



# Onderzoek naar de fysische omstandigheden van de Vortex power plant.

Rapport: VA2013\_19

Opgesteld in opdracht van:

p2managers/ H2mOtion

September 2013

door:

Q.A.A. de Bruijn

## Statuspagina

Titel:	Onderzoek naar de fysische omstandigheden van de Vortex power plant.
Samenstelling:	VisAdvies BV
Adres:	Postbus 2744 3430 GC Nieuwegein
Telefoon:	030 285 1066
Homepage:	<a href="http://www.VisAdvies.nl">http://www.VisAdvies.nl</a>
Opdrachtgever:	p2managers / H2mOtion
Auteur(s):	Bruijn. Q.A.A. de
E-mail adres:	<a href="mailto:info@VisAdvies.nl">info@VisAdvies.nl</a>
Eindverantwoording	J.H. Kemper
Aantal pagina's:	11
Trefwoorden:	druk, turbulentie, versnelling, Vortex power plant
Projectnummer:	VA2013_19
Datum:	September 2013
Versie:	Definitief

### Bibliografische referentie

Bruijn. Q.A.A. de, 2013. Onderzoek naar de fysische omstandigheden van de Vortex power plant. VisAdvies BV, Nieuwegein. Projectnummer VA2013\_19, 13 pag.

Copyright: © 2013 VisAdvies BV

Behoudens wettelijke uitzonderingen mag niets uit dit document worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaargemaakt, in enige vorm of op enige wijze hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van VisAdvies BV.

# Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	4
1.1	Doelstellingen .....	4
2	Materiaal en methode .....	4
2.1	Vortex Power Plant.....	4
2.2	Sensor Fish .....	4
2.3	Uitvoering veldwerk .....	5
3	Bespreking resultaten .....	6
3.1	Algemeen .....	6
3.2	Metingen.....	6
3.2.1	Druk.....	6
3.2.2	Rotatie .....	8
3.2.3	Acceleratie.....	9
5	Conclusies .....	11

# 1 Inleiding

Door de *Vortex power plant* wordt op kleine schaal energie opgewekt bij opvoerhoogtes tussen 0,7 en 2,0 meter. Deze technologie is gebaseerd op een rond bassin (carrousel) met een hydro turbine in het midden die wordt aangedreven door het water van een beek.

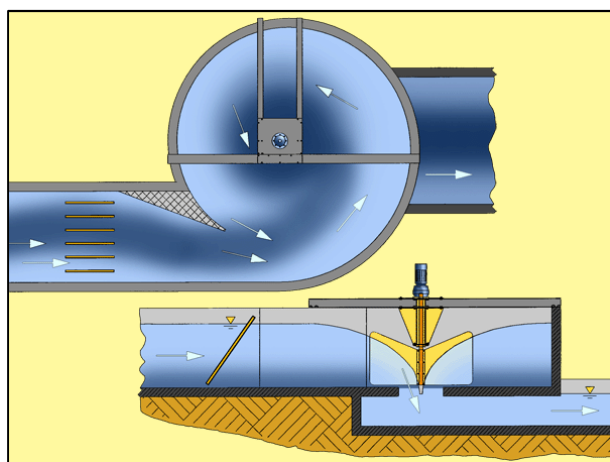
Om meer inzicht te krijgen in de fysische omstandigheden die vissen ondervinden bij het passeren van de Vortex power plant, zijn metingen uitgevoerd met behulp van de Sensor Fish.

## 1.1 Doelstellingen

- Het meten van druk, turbulentie en versnelling tijdens een passage door de Vortex power plant.
- Aan de hand van de resultaten mogelijke directe schade aan vis bepalen.

