مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (4) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

# تصميم بدن ناقلات النفط وحوادث التلوث النفطي

**الدكتور رامي حوا***

**(تاريخ الإيداع 22 / 8 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/10/31)**

## □ الملخّص □

يقدم لنا هذا البحث نتائج التحليل الشامل لحوادث ناقلات النفط من فئة معينة التي حدثت بين عامي (1978 و2003). هذه الدراسة تمكننا من إلقاء الضوء على معدلات وقوع الحوادث سنويا بالنسبة للحوادث الجسيمة.

كما تكشف هذه الدراسة كذلك العلاقة بين تصميم بدن السفينة وخاصة (البدن المزدوج) والطرازات الأخرى من ناقلات النفط المصممة على أساس وجود بدن واحد، والحوادث التي تتعرض لها هذه الناقلات، بالإضافة إلى تحرّي العلاقة بين عمر السفينة ومعدلات وقوع الحوادث البحرية بقصد معرفة أعداد الناقلات ذات البدن الواحد وتلك المصممة على أساس بدنين من مختلف فئات الأعمار.

سنقوم بهذا البحث بالاستقصاء عن وجود علاقة محتملة بين تصميم بدن ناقلات النفط (ناقلات نفط ذات بدن واحد وأخرى ذات بدن مزدوج) وحوادث التلوث النفطي. وسيتم حساب معدلات وقوع الحوادث على أساس نوع الحادثة ونمط تصميم بدن الناقلة.

**كلمات مفتاحية: ناقلات نفط – تلوث بحري – حوادث**

* **استاذ مساعد في قسم الهندسة البحرية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.**

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (4) 2007

Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

# Design of Hull Tankers and Oil Pollution

**Dr. Rami Hawa** *

**(Received 22 / 8 / 2007. Accepted 31/10/2007)**

## □ ABSTRACT □

The paper presents results of a comprehensive analysis of recorded accidents of a special category of tankers, which occurred in the period between 1978 and 2003.

The analysis identifies the significant trends with respect to accident rates per shipyard for all major accident categories.

It also investigates the relationship between the age of tankers and ship accidents ratio. It also relates the impact of hull design of the ship, namely of the double hull and the various non-double hull configurations, as well as the impact of the age of the ship to tanker accidents. Moreover, the paper investigates the possible relationships between the hull design of the tanker (Double Hull and various Non-Double hull configurations) and oil pollution. Calculations of accident rates were conducted by category of accidents and the type of the hull design of ship.

**KEY WORDS**: Tanker, Marine pollution, Tanker design

* **Associate Professor, Department of Marine Engineering, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Tishreen University, Latakia, SYRIA.**

## مقدمة:

كان الهدف من تطبيق التشريع الأمريكي OPA90 **[1]** ومن التعديلات التي تمت على أحكام اتفاقية MARPOL (الاتفاقية الدولية لمنع حوادث التلوث من السفن) **[2]**، هو إلزام الشركات الصانعة للسفن الناقلة للنفط بضرورة التقيد بتصميم ناقلات نفط جديدة ذات بدن مزدوج، وتسريع وتيرة التخلي عن تصميم الناقلات ذات البدن الواحد. وكان القصد من هذه الإجراءات هو الحد، ما أمكن، من حوادث السفن المسببة لتلوث البيئة البحرية.

سنقوم في البحث بالاستقصاء عن وجود علاقة محتملة بين تصميم بدن ناقلات النفط (ناقلات نفط ذات بدن واحد وأخرى ذات بدن مزدوج) وحوادث التلوث النفطي. وسيتم حساب معدلات وقوع الحوادث على أساس نوع الحادثة ونمط تصميم بدن الناقلة.

بالإضافة إلى تحرّي العلاقة بين عمر السفينة ومعدلات وقوع الحوادث البحرية بقصد معرفة أعداد الناقلات ذات البدن الواحد وتلك المصممة على أساس بدنين من مختلف فئات الأعمار. ومن سجلات (هيئة التصنيف النرويجية **DNV**) لتسجيل السفن حصلنا على البيانات التي سيتم تحليلها في هذه الدراسة فيما يتعلق بأعداد الناقلات التي تتعرض للحوادث البحرية سنوياً، وكذلك معلومات تتعلق بتصميم بدن الناقلات التي تعرضت للحوادث البحرية **[3]**.

## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في إثبات وجود علاقة محتملة بين تصميم بدن ناقلات النفط (ناقلات نفط ذات بدن واحد وأخرى ذات بدن مزدوج) وحوادث التلوث النفطي، وحساب معدلات وقوع الحوادث على أساس نوع الحادثة ونمط تصميم بدن الناقلة، وإيجاد العلاقة بين حوادث الناقلات وتصميم بدن الناقلة وعمرها وقت وقوع الحادثة.

