metend in single-cell (1 cel van 70 m) en centraal verwerkt tot “een beste continu debiet”) en deze van Nortek (2 toestellen 1000 kHz 2-D Aquadopp Profiler – Nortek metend in multi-cell (9 cellen van 4m) en en centraal verwerkt tot “een beste continu debiet”) leveren onvoldoende kwaliteit voor deze locatie.

Data-output van 1-minuutgemiddelde waarden lijkt plausibel, doch wij verkiezen om te werken met 5-minuutsgemiddelde debieten, opgemeten op basis van uitmiddeling van 10 s waarden.

WL-HIC stelt voor de ADM-opstelling te Kanne te vervangen door de testopstelling van Aquavision. Zo blijven de debietmetingen op het Albertkanaal te Kanne gegarandeerd van hoge kwaliteit.

5 Literatuurlijst

Daugharty, M.; Kamminga, S., 2022. Albertkanaal Data Report en Addendum. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen.

Eelkema, M.; van Dam, J., 2022. Vergelijkende stroming-debietsmetingen op het Albertkanaal te Kanne. Rapport AV210214_v02. Waterbouwkundig Laboratorium, Antwerpen.

DEPARTEMENT **MOBILITEIT & OPENBARE WERKEN**
Waterbouwkundig Laboratorium

Berchemlei 115, 2140 Antwerpen

T +32 (0)3 224 60 35

F +32 (0)3 224 60 36

waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.waterbouwkundiglaboratorium.be