# 2 Materiaal en methode

## 2.1 Vortex Power Plant



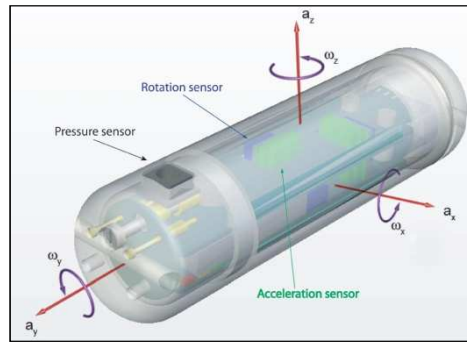
Het onderzoek is uitgevoerd bij een prototype van de *Vortex power plant* (VPP), gebouwd in Oostenrijk. Het aanvoerwater eindigt in een carrousel waardoor een vortex ontstaat waaraan de constructie zijn naam ontleent. Het onderzoek is in Oostenrijk uitgevoerd.

figuur 2.1 Boven- en zij aanzicht van de Vortex power plant.

## 2.2 Sensor Fish

Voor de metingen van de fysische omstandigheden tijdens passage, is gebruik gemaakt van de Sensor Fish (SF). Tijdens een passage worden gegevens met een frequentie van 2000 metingen/s op de SF opgeslagen, gedurende maximaal 4 minuten (480.000 dataregistraties). De SF meet de volgende fysische omstandigheden:

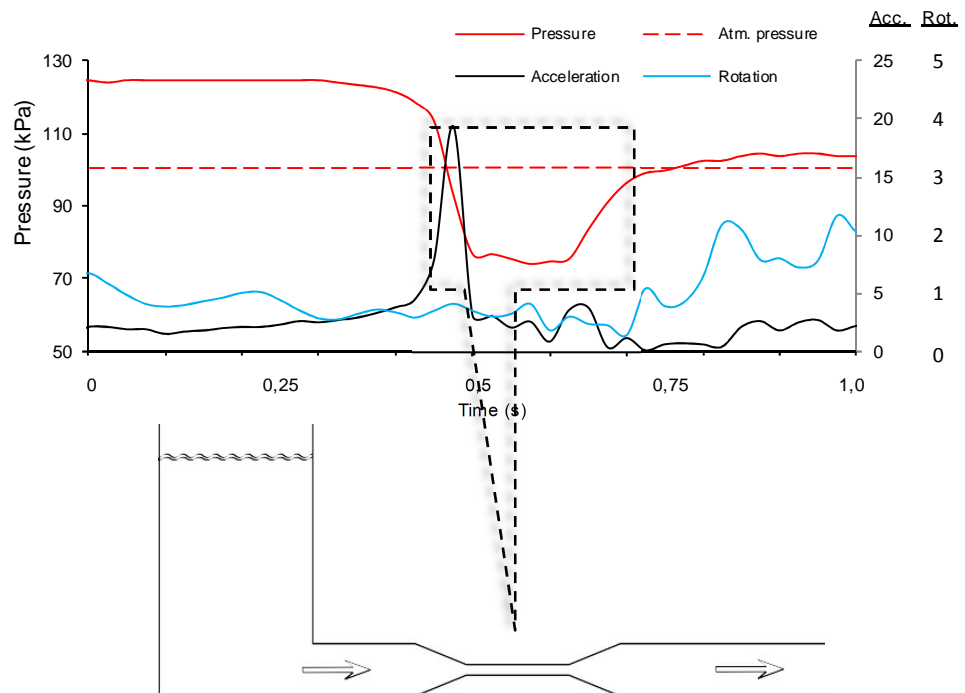
- Druk (kPa).
- Versnelling (g-kracht), en
- Rotaties (omwentelingen/s).



figuur 2.2 *Sensor Fish (Deng et al., 2007).*

De SF is gewichtloos in water ('neutrally buoyant') en stroomt eenvoudig mee door pompen en leidingen. De elektronica van de SF is omhuld door een waterdichte polycarbonaat behuizing. Data overdracht vanuit de SF gaat via een infrarood modem. Na passage door het onderzoeksgebied wordt de SF opgevangen en kunnen de gegevens worden uitgelezen. Na het opladen is de SF weer klaar voor gebruik.

