

The Effect of the Distance Between two Bulk Carriers on the Ship-ship Interaction during the Overtaking Process

Dr. Michel Barbahan*

Nawar Joureh**

(Received 19 / 10 / 2024. Accepted 18 / 12 / 2024)

□ ABSTRACT □

The hydrodynamic interaction between two or more ships in ports or inland waterways is a very important research area in marine engineering. During ship maneuvering, the ship captain tries to determine the speed limit and distance between their ship and any other ship passing by, especially in narrow waterways. This requires accurate prediction of the interaction force acting on both ships. Experimental studies have shown that the interaction can lead to a very large transversal forces and these forces are highly time-dependent, which may cause ships to deviate from their original courses during the overtaking process, leading to collisions. Based on the results of experimental measurements, some empirical formulas have been proposed that provide an approximate estimate of the forces acting on ships during the overtaking process, but their results are satisfactory only when the ship speed is very high, and the water depth is shallow and constant. Currently, the Computational Fluid Dynamics (CFD) technique is considered one of the best and most accurate techniques used worldwide to study and calculate all phenomena related to fluids. Accordingly, in this research, the URANS (Unsteady RANS Averaged Navier Stokes Equation) equations and the $k-\omega$ SST turbulence model were used to solve the Navier-Stokes equations. Then, CFD was used to calculate the hydrodynamic interaction between two JBC bulk ships with different values of the transverse distance between the two ships. The interaction between the two ships was studied with different values of the distance between them $y_{pp} = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 B$. At first, a validation study was carried out for the numerical grid and settings by comparing the CFD-results obtained with the available experimental results, and the agreement was very good. The CFD-results confirm that the transverse distance between the two ships greatly affects the interaction between them, and the smaller the distance, the greater the probability of the two ships colliding with each other.

Keywords: Overtaking, JBC, CFD, ANSYS, Fluent, URANS, $K - \omega$ SST

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor. Marine Engineering Department, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. Email: dr.michelyouzeffbarbahan@tishreen.edu.sy

** PhD Student, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. Email: nawar.jouriah@tishreen.edu.sy

تأثير المسافة بين سفينتي صب على التفاعل المتبادل بينهما أثناء عملية التجاوز

د. ميشيل بربهان*

نوار جورية**

(تاريخ الإيداع 19 / 10 / 2024. قبل للنشر في 18 / 12 / 2024)

□ ملخص □

إن التفاعل الهيدروديناميكي بين سفينتين أو أكثر في الموانئ أو الممرات المائية الداخلية هو مجال بحثي مهم جداً في الهندسة البحرية. أثناء مناورة السفن، يحاول ربان السفن تحديد حد السرعة والمسافة بينها وبين أي سفينة أخرى تمر بجانبها، وخاصة في الممرات المائية الضيقة. وهذا يتطلب التنبؤ الدقيق بقوة التفاعل المؤثرة على كلتا السفينتين. أظهرت الدراسات التجريبية الرائدة أن التفاعل يمكن أن يؤدي إلى لحظة انحراف كبيرة جداً وهذه اللحظة تعتمد بشكل كبير على الوقت، مما قد يجعل السفن تتحرف عن مساراتها الأصلية أثناء عملية التجاوز، مما يؤدي إلى تصادمات. بناءً على النتائج التي توصلت إليها القياسات التجريبية، تم اقتراح بعض الصيغ التجريبية التي توفر تقديراً تقريبياً للقوى المؤثرة على السفن أثناء عملية التجاوز، لكن نتائجها تكون مرضية فقط عندما تكون سرعة السفينة عالية جداً، وعمق المياه ضحل وثابت. حالياً تعتبر تقنية ديناميك الموائع الحسابية CFD من أفضل وأدق التقنيات المستخدمة على مستوى العالم لدراسة وحساب كل الظواهر المتعلقة بالموائع، وعليه تم في هذا البحث استخدام معادلات الـ URANS (Unsteady RANS Averaged Navier Stocks Equation) والموديل الرياضي SST- $k-\omega$ لحل معادلات نافيه ستوكس الناعمة للجريان. بعد ذلك تم استخدام CFD من أجل حساب التأثير المتبادل بين سفينتي صب من نوع JBC مع قيم مختلفة للمسافة العرضية بين السفينتين. تم دراسة التأثير المتبادل بين السفينتين مع قيم مختلفة للمسافة بينهما $B = 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0$. تم في البداية إجراء عملية معايرة للشبكة والإعدادات الرقمية من خلال مقارنة النتائج التي تم التوصل إليها مع النتائج التجريبية المتوفرة وكان التوافق جيد جداً. النتائج التي تم الحصول عليها تؤكد أن المسافة العرضية بين السفينتين تؤثر بشكل كبير على التفاعل المتبادل بينهما وكلما قلت المسافة كلما زاد احتمال تصادم السفينتين مع بعضهما البعض.

الكلمات المفتاحية: عملية التجاوز، ناقله الصب JBC، ميكانيك الموائع الحسابية، برنامج الـ Ansys، برنامج الـ Fluent، طريقة الـ URANS، موديل الاضطراب SST- $k-\omega$.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* أستاذ - قسم الهندسة البحرية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

الايمل: dr.michelvouzefbarbahan@tishreen.edu.sy

** طالب دكتوراه - قسم الهندسة البحرية- كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. الایمیل:

nawar.jouriah@tishreen.edu.sy

مقدمة:

تعتبر ظاهرة التفاعل الهيدروديناميكي بين السفن أثناء عملية التجاوز من المشاكل المهمة التي تتعرض لها السفن، وما ينتج عنها من انخفاض في كفاءة الدفع وفعالية المناورة. تحدث هذه الظاهرة عندما تقترب سفينة من سفينة أخرى بشكل كبير، مما يؤدي إلى تغيير في حقول الضغط والسرعة المحيطة ببدن السفينة، وينتج عن ذلك قوى وعزوم هيدروديناميكية تؤثر سلباً على قدرة كل من السفينتين على المناورة والذي بدوره يؤدي إلى حوادث تصادم بين السفن. هناك الكثير من الأبحاث التي تمت وتتم حالياً من أجل دراسة هذه الظاهرة ودراسة تأثيراتها على السلوك الهيدروديناميكي للسفينتين أثناء عملية التجاوز. إن عدد البيانات التجريبية المنشورة فيما يتعلق بالتفاعل بين السفن صغير إلى حد ما. ويرجع هذا في الأساس إلى سببين. الأول هو أن الاهتمام بهذا الموضوع جديد إلى حد ما. فقد نشر نيوتن أولى التجارب في عام 1960 [1]. والسبب الثاني هو بالتأكيد تعقيد الأمر. فالكثير من البارامترات تلعب دوراً مهماً في هذه الظاهرة وتأثيراتها. وعلاوة على ذلك، فإن البارامترات المؤثرة ليست كلها مستقلة التأثير ويوجد ترابط فيما بينها. كما أن المعدات التجريبية اللازمة لإتمام مثل هذه التجارب معقدة ومكلفة جداً حتى يومنا هذا.

كما ذكرنا سابقاً، بدأ Newton (1960) [1] في دراسة قوى التفاعل أثناء مناورات التجاوز باستخدام نموذجين لسفينتين في المياه العميقة. النماذج التي استخدمها نيوتن مثيرة للاهتمام في عمليات التفريغ، لكن مناورات التجاوز مختلفة تماماً عن مناورة التفريغ من ناحية السلوك الهيدروديناميكي للسفينتين المدروستين. على عكس نيوتن ركز مولر (1967) على التجاوز والالتقاء بين سفينتين في قنوات ضيقة [2].

قام Dand (1978) و Kijima (1981) بدراسة الأسباب الفيزيائية لقوى التفاعل [5]–[3]. بعد ذلك، واصل Dand أبحاثه، حيث ركز على اختبارات التجاوز واللقاء المباشر لنموذج سفينتين بمسار متوازي. قام بإجراء الاختبارات على نطاق واسع وأبلغ عنها. تم قياس القوى على السفينة التي يتم تفريغها ((Ship To Be Lightered, STBL) وتم تقديم نموذج رياضي للتنبؤ بهذه القوى. ذكر Dand أن هذه القوى تتناسب عموماً مع كل من [4], [3]:

- مربع السرعة.
 - معكوس المسافة بين السفينتين.
 - الجذر التربيعي العكسي لنسبة الخلوص السفلي إلى الغاطس (the under-keel clearance to draught ratio).
- بدأ Brix (1979) في البحث في هذا الموضوع [6]، وفي النهاية قام بنشر الدليل الفني للمناورة (بريكس، 1987) [7]. وهو يقترح طريقة لتقدير القيم القصوى للقوى الطولية والعرضية وعزم الانحراف أثناء عملية التجاوز. ومع ذلك، أشار Brix إلى أنه يجب استخدام الطريقة المقترحة مع قدر معين من الحذر لأنها تحوي على مقدار لا بأس به من الخطأ، حيث تنطبق عليها بعض القيود الصارمة، كما أشار بريكس (1993) نفسه، حيث قال: "بجانب بعض الأساليب النظرية والنتائج التجريبية، لا تتوفر نتائج موثوقة. وبالتالي، وفي ظل المعرفة الحالية المحدودة في هذا المجال، يمكن استخدام الطريقة الأخيرة (...). حتى تتوفر معرفة أفضل في متناول اليد".
- على الرغم من أن جميع المنشورات المذكورة سابقاً تتناول التفاعل بين السفن، إلا أن فائدتها محدودة إلى حد ما في حالة عمليات التفريغ. فالمسافات الجانبية ليست هي المطلوبة للتفريغ، والسرعات مختلفة قليلاً في كل مرة بدلاً من اختلاف السرعة الصفري، كما أن نسبة الطول هي أيضاً عامل مهم جداً لسيناريو التفريغ والتي لم يتم أخذها بعين الاعتبار. وعلى الرغم من محدودية الفائدة، فإن النماذج المقترحة تعطي فكرة كمية عن قوى التفاعل.