## طريقة البحث:

اعتمد في هذا البحث طريقة التحليل العلمي لإحصائيات الحوادث في فترة زمنية محددة ولأنواع محددة من الناقلات. هذه الإحصائيات تم الحصول عليها من هيئة التصنيف النرويجية **DNV**، وقراءة هذه التحليلات واستنباط نتائج تفيد في دراسة وتقييم النماذج الحديثة من ناقلات النفط ذات البدن المضاعف والجانب المضاعف منها:

**1- تصميم بدن الناقلة:**

تهتم أحكام الاتفاقية الدولية لمنع تلوث البيئة MARPOL بحماية البيئة البحرية من التلوث الناتج عن عمليات وأنشطة السفن وعن الحوادث التي تتعرض لها. إن اتفاقية MARPOL هي مجموع الأحكام العائدة لاتفاقيتي IMO التي تم اعتمادها وإقرارها عامي 1973 و 1987 والتعديلات التي طرأت عليها فيما بعد. وعلى الرغم من الأثر الكبير الذي تركه تطبيق التشريع الأمريكي Oil Pollution Act 90 فيما يتعلق بتصميم ناقلات النفط الحديثة ذات البدن المزدوج، إلا أن هذه الدراسة تسلط الضوء على أحكام اتفاقية MARPOL نظراً لما لها من آثار بارزة في قطاع النقل البحري والملاحة البحرية. كما سنتناول الجوانب ذات العلاقة بحصول تلوث نفطي بحري كنتيجة للحوادث التي تتعرض لها الناقلات خلال إبحارها، وليس كنتيجة للعمليات التي تتم على متن تلك الناقلات (نفايات نفطية سائلة ناجمة عن غسيل خزانات النفط والتسريبات الحاصلة من غرفة المحركات والسوائل النفطية والزيوت المتراكمة في قاع أرضية غرفة المحركات – سنتينة).

اهتمت اتفاقية عام 1973، وكذلك أحكام اتفاقية OILPOL لعام 1954 والتي حلت محلها بالمحافظة على النظام المطبق منذ عقد الستينات للقرن الماضي (1960). واستنادا إلى اتفاقية عام 1973 يتوجب أن تحتوي ناقلات النفط الجديدة (تلك الناقلات التي تم بناؤها بعد تاريخ 31 كانون الأول 1975) والتي لا تقل حمولتها الساكنة عن 70000 طن على خزانات ماء صابورة (توازن) مستقلة بحيث تتمكن الناقلات من الإبحار والعمل دون الحاجة لتعبئة مياه الصابورة للتوازن داخل خزانات النفط في السفينة، وهو التصميم الذي نطلق عليه اسم (الناقلات المصممة قبل الاتفاقية MARPOL). ونطلق على هذه الفئة من الناقلات في دراستنا هذه اسم الناقلات ذات البدن الوحيد SH.

أدخل بروتوكول عام 1978 العديد من التعديلات على الملحق (1) من الاتفاقية الأم. وبات من الضروري وجود خزانات مياه صابورة مستقلة على متن جميع ناقلات النفط الجديدة بدءاً من حمولة 20000 DWT. ونص البروتوكول كذلك على ضرورة أن يراعى في توزيع خزانات مياه التوازن (صابورة) تحقيق الحماية المطلوبة لخزانات النفط (تحميل النفط) من حوادث الاصطدام أو الاصطدام بقاع البحر. نطلق على هذه الفئة من الناقلات اسم (SH-SBT) أو الاسم الشائع وهو ناقلات نفط ذات بدن واحد بعد اتفاقية MARPOL). ونجد فيما يلي المؤشرات التي تحدد (ناقلات النفط الجديدة) التي تنطبق عليها شروط البروتوكول لعام 1978:

***a)*** ناقلات النفط التي تم توقيع عقد بنائها بعد تاريخ 1 حزيران 1979.

***b)*** ناقلات النفط، بصرف النظر عن تاريخ توقيع عقد البناء، والتي تم وضع قرينتها بعد تاريخ 1 كانون الأول 1980.

***c)*** ناقلات النفط التي تم تسليمها بعد تاريخ 1 حزيران 1984.

***d)*** ناقلات النفط التي خضعت لتعديلات إنشائية شاملة (بتواريخ مقاربة لتلك المذكورة في البنود a و c).

وحيث أن اتفاقية MARPOL 1973 لم تكن قد دخلت حيز التنفيذ حين تم تطبيق بروتوكول عام 1978 (شهر شباط عام 1978)، فقد حل بروتوكول MARPOL 1978 محل الاتفاقية الأصلية، وتم تطبيق القانون المشترك الذي أطلق عليه اسم (MARPOL 73/78)، وتمت تسميته باسم (MARPOL) و دخل حيز التطبيق بتاريخ 2 تشرين الأول 1983. وفي عام 1993 تم تطبيق التعديلات الداخلة على الملحق (1) من اتفاقية MARPOL والتي تم إقرارها عام 1992 وتضمنت التعديلات المذكورة تطبيق شرط التقيد في تصميم ناقلات النفط الجديدة بوجود بدن مزدوج للناقلة (الناقلات المتعاقد على بنائها بعد تاريخ 6 تموز 1993 والتي تم وضع قرينتها بعد تاريخ 6 كانون الثاني 1994 أو التي جرى تسليمها لأصحابها بدءاً من تاريخ 6 تموز 1996) وكذلك السفن القديمة المبنية قبل ذلك التاريخ.