In figuur 2.3 is een voorbeeld gegeven van een meting met de SF waarbij het water door een versmalling (venturi) wordt geleid. Door de versmalling neemt de stroomsnelheid van het water sterk toe en neemt de druk navenant af volgens de natuurkundige "Wet van Bernoulli". De druk kan daarbij tot onder de atmosferische druk dalen. Indien de overgang in druk sterk genoeg is bestaat de kans dat vis schade oploopt door plotselinge expansie van de zwemblaas.



figuur 2.3 *Meting (boven) met een SF gedurende de passage door een venturi (onder). De rode gestippelde lijn geeft de atmosferische druk aan. De onderdruk ( $t=0,4 - 0,7$  sec, rode lijn) geeft het moment aan dat de SF de versmalling (venturi) passeert. (de Bruijn & Vis, 2013)*

## 2.3 Uitvoering veldwerk

De metingen zijn op locatie in Oostenrijk uitgevoerd door de heer J. Jacobi (H2mOtion), op 14,15 en 16 augustus 2013. Er zijn drie verschillende SF apparaten gebruikt waarbij negen metingen zijn verricht. Aangezien het exacte traject niet is te voorspellen is de meting negenmaal herhaald. Op deze wijze werd inzicht verkregen in de variatie. De kans dat een extreme situatie over het hoofd wordt gezien is hier-

door verkleind. Eén van de metingen is verloren gegaan. De analyse en rapportage zijn uitgevoerd door VisAdvies BV.

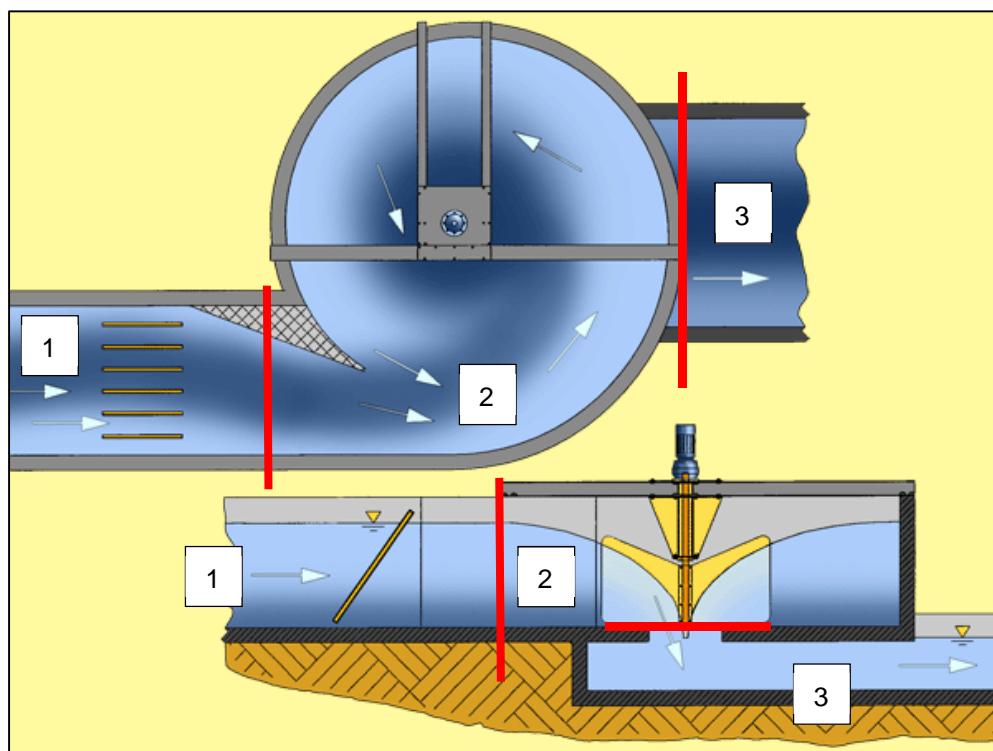
## 3 Bespreking resultaten

### 3.1 Algemeen

In figuur 3.1 is het traject door de VPP onderverdeeld in drie onderdelen.

1. Het aanloop traject. Hier wordt de SF te water gelaten aan de bovenstroomse zijde van de carousel.
2. De carousel. De SF wordt hier rond gevoerd en naar de bodem gezogen. De SF passeert dit traject in gemiddelde 3 seconde.
3. Het uitstroomkanaal.