تم إجراء المزيد من الاختبارات حول تفاعل السفن، ولكن في كل مرة لحالات محددة للغاية. ومع ذلك، فمن الحكمة إلقاء نظرة عليها أيضاً.

من الحالات المثيرة للاهتمام بشكل خاص للتفاعل بين السفن ذات الأهمية العملية الكبيرة هي قوى التفاعل على سفينة راسية بسبب مرور سفينة أخرى. يحدث هذا الموقف كثيراً في الموانئ في جميع أنحاء العالم. تحدد هذه القوى القوة المطلوبة للمعدات اللازم استخدامها مع السفينة الراسية. نشر [8] Remery (1974) و [8] Kyulevcheliev (2003) [9] نتائجهما حول هذا الموضوع. ركزت جميع الأبحاث حتى الآن على قوى التفاعل الهيدروديناميكي بين السفن ومن أجل الحصول على هذه القوى بأكبر قدر ممكن من الدقة، تم إهمال حركات الموجات. أجرى Ronæss (2002) [10] اختبارات في الماء مع موجات منتظمة مع تثبيت للنماذج بوجود مسافة فاصلة ثابتة بينها.

أخيراً، ولكن ليس آخرًا، أجرى Vantorre (2001) [11] برنامج اختبار شامل وكامل يتعلق بقوى التفاعل بين السفن. وقد تم استخدام العديد من النماذج. وتم تغيير المسافة الجانبية والمسافة الطولية والسرعة والمسودة وعمق الماء. وتنتشر الورقة نموذجًا رياضيًا لحساب القوى والعزوم أثناء عملية التجاوز، بناءً على بيانات تجريبية واسعة النطاق، يقترح النموذج المقترح صياغة لحجم وموقع القيم القصوى لقوى التفاعل. النماذج التي تمت دراستها صغيرة الحجم جدا حيث أن نسبة التصغير كانت 75/1 بالمقارنة مع السفينة الحقيقية ولم يتم اختبار تأثير تغيير نسبة التصغير على نتائج الدراسة. ومع ذلك، يعتمد النموذج على النتائج الأولية ولا يصوغ حلاً نهائيًا لهذه المشكلة إلا أنه اعتبر نموذجًا جيدًا في ذلك الوقت.

كانت مؤسسة Marintek (2004) [2]، وهي مؤسسة بحثية نرويجية، أول مؤسسة تركز على حالة تخفيف الوزن. وبهذا تم تثبيت سفينة STBL بواسطة ذراع السحب، بينما كانت لسفينة التي يتم شحنها The ServiceShip, SS حرة في التحرك، ويتم توجيهها بواسطة جهاز تحكم عن بعد. وقد ثبت أن إعداد الاختبار هذا غير قادر على تقديم نتائج مفصلة وموثوقة للغاية. ولم يكن من الممكن سوى تقديم صورة نمطية عن سلوك السفينتين. واصلت Marintek و NTNU Trondheim أبحاثهما ونشرت Opheim (2005) [2] المزيد من نتائج الاختبار في هذا الصدد. ومع ذلك، أظهرت النتائج بعض الاختلافات غير القابلة للتفسير، ربما بسبب عدم الدقة في أجهزة القياس وعملية المعايرة الخاصة بها.

مما سبق نلاحظ أن الكثير من الدراسات تعتمد على إجراء اختبارات تجريبية لنماذج حقيقية مصغرة في أحواض اختبارات النماذج والتي تحتوي على أجهزة قياس قادرة على تصوير حقل الجريان ومختلف التفاعلات بين السفن ولكن بسبب ازدياد تكلفة هذه الأجهزة والزمن اللازم لتنفيذ التجربة وعدم الدقة في النتائج التجريبية بالأخص في الحالات المعقدة أصبح الأمر صعباً نوعاً ما، لذلك يتم حالياً التوجه إلى تقنيات أخرى لدراسة الجريان، حيث يتم حالياً استخدام تقنية ديناميك الموائع الحسابية (CFD, Computational Fluid Dynamics) والتي تعتبر إحدى فروع ميكانيك الموائع التي تستخدم الطرق العددية والخوارزميات لحل المسائل التي تتضمن جريان الموائع.

Sadat-Hosseini et al (2011) [12] قاموا بدراسة التفاعل بين ناقلتين مختلفتين KVLCC2 وناقلة AFRAMAX في المياه الضحلة تتحركان بنفس السرعة ومسافة فاصلة ثابتة باستخدام تقنية CFD حيث تم استخدام طريقة URANS ونموذج الاضطراب k- ω SST [13]. تم دراسة توزيع الضغط على جوانب بدن السفينة لكل من الناقلتين بناءً على نتائج هذه الدراسة. تم التحقق من النتائج الرقمية من خلال مقارنتها مع النتائج التجريبية المتوفرة. ركزت الدراسة على أصغر خلوص تحت القرينة وأقل عمق للمياه من بين الدراسات التجريبية التي تمت، كما تم دراسة

تأثير التباعد الطولي. من خلال هذه الدراسة تم التنبؤ بالقوى والعزوم الهيدروديناميكية بالإضافة لنمط الموجة وقوة السحب المتولدة بفعل حركة السفينة والتي أظهرت توافقاً تاماً مع النتائج التجريبية [12].

Zou, L. and Larsson, L (2013) [14] قام الباحثان بدراسة التفاعل بين سفينتين خلال عملية التفريغ باستخدام تقنية CFD حيث تم استخدام طريقة RANS لحل معادلات نافيه ستوكس بالاستعانة ببرنامج SHIPFLOW والذي يعتمد على طريقة الحجوم المنتهية. تم اجراء حسابات منهجية مع التركيز بشكل رئيسي على التباعد الطولي والجانبى بين ناقلتي نبط الاولي سفينة AFRAMAX والثانية KVLCC2، حيث تم دراسة عملية التفريغ في عدة حالات مع تغيير التوضع النسبي الطولي والجانبى بينهما وذلك مع إهمال وجود الأمواج. في البداية تم دراسة تغيير التوضع النسبي الطولي مع تثبيت قيمة التباعد الجانبي بين السفينتين، ثم تم دراسة تأثير تغير التباعد الجانبي مع تثبيت التوضع النسبي الطولي بينهما [14].

Sian et al. (2016) [15] قاموا بدراسة تفاعل ناقلة غاز طبيعي مسال LNG مع سفينة حاويات من السلسلة 60، تتقدمان بالتوازي على مقربة من الضفة وذلك بطريقتين الأولى باستخدام اختبارات النماذج والثانية باستخدام برنامج الـ ANSYS-Fluent 15 الذي يعتمد على تقنية CFD. ركزت الدراسة على دراسة التفاعل بين السفينتين مع وجود الضفة حيث تم إجراء الحسابات للحالات التالية: تأثير الضفة على سفينة واحدة، التفاعل بين سفينتين ومحاكاة تأثير الضفة مع وجود سفينة مجاورة. استخدم في الدراسة نموذج الاضطراب $k - \omega SST$ ، كما تم إجراء الحسابات باستخدام عدد خلايا 2 M، لوحظ وجود توافق جيد بين النتائج التجريبية والرقمية مع بعض الفروق في كل من القوة الجانبية Sway وعزم الدوران Yaw. بينت النتائج أن وجود مزيج من التفاعلات ضفة-سفينة وسفينة-سفينة يؤدي إلى تولد قوى هيدروديناميكية أكبر بالمقارنة مع تفاعل سفينة-سفينة لوحده أو سفينة-ضفة لوحده.

Liu et al. (2024) [16] استخدم طريقة RANS من أجل دراسة التأثير المتبادل بين سفيتي حاويات KRISO (KCS) تعملان في المياه الساكنة، تبحران خلف بعضهما البعض مع مسافة ثابتة بين الاثنتين وبنفس السرعة. تم استخدام طريقة الـ VOF لمحاكاة السطح الحر. تم استخدام نموذج سفينة KCS بدون الرافص في الدراسة. تم في البداية دراسة القوى وحقل الأمواج المتشكل حول سفينة واحدة، ليتم في الخطوة التالية دراسة السفينتين وهما تبحران بنفس السرعة خلف بعضهما البعض. تمت الدراسة عند قيم مختلفة لأرقام فرود لكل من السفينة لوحدها وللسفينتين خلف بعضهما البعض. تم اكتشاف أن معامل المقاومة للسفينة التالية يقل في فترة سرعة معينة تحت تأثير السفينة الرائدة، حيث يمكن أن يصل الحد الأقصى للتخفيض إلى 24.3%. السبب الأساسي في هذه الظاهرة هو أن الموجة المحيطة بالسفينة التالية يتم تخميدها بواسطة الموجة المستعرضة خلف السفينة الرائدة حيث يتم تقليل ارتفاع الأمواج المتشكلة خلف السفينة التالية، وهذا ينتج عنه تقليل مقاومة السفينة التالية. لم تطرق هذه الدراسة إلى دراسة التأثير المتبادل بين السفينتين أثناء عملية التجاوز.

مما سبق يمكن ملاحظة أن دراسة هذه الظاهرة أمر مستمر بدون توقف بسبب أهمية القوى والعزوم التي تؤثر على السفينتين أثناء عمليات التجاوز وأثناء عمليات الشحن والتفريغ. كما نلاحظ من خلال الدراسات المرجعية أن القسم الأكبر من الدراسات يركز على سفن النفط على اعتبارها عصب التجارة العالمية حالياً ويهمل التركيز على سفن الصب. ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة في التركيز على سفن الصب وبالأخص سفينة الـ JBC والتي تعتبر من سفن الصب الحديثة نوعاً ما ويتم استخدامها من قبل الكثير من الباحثين بسبب توفر الكثير من النتائج التجريبية لها ولأنها تشكل نموذجاً جيداً لسفن الصب المستخدمة في التجارة العالمية. وهنا بعض الأبحاث التي تم إجراؤها على ناقلة الصب

والتي تؤكد اعتماد الباحثين على هذه السفينة في الكثير من الدراسات الحالية JBC [23]–[17]. كما يجب التنويه إلى أنه لا يوجد حتى الآن أية دراسة تخص عمليات التجاوز بين سفينتي JBC في البحر المفتوح.