وينص القانون رقم 13F **[4]** على ضرورة أن تحتوي ناقلات النفط الجديدة (التي لا تقل حمولتها DWT 5000) على بدن مزدوج بحيث يفصل بين جداري البدن المزدوج فراغ يصل عرضه إلى 2 م (يجب ألا يقل عرض الفراغ في الناقلات التي حمولتها الساكنة أقل من 5000 DWT عن 0.76 م).

ويتم تطبيق القانون رقم 13G على ناقلات النفط الخام حمولة 20000 DWT، وناقلات النفط المكرر بدءاً من حمولة 30000 DWT. تمَّ تطبيق القانون 13G بتاريخ 6 تموز عام 1995، وينص على ضرورة التقيد بشرط وجود بدن مزدوج للناقلة (أو سحبها من الخدمة) حين يصل عمر الناقلة إلى 25 سنة، ولم تتقيد بشروط بناء البدن المزدوج DH حيث تستطيع الناقلة متابعة عملها كناقلة نفط ذات بدن واحد إلى أن يصل عمرها إلى 30 سنة. هناك العديد من الحلول البديلة التي يمكن القبول بها في التصميم والإنشاء، وشرط أن يضمن التصميم درجة معينة من الحماية من حصول تلوث نفطي حين تتعرض الناقلة للصدم، وشرط أن يتم قبول تلك الطريقة من قبل هيئة حماية البيئة ..... وفقاً للأنظمة والقوانين التي وضعتها السلطة ذات الصلة. وتجدر الإشارة إلى أنه حتى هذا التاريخ لم يتم تصميم ناقلات

تحتوي على سطح متوسط أو يتم اعتماد تصاميم أخرى ربما بسبب عدم قبول دخول تلك الناقلات إلى موانئ الولايات المتحدة الأمريكية، حيث لم يتم اعتماد القانون 13F وحيث يتم تطبيق القانون OPA90 الناظم لمراقبة الناقلات ذات البدن المزدوج. ويورد لنا تعديل عام 2001 على الملحق (1) جدولاً زمنياً جديداً لتسريع موعد إيقاف عمل الناقلات ذات البدن الواحد.

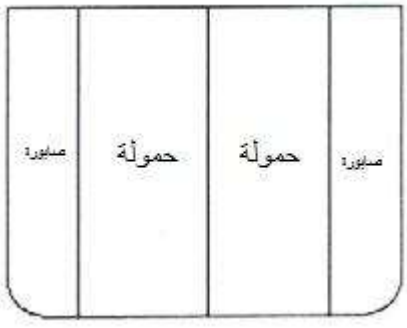
تم لاحقاً تعديل الملحق المذكور عام 2003، وتم وضعه موضع التنفيذ في شهر نيسان عام 2005. وفيما يلي نجد تفصيل مضمون الجدول الزمني الخاص بعملية إخراج ناقلات النفط وحيدة البدن من الخدمة:

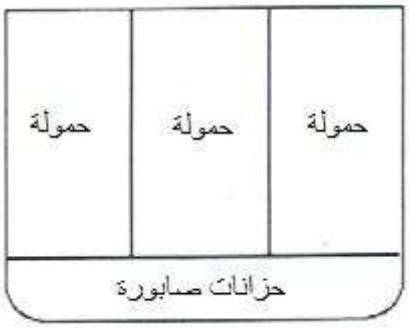
- لأجل ناقلات النفط ذات بدن واحد (SH): 5 نيسان عام 2005 ، للناقلات التي تم تسليمها بتاريخ 5 نيسان عام 1982 أو ما قبل، وعام 2005 لأجل الناقلات التي تم توريدها وتسليمها بعد تاريخ 5 نيسان 1982.
- لأجل ناقلات النفط وحيدة البدن (SH-SBT): تاريخ 5 نيسان 2005 للناقلات التي تم توريدها وتسليمها بتاريخ 5 نيسان عام 1977 أو قبل ذلك، وعام 2005 للناقلات التي تم تسليمها بعد تاريخ 5 نيسان عام 1977 ولكن قبل تاريخ 1 كانون الثاني 2006 للناقلات التي تم تسليمها عام 1978، وعام 2007 لأجل الناقلات التي تم تسليمها عام 1980 وعام 1981، وعام 2008 لأجل ناقلات النفط التي تم توريدها عام 1982، وعام 2009 لأجل الناقلات التي تم تسليمها عام 1983، وعام 2010 لأجل الناقلات التي تم تسليمها عام 1984 أو بعد ذلك **[5]**.

