

University of Groningen

## Modelling the hydrodynamics of swimming fish, from individuals to infinite schools

Reid, Daniel Alexander Peter

**IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.**

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

2011

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Reid, D. A. P. (2011). *Modelling the hydrodynamics of swimming fish, from individuals to infinite schools*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

*Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.*

---

## STRESZCZENIE

---

Głównym tematem niniejszej pracy doktorskiej jest badanie hydrodynamiki ryb pływających przy pomocy ruchów falistych ciała. W pracy zastosowano model komputerowy (a ściśle metodę Dynamiki Zderzeń Wielocząsteczkowych, Multiparticle Collision Dynamics method) oraz meta-analizę danych eksperymentalnych z publikacji naukowych. W modelu komputerowym woda i jej dynamika są symulowane przy pomocy milionów cząstek, które poruszają się i zderzają ze sobą. Z zachowania cząstek w mikroskali wyłania się poprawna hydrodynamika w makroskali. Symulacje nieruchomych obiektów w strumieniu wody w tunelu pokazały, że przyłączenie długich, podobnych do ogona płyt zwiększa opór przy małych liczbach Reynoldsa, ale zmniejsza go przy większych liczbach Reynoldsa, co sugeruje, że ogon jest przydatny tylko większym organizmom. Dodatkowo badaliśmy pojedyncze obiekty, które zmieniają swoją pozycję, orientację i formę, a ściśle – machające skrzydło owadzie (w celach walidacji metody) i pływającą rybę. Wyniki dla obu przypadków są zgodne z danymi eksperymentalnymi. Pokazaliśmy także, że częsta w symulacjach komputerowych praktyka ograniczania ruchu ryby, tak by nie przyśpieszała, może wpływać na wyniki. Uniemożliwienie przyśpieszenia (zwalniania) ryby w przód nie wpływa znacząco na wyniki, jednak ograniczenie ruchu ryby w bok powoduje, że prędkość ryby do przodu wzrasta, a wzorce sił i przepływu są wyolbrzymione, co przypomina wyniki uzyskane w przypadku swobodnie pływającej ryby, poruszającej się z wyższą częstotliwością uderzeń ogona. Nasz ostatni model bada nieskończone ławice ryb w różnych konfiguracjach. Badaliśmy teoretycznie optymalną siatkę w kształcie rombu oraz siatkę w kształcie prostokąta. Dodatkowo aby oddzielić wpływ sąsiedztwa innych ryb z boku od wpływu sąsiedztwa innych ryb z przodu/tyłu, przeprowadziliśmy symulacje nieskończonej „kolumny” i nieskończonego „szeregu” ryb. Z jednej strony nasze wyniki są zgodne z teoretycznymi przewidywaniami, gdyż pokazują, że posiadanie sąsiadów z boku jest korzystne dla wydajności oraz że ciasny szereg siatki w kształcie rombu powoduje, że osobniki napotykają przed sobą obszar o niskiej prędkości wody. Z drugiej jednak strony zaskakujące jest to, że wyniki nie potwierdzają przewidywania, że ciasny szereg siatki w kształcie rombu zwiększa wydajność. Pokazaliśmy również, co ciekawe, że w większości przypadków płynięcie bezpośrednio za inną rybą w powstałych za nią niezakłóconych wirach jest korzystne, jeśli chodzi o prędkość i wydajność. Aby uzupełnić badania, przeprowadziliśmy meta-analizę opublikowanych danych eksperymentalnych na temat jednostajnego poruszania się rzeczywistych ryb. Dzięki zebraniu dużej ilości danych mogliśmy uzyskać kilka znaczących wyników, które znajdują zastosowanie w przypadku różnych gatunków ryb. Przede wszystkim pokazaliśmy, że najlepszym czynnikiem pozwalającym przewidzieć prędkość pływania ryby ( $U$ ) jest prędkość fali rozchodzącej się w kierunku tyłu na powierzchni jej ciała ( $V$ ). Pokazaliśmy także, że współczynnik poślizgu ( $U/V$ ) zależy od liczby Reynoldsa, co jest zgodne z wynikami naszego modelu. Podsumowując, niniejsza praca doktorska zwiększa wiedzę na temat poruszania się ryb pływających w sposób jednostajny przy pomocy ruchów falistych ciała, zarówno samotnie, jak i w ławicach.