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث وأهدافه في الأمور التالية:

- دراسة التفاعل المتبادل بين سفينتي صب أثناء عملية التجاوز.
- دراسة تأثير المسافة العرضية بين سفينتي الصب على كل من القوى العرضية المؤثرة عليها، وكذلك على العزم حول المحور الشاقولي.
- دراسة تفصيلية لحقل التدفق حول كل من السفينتين ومقارنته مع حقل التدفق حول السفينة التي تبحر بمفرها لمعرفة التأثير التفصيلي لعملية التجاوز على السلوك الهيدروديناميكي للسفينتين.

1. منهجية البحث

- تحليلية تجريبية في بيئة الـ ANSYS الافتراضية.

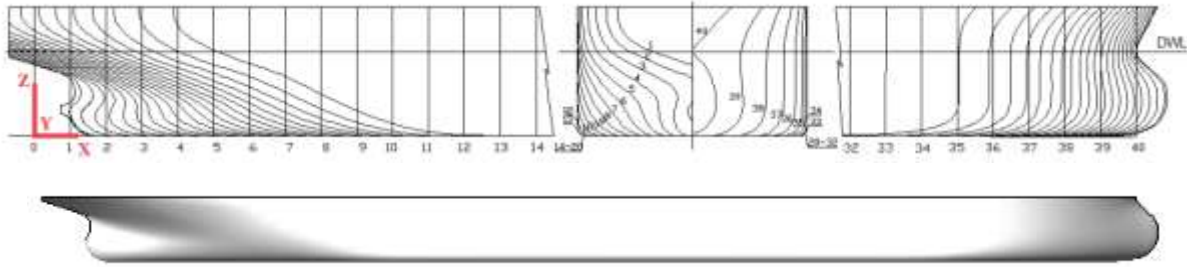
طرائق البحث ومواده:

يمكن تلخيص الطرق والمواد التي تم استخدامها في هذا البحث بالتالي:

- النموذج الهندسي لناقلة الصب JBC [24].
- تقنية الـ CFD والتي يوفرها الكثير من البرامج حالياً.
- طريقة الـ URANS وموديل الاضطراب $K - \omega SST$ لحل معادلات نافيه ستوكس، والمتوفرة ضمن برنامج الـ Ansys الذي تم استخدامه.

2. الأبعاد الهندسية

تم في هذه الدراسة استخدام نموذج سفينة الصب JBC الموضح في الشكل 1، تم دراسة النموذج بمقياسين، الأول مشابه تماماً لمقياس تصغير النموذج أثناء اختباره في قنوات الجر وهو بمقياس تصغير 1/40 والثاني هو السفينة بالمقياس الحقيقي. الأبعاد الهندسية لكل من النموذج والسفينة الحقيقية موضحان في الجدول 1.



الشكل 1: ناقلة الصب JBC [25].

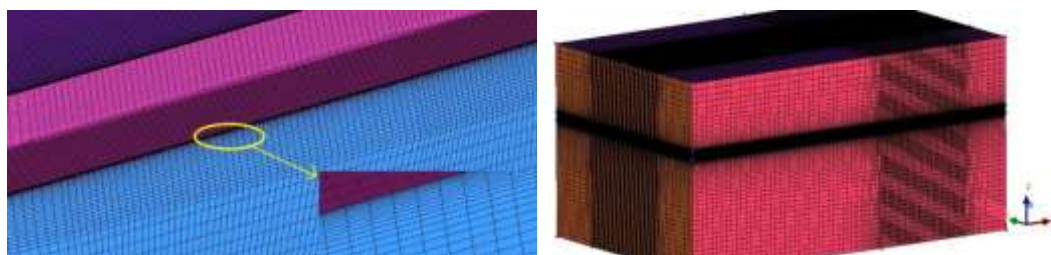
الجدول 1: الأبعاد الهندسية لسفينة الصب JBC [26].

Main particulars	الرمز	الواحدة	Full scale	Model
Length between perpendiculars	L_{pp}	m	280	7
Breadth (molded)	B	m	45	1.125

Draft (molded)	d	m	16.5	0.4125
Wetted surface area without appendages without appendages	S_w	m^2	19556.1	12.22256
Blockage coefficient	C_B	-	0.8216	0.8216
Froude number	F_r	-	0.142	0.142
Reynolds number	Re	-	2.0888×10^9	8.253×10^6

3. الشبكة الرقمية

لقد تم استخدام الشبكات المنتظمة لإجراء هذه الدراسة وذلك على اعتبار أن الشبكات المنتظمة تعطي أفضل النتائج في الحسابات الرقمية [27]، وكما أنها هي الأفضل من ناحية المدة الحسابية، حيث أنها تحتاج إلى وقت أقل لإتمام العمليات الحسابية [28]. الشكل 2 يعرض الشبكة المنتظمة التي تم استخدامها لإتمام هذه الدراسة، وكما نلاحظ من الشكل في الأسفل أنه تم تعميم الخلايا ضمن منطقة الطبقة الحدية بشكل جيد، وذلك من أجل حل بروفائل السرعة بالشكل الصحيح ضمن منطقة الطبقة الحدية. كما نلاحظ من الشكل 2 أنه تم تعميم الشبكة بشكل جيد جدا في منطقة السطح الحر بين الهواء والماء وذلك من أجل حل الأمواج بأفضل شكل ممكن. وأيضا نلاحظ أن الانتقال بين الخلايا يتم بشكل تدريجي، حيث تم استخدام نسبة النمو 1.2 عند الانتقال بين الخلايا، وهذا الأمر واضح جدا في كل من الشكل 2 والشكل 4. نلاحظ من هذين الشكلين أن الانتقال بين الخلايا في الاتجاهات الثلاثة يتم بشكل تدريجي وهذا الأمر يحسن من دقة وكفاءة الشبكة الحسابية ومن جودة النتائج التي يتم الحصول عليها.



الشكل 2: الشبكة المنتظمة التي تم استخدامها في الدراسة.



الشكل 3: الشبكة على سطح السفينتين في الحالة $y_{bb} = 0.25B$.

تم استخدام برنامج الـ ICEM من أجل بناء هذه الشبكات. وتم استخدام نفس النوع من الشبكات لكل الحالات المدروسة. عدد الخلايا في حالة النموذج هو 5-6 مليون خلية حسابية (5 مليون خلية حسابية عند دراسة السفينة

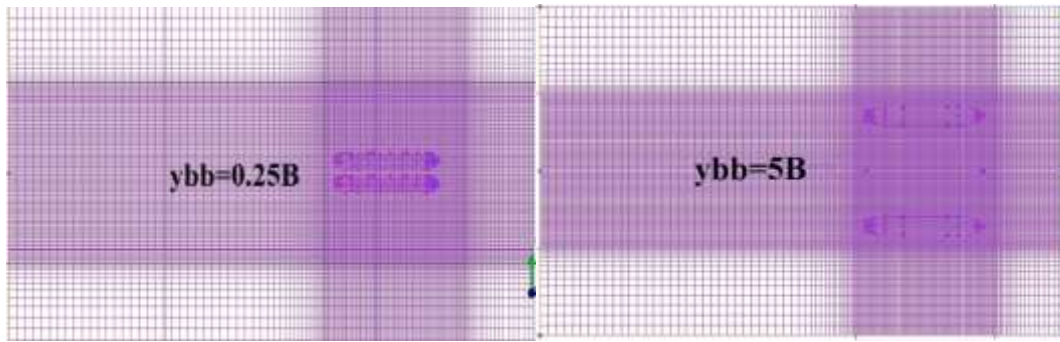
لوحدها و6 مليون خلية عند دراسة السفينتين)، وفي حالة السفينة الحقيقية 15-17 مليون خلية حسابية (15 مليون لحالة السفينة لوحدها و17 لحالة السفينتين).

يبين الشكل 3 تعميم الشبكة على سطح كل من السفينتين وكما هو واضح من هذا الشكل فقد تم استخدام الشبكات المنتظمة حيث يظهر بشكل واضح الخلايا المنتظمة على سطح السفينتين.

4. الحالات المدروسة

لقد تم دراسة 9 حالات لكل مقياس وهي حالة السفينة لوحدها وحالة سفينتين بجوار بعضهما البعض مع 8 قيم للبعد بين السفينتين. تم استخدام الرمز y_{bb} للتعبير عن المسافة بين السفينتين، تم أخذ قيم y_{bb} بشكل مماثل لعمل Vantorre 2002 [11] وهي القيم التالية $(0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0) \times B$ ، وكما نلاحظ بأن قيمة y_{bb} تؤخذ كقيمة من عرض السفينة.

الشكل 4 يعرض سفينتي الصب بجوار بعضهما البعض ضمن الشبكة الرقمية مع قيمتين مختلفتين للمسافة بينهما وهما $y_{bb} = 0.25B$; $5B$.



الشكل 4: المسقط من الأعلى للشبكة الرقمية مع مواضع مختلفة للسفينتين بالنسبة لبعضهما البعض.

النتائج والمناقشة:

من أجل التحقق من كفاءة الشبكة الرقمية ودقة الإعدادات الرقمية التي تم استخدامها، كان لا بد في البداية من إجراء عملية معايرة للشبكة والإعدادات الرقمية التي تم استخدامها من خلال مقارنة النتائج التي يتم الحصول عليها مع نتائج حالة معايرة للسفينة المدروسة.