**2- مصدر البيانات والعينات المحللة:**

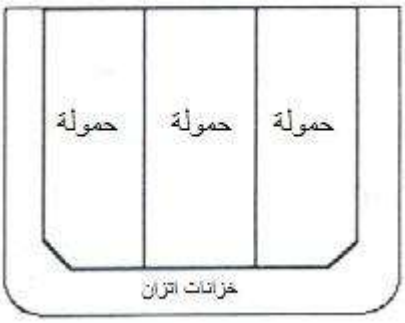
حصلنا على مجموعة لا بأس بها من البيانات المتعلقة بحوادث ناقلات النفط من هيئة التصنيف النرويجية DNV. هذه المعلومات والسجلات تغطي جميع فئات وأوزان ناقلات النفط وعلى طول الفترة بين عام 1978 وعام 2004. وتم التركيز خلال تحليل المعلومات لحوادث الناقلات السابقة على السجلات الخاصة بناقلات النفط من فئة خاصة، أي الناقلات التي تتراوح حمولاتها بين $(80000 \div 119000)\ DWT$.

إضافة إلى ما سبق تم اختيار فئات الناقلات الرئيسية المصنفة لدى هيئة التصنيف النرويجية DNV. لإجراء المزيد من الدراسات عليها، وهي ناقلات نفط مكرر وناقلات نفط خام وناقلات المشتقات النفطية وناقلات المنتجات الكيميائية، ولم تُشمل الناقلات صنف OBO، وناقلات النفط/المعدن الخام، وناقلات المواد الكيميائية نظراً، لتميز هذا الصنف من الناقلات بصفات إنشائية مختلفة وهي ذات ميزات عملية من نوع خاص. وبالعودة إلى ما سبق تم تحليل 789 حادثة ناقلة نفط ما بين عام 1978 وعام 2003 على ضوء الحمولات المذكورة أعلاه وأنواع حوادث السنة التي تلحق بناقلات النفط ( الجدول 1).



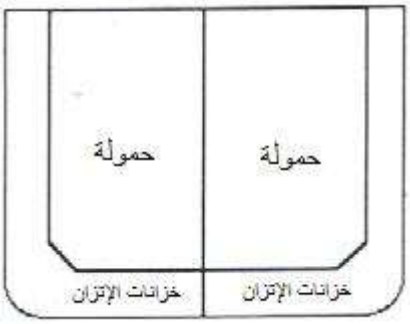



جانب مضاعف **DS**

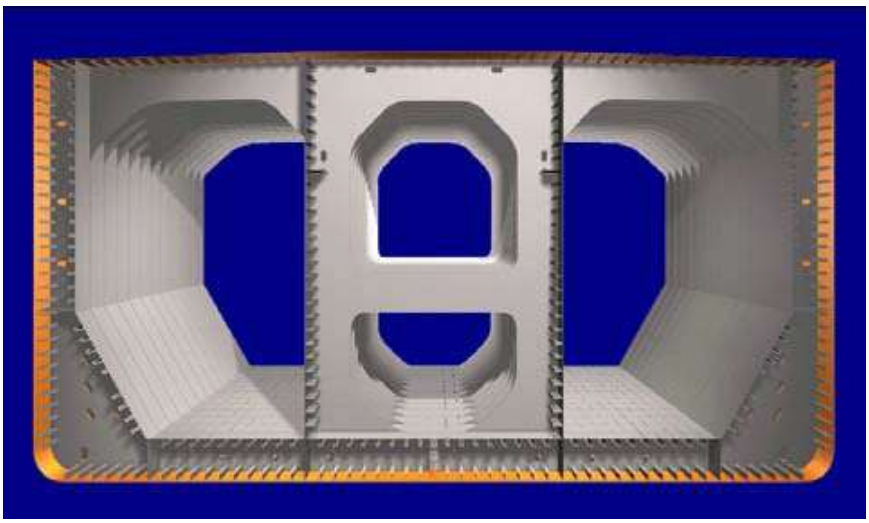



بدن مضاعف **DH**

بدن مفرد وقاع مزدوج **SH**




بدن مضاعف مع خزانات منفصلة **DH**



**الشكل (1) التصميم النموذجي للناقلة الحالية [7]**

**الجدول ( 1 ) توزيع كميات التلوث النفطي حسب نوعية كل حادثة**

| توزيع كميات التلوث النفطي حسب نوعية كل حادثة | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ناقلات النفط (فئات الحوادث مقابل كمية التلوث) المدة عام 1978 ـ 2003 | | | | | | |
| النوع والفئات | عدد الحوادث | عدد الحوادث المسببة | عدد الحوادث بدون تلوث | نسبة الحوادث المسببة | إجمالي كميات تلوث النفط | نسبة كمية تسريب النفط |

| | | للتلوث | نفطي | لتسرب النفط | بالفئة / طن | لكل فئة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| انهيار إنشائي | 120 | 17 | 103 | 14.2 | 96369 | 26.3 |
| تلامس | 125 | 13 | 112 | 10.4 | 7877 | 2.1 |
| تصادم | 232 | 9 | 223 | 3.9 | 20734 | 5.7 |
| جنوح | 194 | 18 | 176 | 9.3 | 158869 | 43.4 |
| حريق | 79 | 1 | 78 | 1.3 | 676 | 0.2 |
| انفجار | 39 | 2 | 37 | 5.1 | 81770 | 22.3 |
| **إجمالي** | **789** | **60** | **729** | **7.6** | **366494** | |