Bij elke meting is op een periode van 14 seconde gepresenteerd (figuur 3.1).



figuur 3.1 Schematische afbeelding van de VPP met een onderverdeling in drie compartimenten.

### 3.2 Metingen

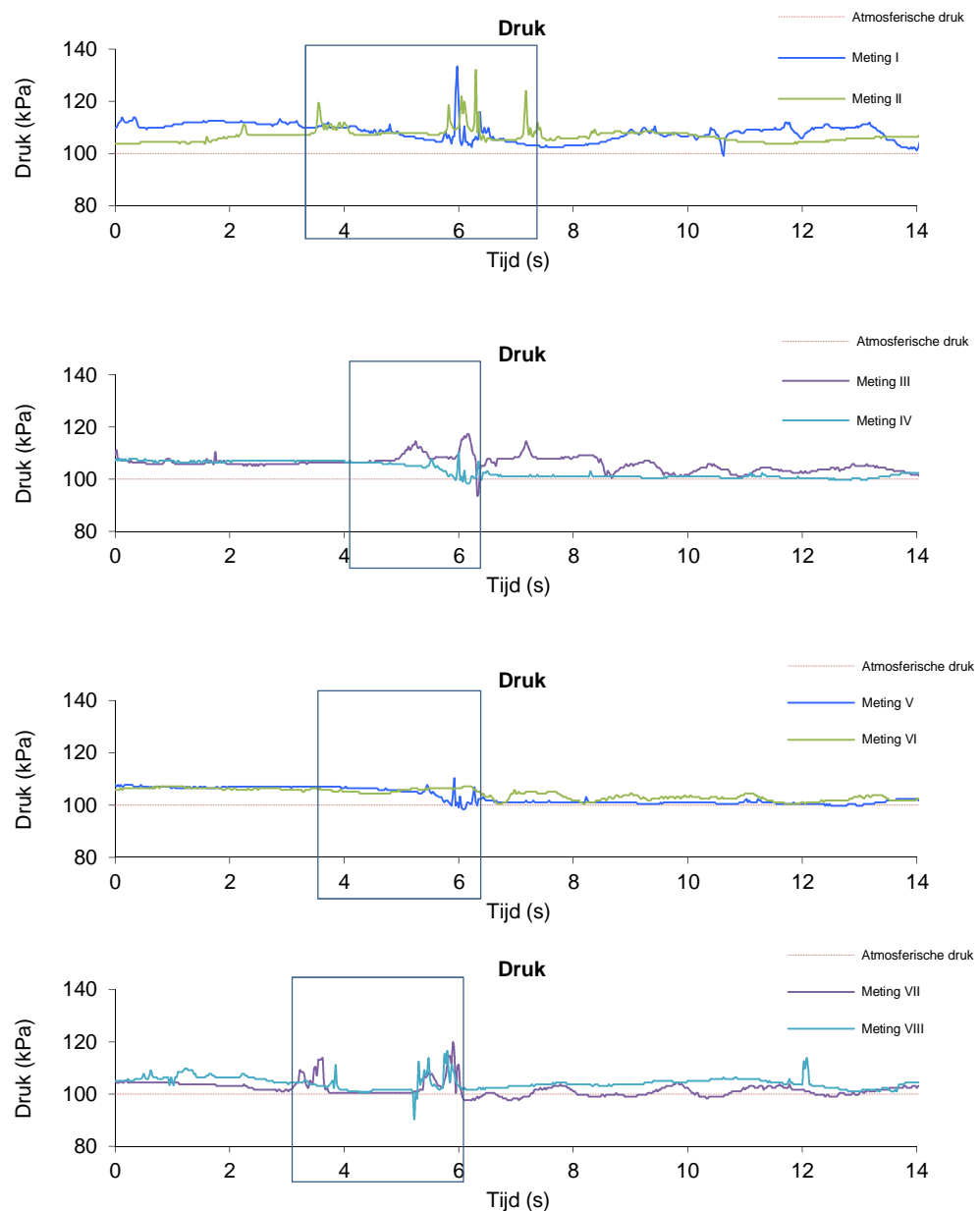
#### 3.2.1 Druk

In figuur 3.2 zijn de drukmetingen gedurende de passage door de VPP weergegeven. Voor de overzichtelijkheid zijn per figuur twee metingen. De gestippelde rode lijn geeft de atmosferische druk aan het wateroppervlak weer (101,3 kPa). De blauwe blokken geven de periode weer waarin de SF de carousel heeft gepasseerd.