1. تقييم النتائج الرقمية

هناك العديد من الأبحاث التي تم تنفيذها في جامعة تشرين على هذا النوع من السفن [29], [22]. كل باحث يستخدم شبكته الرقمية الخاصة وإعداداته الخاصة، وعليه يتوجب على كل باحث أن يبدأ دراسته بمعايرة كل من الشبكة والإعدادات الرقمية (الطريقة التي يستخدمها لحل معادلات نافيه ستوكس، موديل الاضطراب، طريقة حل كل حد من حدود المعادلات الناظمة للتدفق، ... إلخ)، ولهذا السبب تعتبر الخطوة الأولى في أي بحث يستخدم الـ CFD هي عملية المعايرة، وعليه تم في البداية إجراء الحسابات على نموذج السفينة لوحده. تم اختيار النموذج ذو مقياس التصغير $\lambda = \frac{1}{40}$ لإجراء عملية الدراسة عليه، وذلك لأن هذا النموذج يملك الكثير من النتائج التجريبية لكل من القوى وحقل التدفق حول البدن [30].

1.1. تقييم النتيجة الرقمية لمقاومة النموذج

تم اختبار نموذج السفينة عند السرعة الاسمية وهي السرعة المقابلة لرقم فرود 0.142، قيمة السرعة عند هذه القيمة لرقم فرود هي $1.179 \frac{m}{s}$. وفقاً للنتائج التجريبية فإن قيمة معامل المقاومة هي 0.00428 والذي يقابل قيمة للمقاومة قدرها [N] 36.37. إن قيمة المقاومة التي تم الحصول عليها من الحسابات الرقمية كانت [N] 35.6426 وبالتالي يكون مقدار الانحراف عن القيمة التجريبية هو [N] -0.7274 أي أن قيمة الخطأ هي 0.33%. هذه القيمة تعتبر صغيرة جداً والسبب في الحصول على هذه النتيجة لجيدة هو استخدام الشبكات المنتظمة مع التعيم الجيد في منطقة الطبقة الحدية بالإضافة إلى أنه تم إجراء الحسابات بوجود السطح الحر وبالتالي فإن مقاومة للأمواج تم أخذها بعين الاعتبار في الحسابات الرقمية، عدد الخلايا الذي تم استخدامه لحالة النموذج لوحده هو 5 مليون خلية حسابية.

1.2. تقييم النتيجة الرقمية لمقاومة السفينة الحقيقية

بالنسبة للسفينة الحقيقية فلا يوجد نتائج تجريبية يمكننا المقارنة معها، ولكن هناك العديد من الطرق التي يتم استخدامها في أحواض بناء السفن لحساب مقاومة السفينة الحقيقية انطلاقاً من النموذج، حيث يتم إجراء اختبارات الجر على النموذج ومن ثم حساب مقاومة السفينة الحقيقية انطلاقاً من مقاومة النموذج وذلك باستخدام العديد من الطرق والتي تنطلق من فرضية أن معامل مقاومة الأمواج أو معامل المقاومة المتبقية لكل من النموذج والسفينة الحقيقية متساويان على اعتبار أن كل هذه الطرق تنطلق من تشابه فرود بين النموذج والسفينة الحقيقية. من هذه الطرق نذكر ما يلي [31]:

1. طريقة ITTC 1957.

2. طريقة Hughes/Prohaska.

3. طريقة ITTC 1978.

4. طريقة Geosim من Telfer.

تعتبر طريقة الـ ITTC 1957 من أكثر هذه الطرق استخداماً وأكثرها دقة، ولهذا السبب سيتم اعتمادها هنا من أجل حساب مقاومة السفينة الحقيقية انطلاقاً من النموذج لئتم مقارنة النتيجة التي يتم الحصول عليها من هذه الطريقة مع النتيجة الرقمية بهدف معايرة الشبكة والإعدادات الرقمية للسفينة الحقيقية. في هذه الطريقة تُحلل المقاومة الكلية للبدن كما هو موضح في العلاقة التالية:

$$R_T = R_F + R_R \quad (1)$$

: R_T المقاومة الكلية.: R_F مقاومة الاحتكاك.: R_R المقاومة المتبقية.

يُعبّر عادةً عن قوى المقاومة بمعاملات لا بعدية من الصيغة:

$$C_i = \frac{R_i}{\frac{1}{2} \rho V_s^2 S} \quad (2)$$

: S مساحة السطح المبلل في المياه الهادئة.: V_s سرعة السفينة.

إذاً يُحدد معامل مقاومة السفينة الكلية:

$$C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A = C_{FS} + (C_{Tm} - C_{Fm}) + C_A \quad (3)$$

يرتبط الرمز s بالسفينة الحقيقية، بينما يرتبط الرمز m بالنموذج.

يفترض أن تكون C_R مستقلة عن مقياس النموذج، أي أن C_R هي نفسها للنموذج وللسفينة الحقيقية.

خطوات طريقة ITTC لحساب المقاومة الكلية للسفينة هي كالتالي:

1. تحديد معامل المقاومة الكلية في اختبار النموذج:

$$C_{Tm} = \frac{R_{Tm}}{\frac{1}{2} \rho_m \cdot V_m^2 \cdot S_m} \quad (4)$$

2. تحديد معامل المقاومة المتبقية، نفسه للسفينة والنموذج:

$$C_R = C_{Tm} - C_{Fm} \quad (5)$$

3. تحديد معامل المقاومة الكلية للسفينة:

$$C_{TS} = C_R + C_{Fs} + C_A \quad (6)$$

4. تحديد المقاومة الكلية للسفينة:

$$R_{TS} = C_{TS} \cdot \frac{1}{2} \rho_s \cdot V_s^2 S_s \quad (7)$$

تحدد معاملات الاحتكاك وفقاً لطريقة الـ ITTC1957 كالتالي:

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} R_n - 2)^2} \quad (8)$$

تاريخياً إن C_A كان يعبر عن معامل بدل الخشونة والذي يعتبر أن النموذج ذو سطح أملس بينما السفينة ذات سطح خشن، مع ظهور السفن الملحومة أصبحت C_A سلبية للسفن الكبيرة والسريعة مع ذلك فإن C_A يسمى بشكل مناسب بمعامل الربط وهو يشمل كل التصحيحات مجتمعة في خط ارتباط السفينة والنموذج والنظرية. لا تستخدم الأحواض النموذجية الـ C_A كثابت، إنما كتابع لحجم السفينة، اعتمد على الخبرة. صيغة C_A تختلف بين العديد من الأحواض النموذجية وأحواض السفن، وتعتبر العلاقتان التاليتان من أكثر العلاقات استخداماً لحساب قيمة C_A [31]:

$$C_A = 0.35 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot L_{pp} \cdot 10^{-6} \quad (9)$$

$$C_A = 0.11(R_n \cdot 10^{-9} - 2 \cdot 1 - a)^2 - a + 0.62 \quad (10)$$

$$a = \max(0.6 \min(C_B \cdot 0.8))$$

باستخدام طريقة الـ ITTC 1957 التي تم عرضها في الأعلى لحساب مقاومة السفينة الحقيقية انطلاقاً من النموذج تحسب مقاومة السفينة الحقيقية كما هو موضح في:

الجدول 2: حساب مقاومة السفينة الحقيقية اعتماداً على الـ ITTC 1957.

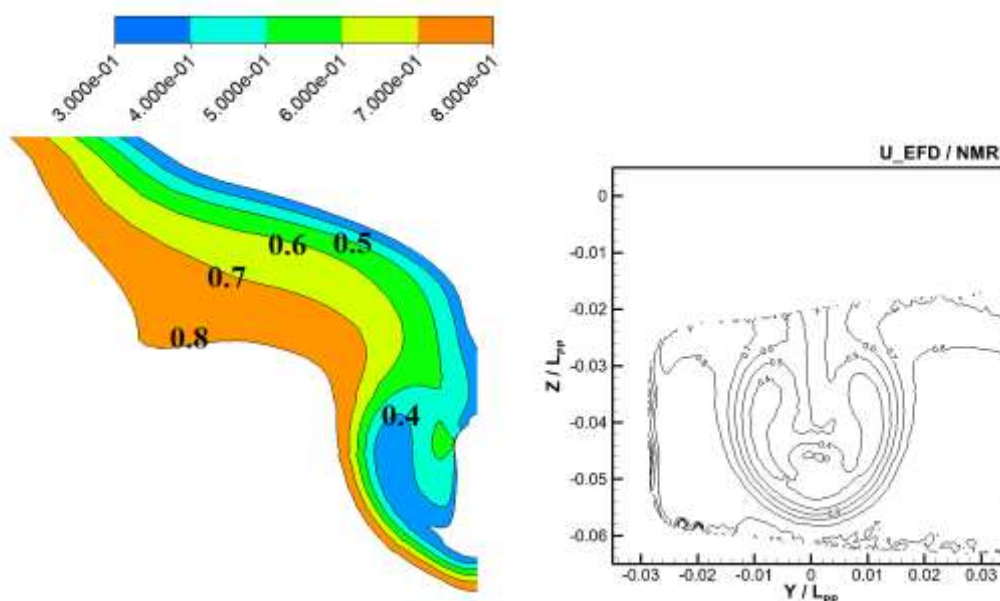
R_{TmGED}	C_{Tm}	C_{Fm}	C_R	C_{Fs}	C_A	C_{TS}	R_{TSITTC}	R_{TGED}	Er%
35.6426	0.0042	0.0031	0.0011	0.0014	-0.00021	0.00219	1190 [KN]	1209 [KN]	1.6%

كما هو واضح من الجدول 2 فإن الخطأ بين النتيجة الرقمية والنتيجة التقريبية لمقاومة السفينة الحقيقية هي 1.6% وهذه النتيجة تعتبر جيدة جداً، وتؤكد مرة أخرى على أن الإعدادات والشبكة الرقمية التي تم استخدامها لحالة السفينة الحقيقية جيدة وتعطي نتائج قريبة جداً من الواقع وبالتالي يمكن اعتمادها لبقية الحسابات، وهنا لا بد من التنويه إلى أن

الشبكة الرقمية التي تم استخدامها لحالة السفين الحقيقية تحوي للسفينة لوحدها هي 15 مليون خلية وللسفيتين أثناء عملية التجاوز هي 17 مليون خلية وتم استخدام الشبكات المنتظمة لكل الحالات.