**3- حجم التلوث الحاصل مع كل نوع من الحوادث البحرية:**

يورد الجدول (1) حجم التلوث النفطي المسجل بين أعوام (1978 – 2003)، والناتج عن تعرض ناقلات النفط لحوادث بحرية. غالبية هذه الحوادث البحرية لم تؤدِ إلى حدوث تلوث نفطي، بل إن 60 حادثة من مجموع 789 حادثة (نسبة 7.6%) أدت إلى حدوث تسريب نفطي من الناقلات. أكبر عدد من الحوادث البحرية التي تتعرض لها ناقلات النفط والتي تؤدي إلى تلوث نفطي ناتج عن حالات الانهيار الإنشائي في بدن الناقلات (نسبة 14.2%)، ومن حالات التلامس (نسبة 10.4%)، ومن حالات جنوح الناقلات (نسبة 9.3%). وحين يتم اعتبار كميات التلوث النفطي الحاصل فالنسبة الأكبر مصدرها جنوح الناقلات (43.4%)، ونسبة 26.3% تأتي من حالات الانهيار الإنشائي في الناقلات ونسبة 22.3% بسبب حوادث الانفجار على متن الناقلة. ونعتبر حوادث الانفجار على أنها حوادث عالية خطورة التلوث النفطي (الجدول 1)، حيث أن حادثتين من حوادث الانفجار على الناقلات أدت إلى حدوث تلوث نفطي بالمقادير نفسها الناتجة عن حدوث انهيار إنشائي في سبعة عشر ناقلة نفط (من دون حوادث تصادم أو جنوح).

**4- معدلات الحوادث البحرية وكميات التسريب النفطي بالطن:**

بالنسبة إلى جميع أنواع الحوادث الست ثم حساب معدلات الحوادث [6] (وتيرتها) بالسفينة بالسنة بتقسيم عدد الحوادث على عدد الناقلات العاملة في تلك السنة. ونلاحظ تناقصاً واضحاً في المعدل الإجمالي للحوادث البحرية (بعد اعتبار الفئات الست كلها) في الفترة بعد عام 1990 (جدول2).

**الجدول (2) معدلات الحوادث ومعدلات النفط المتسربة بالطن**

| المدة | معدل الحوادث بالناقلة / سنة | حوادث مع تلوث نفطي | المؤشر (طن / سنة سفينة) |
|---|---|---|---|
| 2003 ـ 1978 | 7.39E.02 | 5.37E0.3 | 31.4 |
| 1990 ـ 1978 | 1.11E.01 | 6.45E.03 | 26.8 |
| 2003 ـ 1991 | 3.72E.02 | 4.29E.03 | 35.0 |

ويمكن الوصول إلى الاستنتاج نفسه لدى دراسة كل فئة حوادث بصورة منفصلة. وإذا اعتبرنا الحوادث التي نتج عنها تلوث نفطي (بصرف النظر عن كمية النفط المتسربة) يتبين لنا تناقص معدلات الحوادث التي تسبب حصول تلوث نفطي خلال الفترة موضوع الدراسة. لكن ليس بدرجة تناقص جميع أنواع الحوادث (بصرف النظر عما إذا كانت قد أدت إلى حصول تلوث نفطي).

ومن دراسة معدلات التلوث لكل فئة حوادث على نحو منفصل لاحظنا حدوث تراجع خلال فترة ما بعد عقد التسعينات (1990) ماعدا حالة فئة حوادث الانهيار الإنشائي التي تميزت بحدوث زيادة ضئيلة خلال فترة الدراسة. ويأتي هذا التحسن الظاهر كثمرة لتطبيق سلسلة من التشريعات العائدة إلى منظمة IMO والهادفة إلى منع وقوع حوادث بحرية.

إن المعلومات الواردة أعلاه في الجدول (3) تعطي للمرة الأولى تحليلاً إحصائياً لأداء التلوث مع الحوادث في مختلف أنواع أبدان ناقلات النفط العاملة. ويتبين أن أداء الناقلات مزدوجة القاع والجوانب تعمل بصورة أفضل (أداء أفضل) من أداء الناقلات ذات البدن الواحد SH و SH/SBT، وأداؤها دون مستوى أداء ناقلات النفط مزدوجة البدن DH.

كما يشير الجدول (3) كذلك إلى الزيادة الملحوظة في مؤشر التلوث (طن/عمر الناقلة) بالنسبة لصنف الناقلات SH (وحيدة البدن) وزيادة استخدام الناقلات مزدوجة البدن، وتناقص مؤشر الناقلات مزدوجة البدن وتناقص مؤشر الناقلات مزدوجة القاع في عقد التسعينيات.