De variatie in de metingen was beperkt, zodat steeds een vrijwel identiek patroon werd waargenomen. In het inlaatkanaal (locatie 1) en in de carousel (locatie 2) zijn alleen drukwaarden waargenomen die overeenkomen met de hydrostatische druk als

gevolg van het op en naar gaan van de SF onder het wateroppervlak. Bij de overgang tussen de carrousel en het uitstroomkanaal zijn de grootste drukverschillen gemeten (133,4 kPa bij meting I). Dit stemt overeen met een korte toename (0,25 sec) in de hydrostatische druk op het moment dat de SF de diepte wordt ingezogen. In het uitstroomkanaal keert de druk, zoals verwacht, terug na een waarde rond de atmosferische druk.

In onderzoek naar het effect van drukverschillen op vis waarbij een maximaal drukverschil van 57 kPa werd gemeten, kon tot 72 uur na het experiment, geen effect op vissen worden waargenomen (de Bruijn & Vis, 2013). Aangezien het drukverschil bij passage door de VPP niet meer dan 34 kPa was en slechts zeer kortstondig, kan worden uitgesloten dat vissen hierdoor schade ondervinden.



**figuur 3.2** Acht metingen in het verloop van de drukmetingen tijdens de passage door de VPP. De blauwe rechthoek geeft de periode waarin de SF de carrousel passeert. De gestippelde rode lijn geeft de atmosferische druk aan het wateroppervlak weer.

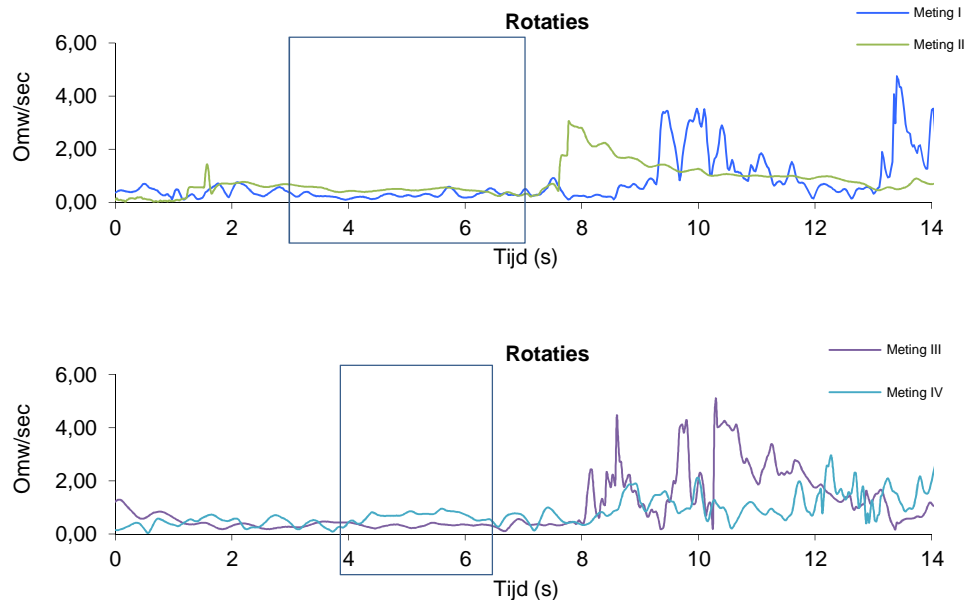
### 3.2.2 Rotatie

In figuur 3.3 zijn de acht metingen van de rotaties gedurende de passages weergegeven.