4.1.1. تقييم النتيجة الرقمية لحقل السرعة للنموذج

تم في التجربة قياس حقل السرعة في مستوي الرفاص، الشكل 5 يعرض مقارنة بين النتيجة الرقمية (على اليسار) مع النتيجة التجريبية (على اليمين) والتي تم نشرها في المؤتمر العالمي Tokyo 2015 A Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics [17].

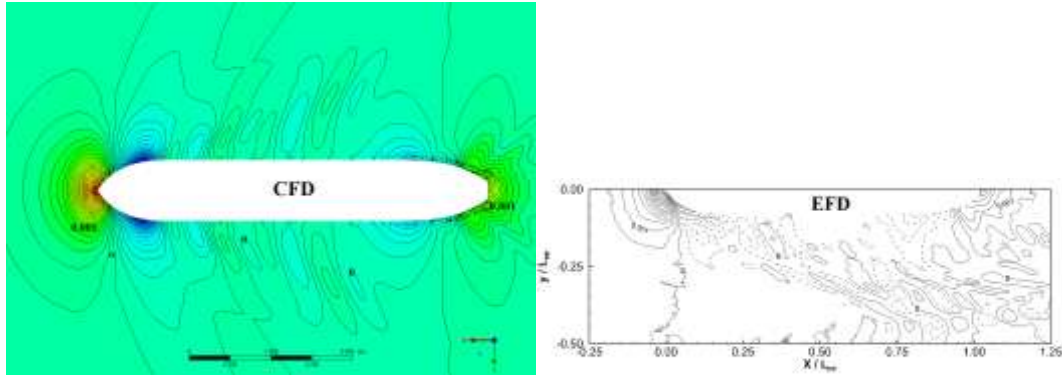


الشكل 5: حقل السرعة U_x في المستوي S_7 .

كما هو واضح من الشكل في الأعلى فإن منطقة تشكل الدوامة الطولية خلف بدن السفينة (Longitudinal vortex) تم حلها بشكل جيد بالمقارنة مع النتيجة التجريبية، وهذا يؤكد مدى جودة الشبكة والإعدادات الرقمية التي تم استخدامها، وعليه يمكن اعتماد هذه الإعدادات والشبكة من أجل الحسابات اللاحقة.

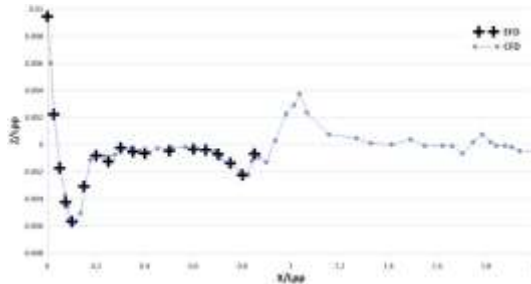
4.1.2. تقييم حقل الأمواج للنموذج

الشكل 6 يعرض مقارنة بين خطوط الأمواج التي تم الحصول عليها من النتائج التجريبية وخطوط الأمواج التي تم الحصول عليها من النتائج الرقمية. وكما هو واضح من هذا الشكل فإن التوافق جيد جدا بين النتيجتين، والسبب الأساسي في هذا الأمر هو استخدام الشبكات المنتظمة مع تعميم جيد في منطقة الأمواج، وهذا ما تم عرضه في الشكل 2.



الشكل 6: حقل الأمواج حول بدن السفينة، النتيجة التجريبية EFD والنتيجة الرقمية CFD.

الشكل 7 يعرض مقارنة مباشرة بين النتيجة التجريبية EFD والنتيجة الرقمية CFD لارتفاع الموجة على كامل طول البدن، النتائج التجريبية المتوفرة في هذه الحالة هي ضمن المجال $0 < \frac{X}{L_{PP}} < 0.9$. كما نلاحظ من هذا الشكل فإن التناظر جيد جداً.



الشكل 7: مقارنة بين النتيجة الرقمية CFD والنتيجة التجريبية EFD لحقل الأمواج على طول البدن.

من خلال المقارنات السابقة يمكننا التأكيد على أن الشبكة والإعدادات الرقمية التي تم استخدامها تعطي نتائج جيدة جداً وقريبة من الواقع، وبناء على ذلك سيتم الانتقال إلى الخطوة التالية وهي دراسة تأثير المسافة بين السفينتين على التأثير المتبادل بينهما أثناء عملية التجاوز.

4.2. تأثير المسافة بين السفينتين على التأثير المتبادل بينهما

بعد الانتهاء من عملية المعايرة تم البدء بإجراء الحسابات المتعلقة بدراسة المسافة بين السفينتين على التأثير المتبادل بينهما أثناء عملية التجاوز. الجدول 3 يعرض الحالات التي تمت دراستها لكل من النموذج والسفينة الحقيقية، وبالتالي يكون عدد الحالات بالمجمل 18 حالة، 9 حالات للنموذج و9 حالات للسفينة الحقيقية. هنا يجب الإشارة إلى أن الدراسة تمت مع ثبات كل من حالة التحميل (الغاطس) وثبات الحجم (السفينتين نفس الحجم تماماً) وتم التركيز بشكل أساسي على المسافة العرضية بين السفينتين، حيث تم دراسة 8 قيم مختلفة للمسافة العرضية بين السفينتين كما هو موضح في الجدول 3 وتم اعتماد نفس القيم المعتمدة في عمل Vantorre et al., 2002 [11].

الجدول 3: الحالات التي تمت دراستها.

اسم الحالة	المسافة العرضية بين السفينتين
Case1	السفينة لوحدها
Case2	0.25 B

0.5 B	Case3
0.75 B	Case4
1.0 B	Case5
2.0 B	Case6
3.0 B	Case7
4.0 B	Case8
5.0 B	Case9

4.2.1. تأثير المسافة بين السفينتين على القوى المؤثرة على كل منهما

الجدول 4 يعرض مقاومة السحب المؤثرة على النموذج في كل حالة من الحالات المدروسة، حيث أن F_p, F_v, F_T هي المقاومة الكلية، مقاومة اللزوجة ومقاومة الضغط على التوالي. كما هو واضح من هذا الجدول فإن مقاومة السحب تزيد بمقدار 10.6-14% للحالات من Case2-Case6 وهي الحالات التي يكون فيها البعد بين السفينتين $y_{pp} = 0.25B \rightarrow 2.0B$ ، بينما بقية الحالات تعود مقاومة السحب لتساوي مقاومة السحب لحالة السفينة التي تبحر لوحدها، أي أنه عندما يصبح البعد بين السفينتين أكبر من $2B$ فإن تأثير إبحار السفينتين بجوار بعضهما البعض على مقاومة السحب يصبح تقريبا شبه معدوم. السبب الأساسي في هذا الأمر أنه أثناء إبحار السفينتين بجوار بعضهما البعض (خلال عملية التجاوز) يؤثر بشكل مباشرة على حقل الأمواج المتشكل بين السفينتين (انظر الشكل 13) الأمر الذي ينعكس على تغير توزع الموجة على كامل طول البدن من الجهة الداخلية لكل من السفينتين والذي ينتج عنه زيادة في مساحة السطح المبلل وهذا ينعكس على زيادة قليلة في مقاومة الاحتكاك، بالإضافة إلى زيادة في مقاومة الضغط الذي تنتج من زيادة ارتفاع الأمواج المتشكلة بين البدنين بالمقارنة مع الأمواج لحالة البدن لوحده وهذا ما يتم ملاحظته في الحالات Case2-Case6، لتعود مقاومة إلى حالتها الطبيعية كما في حالة السفينة التي تبحر لوحدها للحالات Case7-Case9 وهي الحالات التي يكون فيها المسافة العرضية بين السفينتين أكبر من ضعف عرض السفينة $y_{pp} > 2B$.

الجدول 4: مقاومة السحب المؤثرة على النموذج مع تغير المسافة بين السفينتين.

Case No.	$F_p [N]$	$F_v [N]$	$F_T [N]$
Case1	7.790	27.85	35.64
Case2	11.55	29.03	40.58
Case3	10.84	28.76	39.60
Case4	10.60	28.48	39.08
Case5	11.11	28.26	39.37
Case6	11.41	28.02	39.43
Case7	7.920	27.80	35.72
Case8	7.630	27.80	35.43
Case9	7.780	27.67	35.45

الجدول 5 يعرض المقاومة العرضية المؤثرة على كل من النموذجين مع ثبات السرعة وتغير المسافة العرضية بينهما. كما هو واضح من هذا الجدول نلاحظ أن أكبر قيمة للقوة العرضية المؤثرة على النموذج تتشكل في الحالة التي يكون فيها لمسافة العرضية $y_{bb} = 0.25B$ وتقل حتى تصبح $y_{bb} = 2B$ وتندمج تقريبا في الحالات المتبقية والتي يكون فيها $y_{bb} > 2B$.

هذا السلوك في زيادة المقاومة العرضية مشابه تماما لزيادة مقاومة السحب تبعا للمسافة العرضية بين السفينتين، الفارق الأساسي بين الحالتين هو أن المسبب الأساسي للمقاومة العرضية هي مقاومة الضغط وينعدم تقريبا تأثير اللزوجة، وسبب ذلك هو عدم التناظر الذي يحدث في حقل الضغط على جانبي السفينة التي يبحر بجوارها سفينة أخرى بفعل عدم التناظر في حقل الأمواج وهذا موضح في الشكل 10 والشكل 11.