على الرغم من أن معدلات التلوث هذه تستند إلى إحصاءات تعود إلى حوادث تمتد على مدى سنين عديدة، ومن ثمة فهي تعكس الحقيقة إلى حد ما، فقد يكون من المبكر جداً التوصل إلى نتائج موثوقة تتعلق بالتأثير المباشر الفعلي لنوعية تصميم بدن ناقلة النفط بمعدل حدوث تلوث بحري. وأحد الأسباب الهامة وراء هذا التحفظ هو أن هذه المعدلات تتغير جذرياً ما بعد وقوع حوادث تلوث جسيمة كارثية مثل السفينة **EXXON VALDEZ**. ويمكن القول: إنه رغم كون حوادث التلوث النفطي المرافقة للناقلات مزدوجة البدن لم تسبب تسريب كميات كبيرة من النفط، إلا أنه من ناحية أخرى يكفي تعرض ناقلة نفط مزدوجة البدن لكارثة بحرية لكي يؤدي ذلك إلى تبديل مؤشر التلوث النفطي المرتبط بالناقلات مزدوجة البدن. ومن شأن هذه الزيادة في مؤشر التلوث أن تكبر وتتعاظم أكثر نظراً لضآلة عدد الناقلات من فئة التصميم مزدوج البدن DH.

**الجدول ( 3 ) معدلات حوادث التلوث بالنفط من ناقلات النفط حسب نوع البدن**

**/انهيار إنشائي دون حوادث/ تصادم/تلامس/جنوح/حرائق/انفجارات/**

| فترة 1978 ـ 2003 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | كل السفن | SH من دون SBT | بدن وحيد SBT/SH | قاع مزدوج | جدار مزدوج | بدن مزدوج |
| **السنوات** | **26** | **26** | **26** | **26** | **24** | **19** |
| **أحواض بناء السفن** | 11652 | 6246 | 1770 | 372 | 1093 | 2171 |
| **حوادث دون تسريب نفطي** | 729 | 536 | 58 | 40 | 45 | 50 |
| **حوادث مع تسريب حتى 7 طن** | 20 | 14 | 4 | 1 | 0 | 1 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **حوادث مع تسريب حتى 700 طن** | 20 | 12 | 4 | 0 | 1 | 3 |
| **حوادث مع تسريب أكبر من 700 طن** | 20 | 16 | 1 | 2 | 1 | 0 |
| **عدد الحوادث الإجمالي** | 789 | 578 | 67 | 43 | 47 | 54 |
| **كميات تسريب حتى 7 طن** | 27 | 19.6 | 7 | 0 | 0 | 1 |
| **كميات تسريب حتى 700 طن** | 4874 | 3559 | 673 | 0 | 280 | 362 |
| **كميات تسريب أكبر من 700 طن** | 361.393 | 347.608 | 8.37 | 4.377 | 8.571 | 0 |
| **إجمالي كمية النفط** | 366.294 | 351.186 | 1517 | 4377 | 8851 | 3602 |
| **المؤشر طن – عمر السفينة** | 31.4 | 56.2 | 0.9 | 11.8 | 8.1 | 0.4 |
| **فترة 1978 ـ 1990** | | | | | | |
| **السنوات** | **13** | **13** | **13** | **13** | **11** | **6** |
| **أحواض السفن** | 5041 | 4.119 | 484 | 146 | 243 | 49 |
| **حوادث دون تسريب** | 525 | 445 | 36 | 25 | 18 | 1 |
| **حوادث مع تسريب** | 32 | 28 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| **مجموع الحوادث** | 557 | 473 | 2.8 | 3 | 0 | 0 |
| **إجمالي كمية النفط** | 135.095 | 149.341 | 1.377 | 4.377 | 0 | 0 |
| **المؤشر الطن/ حوض السفن** | 26.8 | 31.4 | 2.8 | 3 | 0 | 0 |
| **فترة 1991 ـ 2003** | | | | | | |
| **السنوات** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** | **13** |
| **أحواض السفن** | 6.611 | 2.127 | 1.286 | 226 | 850 | 2.122 |
| **حوادث دون تسريب** | 204 | 91 | 22 | 15 | 27 | 49 |
| **حوادث مع تسريب** | 28 | 14 | 7 | 1 | 2 | 4 |
| **مجموع الحوادث** | 234 | 105 | 29 | 16 | 29 | 53 |
| **إجمالي كمية النفط** | 231.199 | 221.845 | 140 | 0 | 8.851 | 363 |
| **المؤشر** | 35 | 104.3 | 0.1 | 0 | 10.4 | 0.2 |

من ناحية أخرى نجد أن حادثتي التلوث اللتين أدتا إلى حدوث تلوث في ناقلات الجانب المضاعف DS أدت إلى حدوث تسرب نفطي بكمية أكبر مرتين من الكمية الناتجة عن ثلاثة حوادث تعرضت لها ناقلات ذات قاع مزدوج (DB). حيث تم التعبير عن حالات التسريب هذه على هيئة مؤشر index (أي كمية النفط المتسربة على مدى عمر الناقلة).