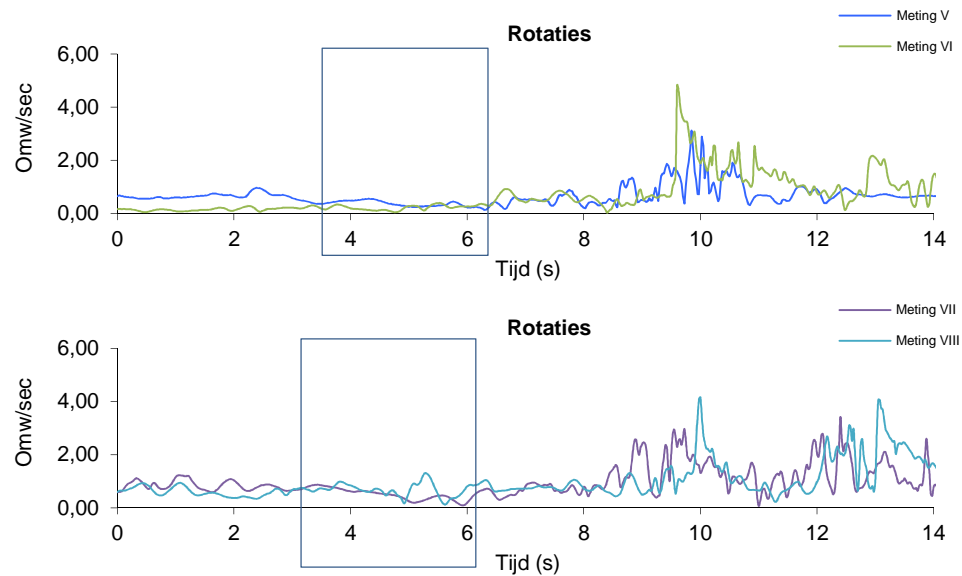
Er zijn er geen grote verschillen waargenomen tussen de verschillende metingen. Zoals verwacht, werd in het inlaatkanaal weinig turbulentie waargenomen ( $< 1$  omwenteling/sec). De turbulentie neemt pas toe wanneer de SF door de stroming de carousel is gepasseerd en in het uitstroomkanaal terecht komt. Rotaties tot 5,2 omwentelingen per seconde zijn hier waargenomen (meting III). Het water in het uitstroomkanaal is turbulent, waarbij waarden tot 5 omwentelingen per seconde worden gemeten.

Rotatie/ turbulentie kan een schadefactor vormen doordat vissen gedesoriënteerd en/of beschadigd raken. Desoriëntatie kan leiden tot een grotere kans op predatie door o.a. roofvissen of visetende vogels wanneer de vis een kunstwerk is gepasseerd.

Bij recent onderzoek naar het effect van rotaties op vis werd een maximaal aantal rotaties van 5 omwentelingen per seconde waargenomen. In dit onderzoek kon tot 72 uur na het experiment, geen effect op vissen worden waargenomen (de Bruijn & Vis, 2013). Uit de resultaten blijkt dat er na de passage door de VPP rotaties optreden tot ca. 5,2 rotaties per seconde. Op basis van deze resultaten wordt uitgesloten dat vissen geen directe schade ondervinden door het aantal rotaties die plaatsvindt tijdens passage door de VPP. Hierbij moet wel vermeld worden dat het niet duidelijk is of er een verhoogde kans op predatie ontstaat door de aanwezige turbulentie.