الجدول 5: المقاومة العرضية المؤثرة على النموذج مع تغير المسافة بين السفينتين.

Case No.	F_p [N]	F_v [N]	F_T [N]
Case1	0	0	0
Case2	92.9	0.37	93.26
Case3	48.95	0.25	49.21
Case4	35.06	0.18	35.24
Case5	14.17	0.18	14.35
Case6	4.999	0	4.999
Case7	1.190	0	1.190
Case8	0	0	0
Case9	0	0	0

نفس السلوك في مقاومة السحب والمقاومة العرضية نشاهده في حالة السفينة الحقيقي، انظر كل من الجدول 6 الجدول 7. وهذا يؤكد على أن دراسة النماذج تعطي صورة دقيقة عن سلوك السفينة الحقيقية.

الجدول 6: مقاومة السحب المؤثرة على السفينة الحقيقية مع تغير المسافة بين السفينتين.

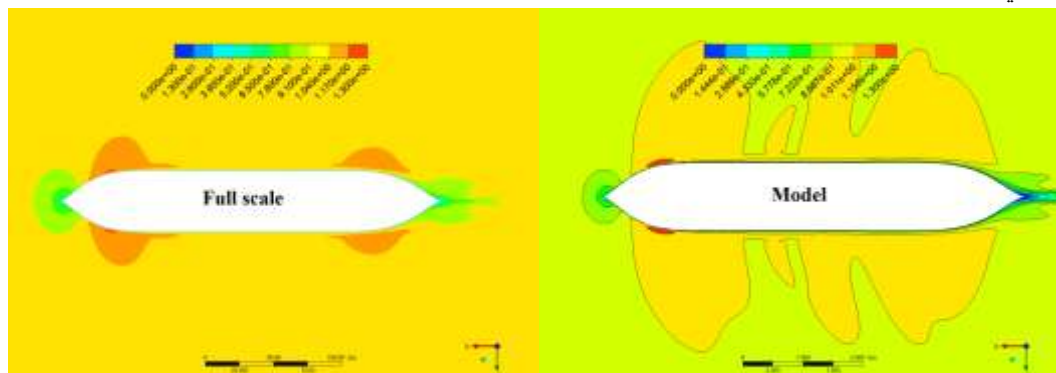
Case No.	F_p [KN]	F_v [KN]	F_T [KN]
Case1	384	825	1209
Case2	524	846	1370
Case3	510	840	1350
Case4	501	839	1340
Case5	513	837	1350
Case6	485	835	1320
Case7	401	824	1225
Case8	399	824	1223
Case9	385	825	1210

الجدول 7: المقاومة العرضية المؤثرة على السفينة الحقيقية مع تغير المسافة بين السفينتين.

Case No.	F_p [KN]	F_v [KN]	F_T [KN]
Case1	0	0.0	0.000
Case2	5877	8.0	5885
Case3	3270	5.4	3275
Case4	2301	3.7	2305
Case5	2297	3.1	2300
Case6	565.7	1.3	567.0
Case7	207.5	0.5	208.0
Case8	17.50	0.3	17.80
Case9	9.500	0.5	10.00

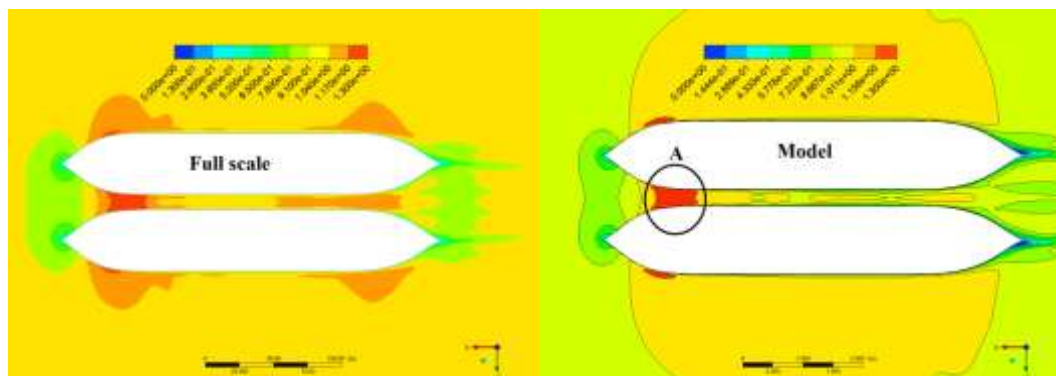
4.2.2. تأثير المسافة بين السفينتين على حقل التدفق حول بدن السفينتين

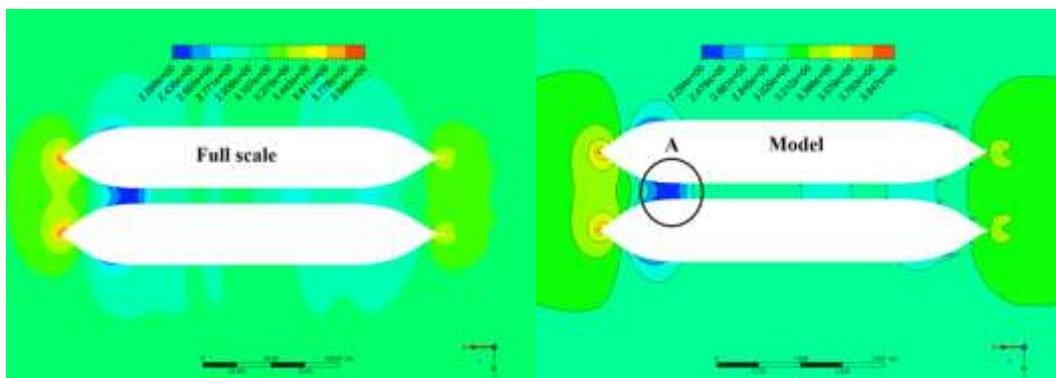
إن إبحار السفينتين بجوار بعضهما البعض يؤدي وفقاً لمبدأ الاستمرارية إلى زيادة سرعة التدفق مع انخفاض مساحة المقطع العرضي بين السفينتين وهذا ما يتم ملاحظة بشكل واضح في الشكل 9 حيث المسافة بين السفينتين هي $y_{bb} = 0.25b$ لكل من النموذج والسفينة الحقيقية. في هذا الشكل نلاحظ ازدياد السرعة بين السفينتين في الجزء الأمامي منهما، المنطقة A الأمر الذي سيؤدي وفقاً لبرنولي إلى انخفاض أكبر للضغط في هذه المنطقة وهذا واضح في الشكل 10 حيث يظهر انخفاض الضغط بشكل واضح في المنطقة A وهذا الأمر سينتج عنه احتمال كبير لاصطدام السفينتين في منطقة المقدمة.



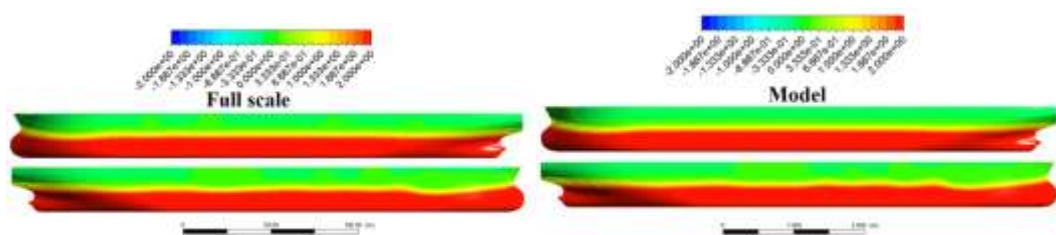
الشكل 8: حقل السرعة اللابعدي حول السفينة لوحدها.

التغيرات التي تحدث في حقل الضغط من الجهة الداخلية للسفينة سينتج عنها عدم تناظر في حقل الضغط على جابي البدن وذلك لكل من النموذج والسفينة الحقيقية، انظر الشكل 11، وهذا سينعكس في حقل الأمواج حيث يحدث عدم تناظر في حقل الأمواج بوجود السفينتين بجوار بعضهما البعض كما هو موضح في الشكل 13 بالمقارنة مع حالة السفينة منفردة والتي يكون فيها حقل الأمواج متناظر بالكامل على جانبي بدن السفينة، انظر الشكل 12. كل هذه التغيرات التي تحدث في حقل التدفق على الجهة الداخلية من السفينة ابتداء بالسرعة ومن ثم الضغط انتهاء بحقل الأمواج تؤدي إلى عدم التناظر في توزيع القوى على جانبي بدن السفينة الأمر الذي يؤدي إلى نشوء القوى العرضية الموضحة في الجدول 5، وكما هو واضح من هذا الجدول فإن المسبب الأساسي لهذه القوى هو عدم التناظر في حقل الضغط الذي يؤدي إلى نشوء قوة ضغط عرضية كبيرة بالمقارنة مع القوة التي تنشأ بفعل اللزوجة والتي تكون مهملة تقريباً.