نورد مثالاً آخر هنا هو المقارنة بين أشكال بدن السفينة من حيث أداء ناقلات النفط (قبل اتفاقية MARPOL) ذات بدن واحد، وأداء ناقلات MARPOL وحيدة البدن SH-SBT. ونعتبر البيانات الواردة في الجدول 3 واضحة ومعبرة تماماً:

نسبة (9.2%) من الناقلات SH (وحيدة البدن قبل MARPOL) تعرضت لحوادث (578 حادثة مع عدد ناقلات 6246 ناقلة سنة) مقارنة إلى نسبة 3.8% من ناقلات (ما بعد MARPOL) وحيدة البدن (SH/SBT) (67حادثة/1770 ناقلة سنة). والناحية المهمة هي أنه فقط نسبة 7.3% من حوادث الناقلات SH أدت إلى تسريب نفطي (42 حادثة تلوث من بين 578 حادثة بحرية) لكن الرقم القابل والعائد لناقلات SH/SBT هو 13.4%

(9 حوادث تلوث من بين 67 حادثة). وحين نأخذ في الحسبان كميات النفط المتسربة خلال هذه الحوادث وقيم مؤشر التلوث الناتج سنرى أن أداء ناقلات SH/SBT هو أفضل بكثير من أداء ناقلات فئة SH . والمهم هو أنه حين قسمنا البيانات العائدة إلى فترة 26 سنة العائدة للدراسة إلى فترتين زمنيتين.

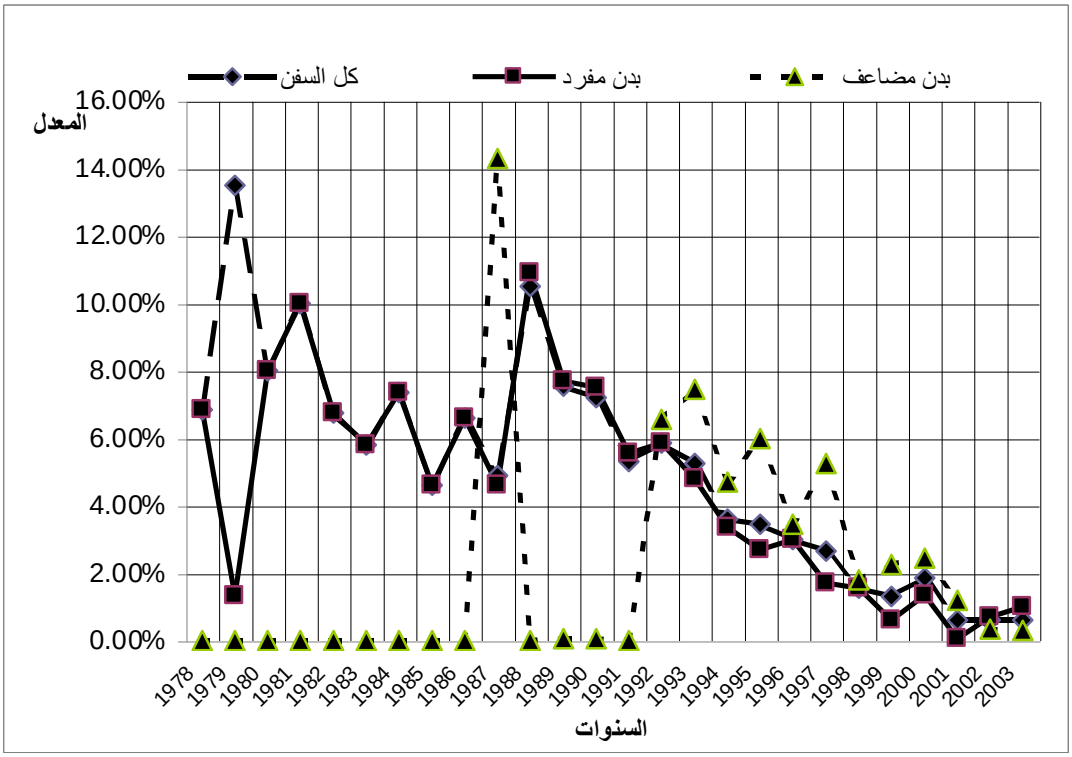
(1978–1990) و(1991–2003) وجدنا تزايد أفضلية أداء ناقلات فئة (SH/SBT) أي وحيدة البدن بعد MARPOL على أداء ناقلات SH خلال الفترة الأخيرة، وتلك الزيادة منشؤها تحسن أداء ناقلات فئة (SH/SBT) (بدن واحد بعد MARPOL) (مقارنة مع ناقلات ذات بدن مزدوج)، والسبب الآخر لتلك الزيادة هو تراجع أداء ناقلات فئة (SH-NON-SBT/PL) وقد تميزت ناقلات هذه الفئة بالهرم والقدم.