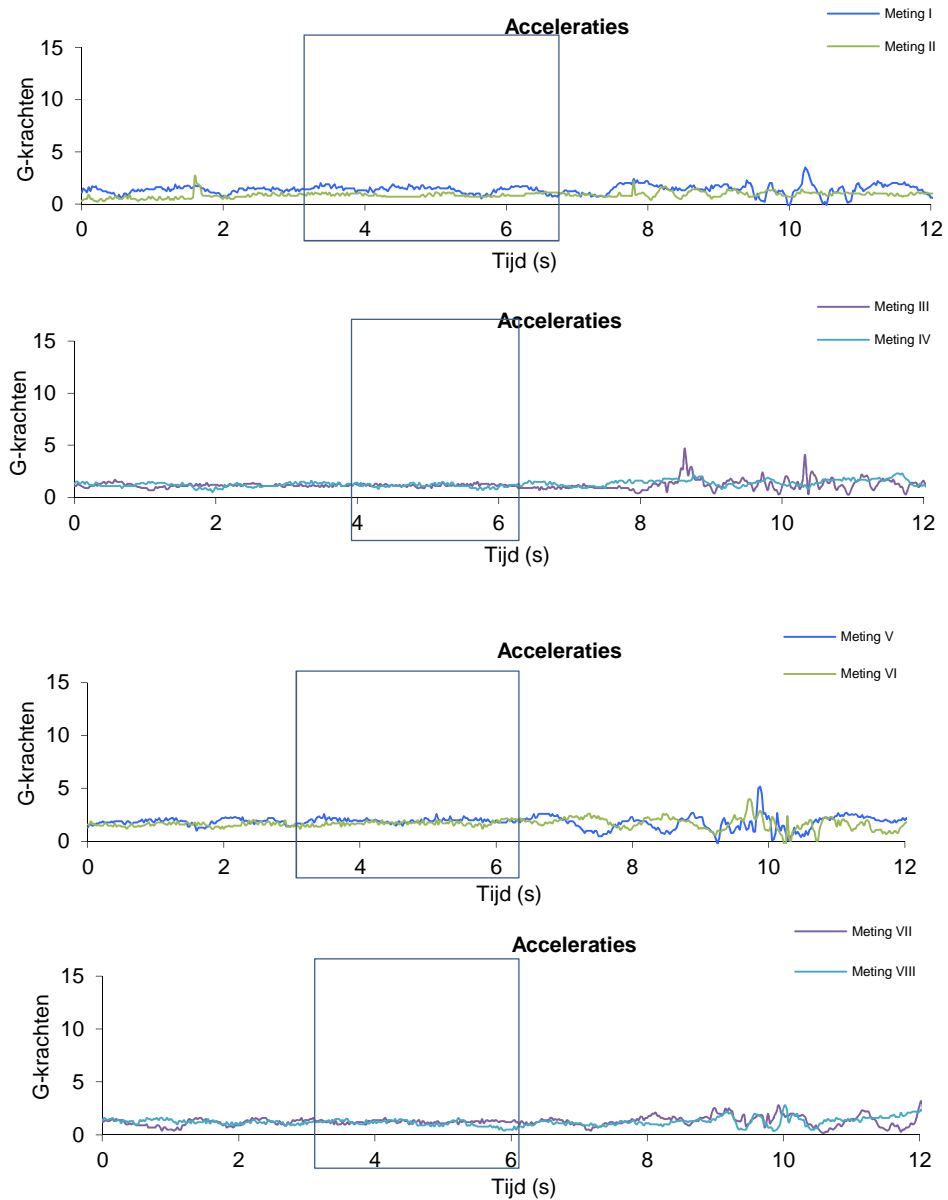
**figuur 3.3** Acht metingen in het verloop van de rotatie van de SF tijdens de passage door de VPP. De blauwe rechthoek geeft de periode weer waarin de SF de carousel passeert.

### 3.2.3 Acceleratie

In figuur 3.4 is de acceleratie in g-krachten gedurende de passages weergegeven.

Alle acht de acceleratiemetingen vertoonden min of meer gelijke patronen. In het instroomkanaal (locatie 1) en in de carousel (locatie 2) werden acceleraties tot 5 g-krachten gemeten. Alleen in het uitstroomkanaal (locatie 3) werden bij meting VIII en IV twee korte, hoge pieken gemeten. Deze twee pieken (tot 14 g-krachten) duiden op een botsing met een obstakel (het opvangen van de SF met een net). Bij de overige metingen op locatie 1 en 2 werden relatief lage g-krachten waargenomen (<5 g-krachten).