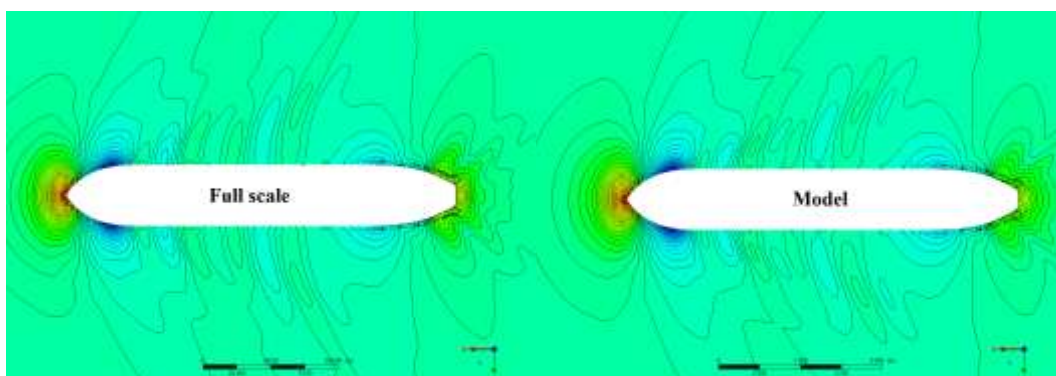
الشكل 9: حقل السرعة اللابعدي حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 0.25B$.



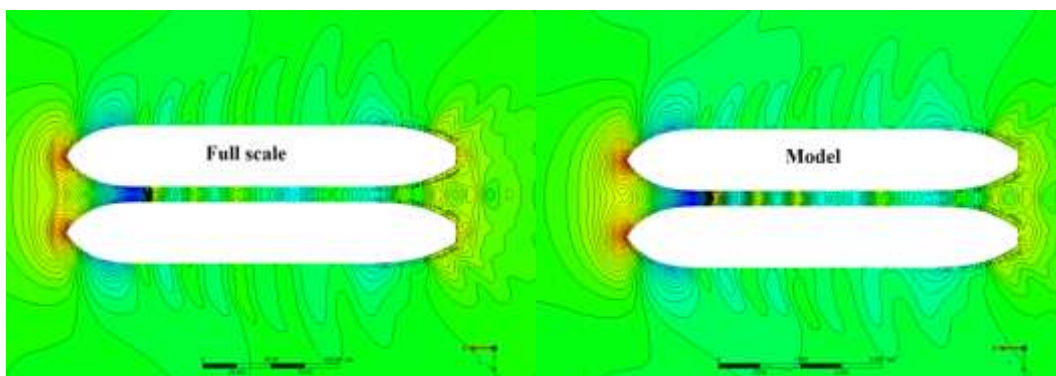
الشكل 10: معامل الضغط حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 0.25B$.



الشكل 11: معامل الضغط على جانبي السفينة مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 0.25B$.

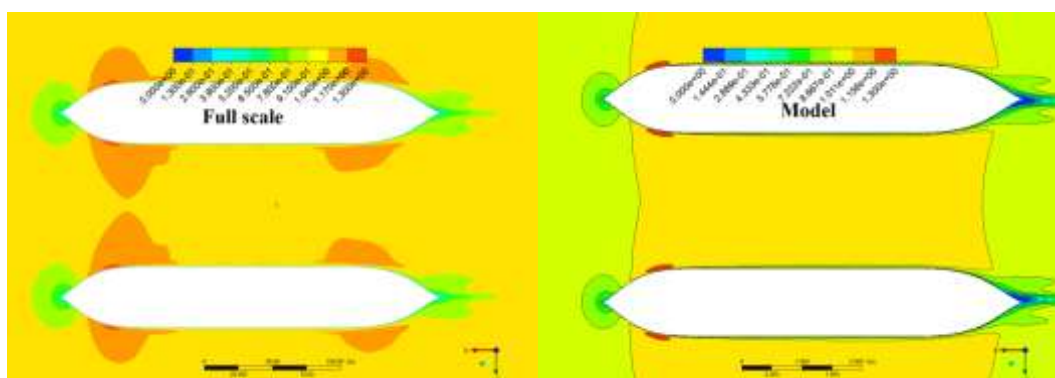


الشكل 12: حقل الأمواج حول بدن السفينة منفردة.

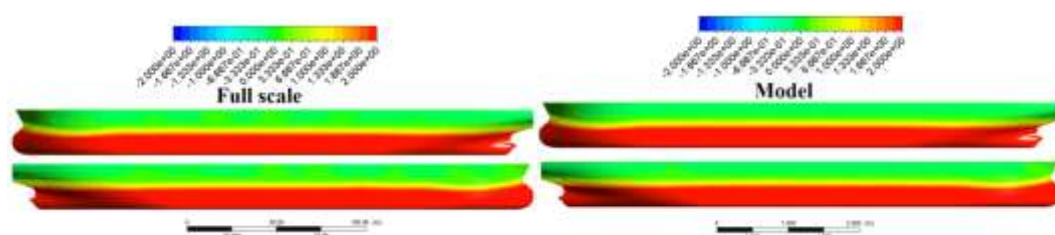


الشكل 13: حقل الأمواج حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 0.25B$.

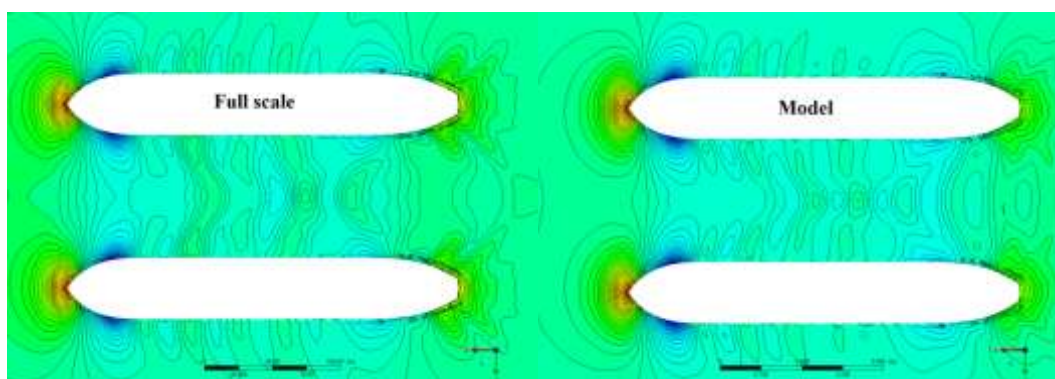
مع زيادة المسافة بين السفينتين يعود حقل التدفق ليبدأ بالتناظر على جانبي بدن السفينة وذلك ابتداء من المسافة العرضية $y_{pp} = 2.0B$ ، وهذا ما يفسر انخفاض القوة العرضية بشكل كبير في هذه الحالة (Case6)، انظر الجدول 5، لتتعدم القوة العرضية تقريبا في الحالات التي يكون فيها $y_{pp} > 2.0B$. الشكل 14 يوضح كيف يعود التناظر تقريبا في حقل السرعة على جانبي بدن السفينة للحالة Case6 والتي يكون فيها $y_{pp} = 2.0B$ ويعود التناظر بشكل كامل في الحال Case9 والتي يكون فيها $y_{pp} = 5.0B$ ، انظر الشكل 17. نفس الأمر بالنسبة لكل من حقلي الضغط والأمواج يبدأ التناظر بالتشكل على جانبي بدن السفينة ابتداء من المسافة $y_{pp} = 2.0B$ ، انظر الشكل 15 والشكل 16، ويكون التناظر تام في الحالة $y_{pp} = 5.0B$ كما هو موضح في كل من الشكل 18 والشكل 19.



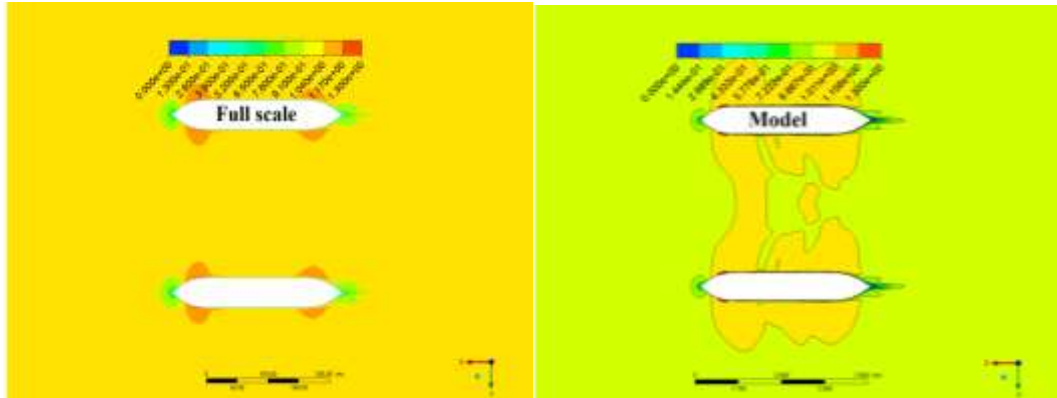
الشكل 14: حقل السرعة اللابعدية حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 2.0B$.



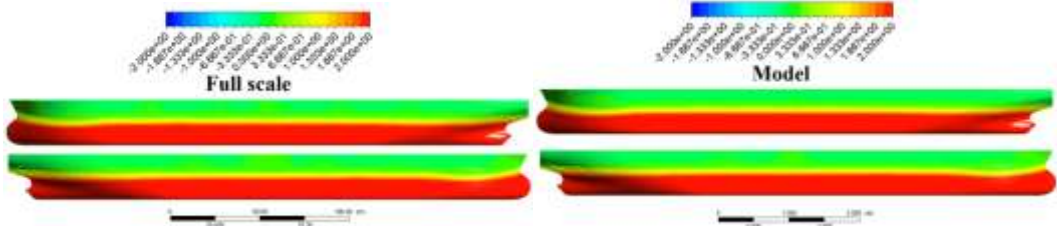
الشكل 15: معامل الضغط على جانبي السفينة مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 2.0B$.



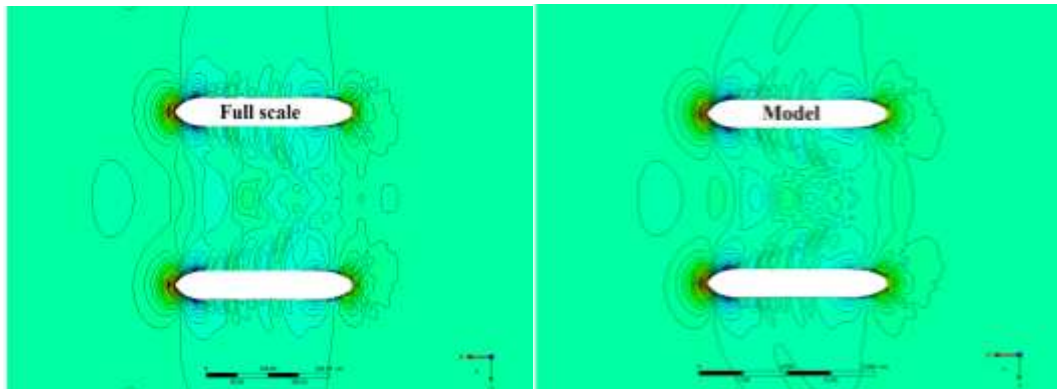
الشكل 16: حقل الأمواج حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 2.0B$.



الشكل 17: حقل السرعة اللاعبدية حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 5.0B$.



الشكل 18: معامل الضغط على جانبي السفينة مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 5.0B$.



الشكل 19: حقل الأمواج حول السفينتين مع مسافة عرضية بينهما $y_{pp} = 5.0B$.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات

- سلوك كل من النموذج والسفينة الحقيقية متشابه بشكل كبير، ولهذا السبب فإن أغلب أحواض بناء السفن والدراسات الأكاديمية تكتفي بدراسة النماذج لمعرفة سلوك السفينة ولدراسة الظواهر التي ستعرض لها السفينة في ظروف البحر الحقيقية.
- إبحار السفينة بجوار سفينة أخرى سيؤثر بشكل كبير على حقل التدفق حول بدن كل من السفينتين وسيتسبب في عدم تناظره على جانبي كل سفينة الأمر الذي ينتج عنه تغير في توزيع القوى العرضية على جانبي كل سفينة وبالتالي سينشكّل قوة عرضية تؤثر على السفينة.

- وجود هذه القوة العرضية سيتسبب في إزاحة السفينتين باتجاه بعضهما البعض وبالتالي يزيد بشكل كبير من احتمال التصادم بينهما.

- تزداد قيمة القوة العرضية المؤثرة على كل من السفينتين مع قصر المسافة العرضية بينهما.

التوصيات

- زيادة المسافة بين السفينتين قدر المستطاع أثناء عملية التجاوز لتفادي خطر الاصطدام بينهما.

التوصيات للأعمال المستقبلية

- دراسة تأثير كل من السرعة والأبعاد الهندسية وحالة التحميل لكل من السفينتين على التأثير المتبادل بين السفينتين.

- إجراء دراسة مع عملية تجاوز متكاملة وليس في موضع محدد للسفينتين بجوار بعضهما البعض كما هو في هذه الدراسة.

References:

- [1] R. N. Newton, "Some notes on interaction effects between ships close aboard in deep water," in *Proceedings of first symposium on ship maneuverability, DTMB Report*, 1960, vol. 1461, pp. 1–24.
- [2] B. De Decker, "Ship-Ship Interaction during Lightering Operations," 2006.
- [3] I. W. Dand, "Some measurements in interaction between ship models passing on parallel courses," *NMIR*, vol. 108, 1981.
- [4] I. W. Dand, "On modular manoeuvring models," in *International Conference on Ship Manoeuvrability--Prediction and Achievement*, 1987.
- [5] K. Kijima, "Manoeuvrability of ship in confined water," in *International Conference on Ship Manoeuvrability--Prediction and Achievement*, 1987.
- [6] J. Brix, "MTI-Stellungnahme zum Thema "Aus-dem-Ruder-laufen" von Schiffen. Sog-und Gierbeeinflussungen bei Passiervorgängen," *Hansa*, vol. 116, no. 18, pp. 1383–1388, 1979.
- [7] J. Brix, "Manoeuvring technical manual," *Schiff und Hafen*, vol. 36, no. 5, 1987.
- [8] G. F. Remery, "Mooring forces induced by passing ships," *Offshore Technol. Conf.*, p. OTC--2066, 1974, [Online]. Available: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:dcf5d51a-cc13-4825-8ed3-7aad942500b5>.
- [9] S. Kyulevcheliyev, S. Georgiev, and I. Ivanov, "Hydrodynamic interaction between moving and stationary ship in a shallow canal," *Third Int. Conf. port Dev. Coast. Environ. PDCE, Varna, Bulg.*, 2003.
- [10] M. Ronæss, "Wave induced motions of two ships advancing on parallel course," in *Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi*, 2002.
- [11] M. Vantorre, E. Verzhbitskaya, and E. LAFORCE, "Model test based formulations of ship-ship interaction forces.," *Sh. Technol. Res.*, vol. 49, pp. 124–141, 2002, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/1854/LU-160369>.
- [12] H. Sadat-Hosseini, P. C. Wu, Y. Toda, P. Carrica, and F. Stern, "Urans studies of ship-ship interactions in shallow-water," in *RINA, Royal Institution of Naval Architects - 2nd International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water: Ship to Ship Interactions 2011*, 2011.
- [13] F. R. Menter, "Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications," *AIAA J.*, vol. 32, no. 8, pp. 1598–1605, Aug. 1994, doi: 10.2514/3.12149.
- [14] L. Zou and L. Larsson, "Numerical predictions of ship-to-ship interaction in shallow water," *Ocean Eng.*, vol. 72, 2013, doi: 10.1016/j.oceaneng.2013.06.015.

- [15] A. Y. Sian, A. Maimun, Y. Ahmed, and Rahimuddin, "SIMULTANEOUS SHIP-TO-SHIP INTERACTION AND BANK EFFECT ON A VESSEL IN RESTRICTED WATER," in *Proceedings of the 4th International Conference on Ship Manoeuvring in Shallow and Confined Water (MASHCON), 23 - 25 May 2016, Hamburg, Germany, 2016*, vol. 0.
- [16] Z. Liu, C. Dai, X. Cui, Y. Wang, H. Liu, and B. Zhou, "Hydrodynamic Interactions between Ships in a Fleet," *J. Mar. Sci. Eng. 2024, Vol. 12, Page 56*, vol. 12, no. 1, p. 56, Dec. 2023, doi: 10.3390/JMSE12010056.
- [17] Tokyo-2015, "A Workshop on CFD in Ship Hydrodynamics." Accessed: 28-Jun-2023. [Online]. Available: <https://t2015.nmri.go.jp/jbc.html>.
- [18] M. Maasch, K. Mizzi, M. Atlar, P. Fitzsimmons, and O. Turan, "A generic wake analysis tool and its application to the Japan Bulk Carrier test case," *Ocean Eng.*, 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2018.12.030.
- [19] H. Islam and C. Guedes Soares, "Uncertainty analysis in ship resistance prediction using OpenFOAM," *Ocean Eng.*, vol. 191, p. 105805, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.oceaneng.2019.02.033.
- [20] N. Kornev, I. Shevchuk, N. Abbas, P. Anschau, and S. Samarbakhsh, "Potential and limitations of scale resolved simulations for ship hydrodynamics applications," *Sh. Technol. Res.*, vol. 66, no. 2, 2019, doi: 10.1080/09377255.2019.1574965.
- [21] N. Kornev and N. Abbas, "Vorticity structures and turbulence in the wake of full block ships," *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 23, no. 3, 2018, doi: 10.1007/s00773-017-0493-3.
- [22] D. Abbas, "CFD Study of Propeller-Hull Interaction for JBC," Master Thesis, Tishreen University, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Department of Marine Engineering, 2023.
- [23] N. Abbas, "Study of the scale effect on the resistance components and the flow field around the bulk carrier ship," *Tishreen Univ. Journal-Engineering Sci. Ser.*, vol. 46, no. 1, pp. 23–41, 2024, [Online]. Available: <https://journal.tishreen.edu.sy/index.php/engscnc/article/view/16715>.
- [24] Tokyo2015, "T2015 - KCS," *T2015 Workshop*, 2015. https://www.t2015.nmri.go.jp/kcs_gc.html (accessed Jul. 26, 2024).
- [25] T. H. Le, N. D. Anh, T. N. Tu, N. T. N. Hoa, and V. M. Ngoc, "Numerical Investigation of Length to Beam Ratio Effects on Ship Resistance Using RANSE Method," *Polish Marit. Res.*, vol. 30, no. 1, pp. 13–24, Mar. 2023, doi: 10.2478/POMR-2023-0002.
- [26] Tokyo2015, "T2015 - jbc_Geometry." https://www.t2015.nmri.go.jp/jbc_gc.html (accessed Nov. 10, 2024).
- [27] N. Abbas, "Studying the influence of grid type and turbulence model on the results of numerical calculations using CFD," *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 44 No.6, 2022.
- [28] N. Abbas and N. Al-Aji, "The Influence of Drift Angle on the Flow Field around KVLCC2 Tanker Using CFD," *Tishreen Univ. J. Res. Sci. Stud. - Eng. Sci. Ser.*, vol. 44, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://journal.tishreen.edu.sy/index.php/engscnc/article/view/12043>.
- [29] I. Ibrahim, "Numerical Simulation of Two-Dimensional Flow around the Ship Rudder," Master Thesis, Tishreen University, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Department of Marine Engineering, 2024.
- [30] Tokyo2015, "Tokyo 2015. JBC-Case 1.3a," 2015. https://www.t2015.nmri.go.jp/Instructions_JBC/Case_1-3a.html (accessed Nov. 03, 2024).
- [31] V. Bertram, "Practical ship hydrodynamics," 2012, [Online]. Available: <https://oss.jishulink.com/upload/201902/9f2221c5d02944beadd421592d0a52f7.pdf>.