Grote versnellingen van water kan leiden tot tegengestelde stroomsnelheden die schadelijk zijn voor vis (shear stress). Tegengesteld stromende watermassa's werken hiermee als een schaar met als gevolg schubverlies, aantasting van slijm laag, verpletteren van interne organen, interne bloedingen, oogbeschadiging (uitscheuren, eruit springen, bloeding), oogverlies en bloedende kieuwen (Turnpenny *et al.*, 1992). Uit de resultaten blijkt dat er bij de passage door de VPP acceleraties optreden tot ca. 5 g-krachten. De twee korte, hoge pieken werden waargenomen in het uitstroomkanaal en zijn zeer waarschijnlijk veroorzaakt door botsen met een obstakel. Er wordt daarom op basis van deze resultaten uitgesloten dat vissen schade ondergaan door de acceleraties die plaatsvinden tijdens passage door de VPP.



*figuur 3.4* Acht metingen in het verloop van de acceleratie van de SF tijdens de passage door de VPP. De blauwe rechthoek geeft de periode weer waarin de SF de carrousel passeert.

## 5 Conclusies

- Het is niet aannemelijk dat de gemeten druk(verschillen) directe schade veroorzaken bij vissen tijdens het passeren van de VPP.
- Het is niet aannemelijk dat de gemeten turbulentie aan de stroomafwaartse zijde van de VPP tot desoriëntatie leidt.
- Het is niet aannemelijk dat de gemeten g-krachten directe schade veroorzaken bij vissen tijdens het passeren van de VPP.

---

## Literatuurlijst

- Bruijn, Q.A.A. de & H. Vis, 2013.** Test on fish survivability of the "Venturi Enhanced Turbine Technology". VisAdvies Nieuwegein, the Netherlands. Project number: VA2012\_33, 19 p.
- Deng, Z., Carlson, T., J. Duncan and M. Richmond, 2007.** Six-Degree –of-Freedom Sensor Fish Design and Instrumentation. *Sensors* (2007), 7, p. 3399-3415.
- Turnpenny, A.W.H., M.H. Davis, J.M. Fleming, and J.K. Davies. 1992.** Experimental studies relating to the passage of fish and shrimps through tidal power turbines. Marine and Freshwater Biology Unit, National Power, Fawley, Southampton, Hampshire, England.



Veluwehaven 43  
Postbus 2744  
3430 GC Nieuwegein

t. 030 285 10 66  
e. [info@VisAdvies.nl](mailto:info@VisAdvies.nl)  
[www.VisAdvies.nl](http://www.VisAdvies.nl)

K.V.K. 30207643; ABN-AMRO: 40.01.19.528

**Aansprakelijkheid:**

VisAdvies BV, noch haar aandeelhouders, vertegenwoordigers of werknemers, zijn aansprakelijk voor enige directe, indirecte, incidentele of gevolgschade dan wel boetes of andere vormen van schade en kosten die het gevolg zijn van of voortvloeien uit het gebruik van het advies van VisAdvies BV door opdrachtgever of voortvloeiend uit toepassingen door opdrachtgever of derden van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van VisAdvies BV. Opdrachtgever vrijwaart VisAdvies BV voor alle aanspraken van derden en de door VisAdvies BV daarmee te maken kosten (inclusief juridische bijstand) indien de aanspraken op enigerlei wijze verband houden met de voor de opdrachtgever door VisAdvies BV verrichte werkzaamheden.

Niettegenstaande het voorgaande is elke aansprakelijkheid van VisAdvies BV uit hoofde van de overeenkomst van opdracht tussen VisAdvies BV en opdrachtgever beperkt tot het bedrag dat in het betreffende geval onder de beroepsaansprakelijkheidsverzekering van VisAdvies BV wordt uitbetaald, vermeerderd met het bedrag van het eigen risico dat volgens de verzekering ten laste komt van VisAdvies BV. Indien geen uitkering mocht plaatsvinden krachtens genoemde verzekering, om welke reden ook, is de aansprakelijkheid van VisAdvies BV beperkt tot [twee keer] het bedrag dat door VisAdvies BV in verband met de betreffende opdracht in rekening is gebracht [en tijdig is voldaan in de twaalf maanden voorafgaande aan het moment waarop de gebeurtenis die tot de aansprakelijkheid aanleiding gaf plaatsvond,] met een maximaal aansprakelijkheid van [€50.000].