**5- معدلات الحوادث مع ناقلات مزدوجة البدن ووحيدة البدن:**

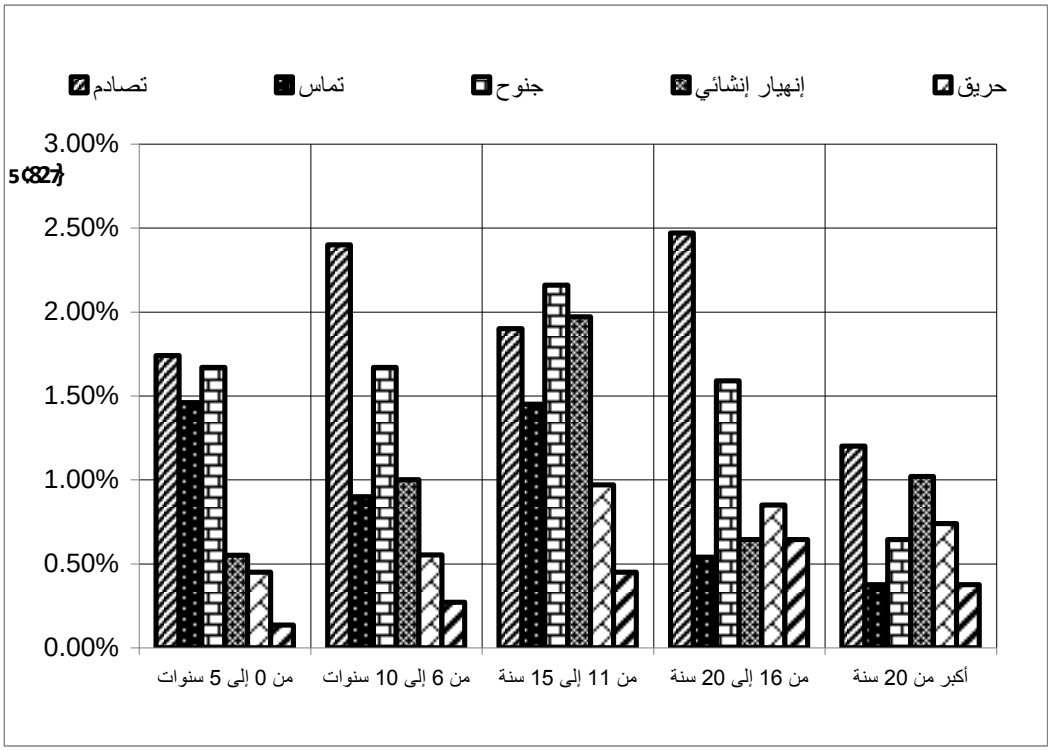
يظهر لنا الشكل (2) معدلات حوادث التصادم والتلامس والجنوح (حوادث إبحار) لناقلات البدن المضاعف والناقلات وحيدة البدن. عامةً يتبين من تفسير هذه المعدلات ضرورة توخي الحذر بالنسبة للناقلات مزدوجة البدن **DH** حيث أنه حتى بداية عقد التسعينيات 1990 كان عدد الناقلات مزدوجة البدن **DH** أقل بكثير من عدد الناقلات أحادية البدن **SH** (الجدول1).

من ناحية أخرى قد نتوقع وجود سلوك إنشائي مختلف يرافقه مشاكل كبيرة لدى مقارنة الناقلات مزدوجة البدن DH بتلك وحيدة البدن SH، من ثمة نتوقع وجود وتيرة مختلفة في انهيار الناقلات دون حدوث تصادم. ونرى في الشكل (3)البيانات المتوفرة لهذا النوع من الحوادث.

هنا نرى معدلات التعرض للحوادث البحرية في الناقلات مزدوجة البدن DH خلال سنتين فقط أي عام 1993 (حادثة واحدة) وفي عام 1994 (حادثتان). يُفسر ارتفاع معدلات الحوادث الظاهرة في الشكل 3 خلال هاتين السنتين بضآلة عدد الناقلات المعرضة للخطر خلال تلك الفترة، وهذا لا يتيح لنا الوصول إلى استنتاج موثوق. من ناحية أخرى أن الناقلات مزدوجة البدن مازالت أعدادها ضئيلة وصغيرة السن نسبياً فإن أي ضعف إنشائي محتمل في الناقلات مزدوجة البدن DH قد يتطور إلى انهيار إنشائي. وفيما يتعلق بهذه الناحية نجد أن هذا البحث يتضمن دراسة تحليلية لتوزيع فئات أعمار الناقلات (توزيع معدلات وقوع الحوادث على أساس شكل البدن وعمر الناقلة).




**الشكل (2) معدلات حوادث التصادم والتلامس والجنوح (حوادث إبحار) للناقلات البدن المضاعف والناقلات وحيدة البدن**




**الشكل(3– أ ) معدلات الحوادث حسب أنواع تصميم بدن الناقلة وحسب فئة الحوادث وحسب عامل السن (عمر الناقلة)**

**6- معدلات حوادث الناقلات على أساس عمرها:**

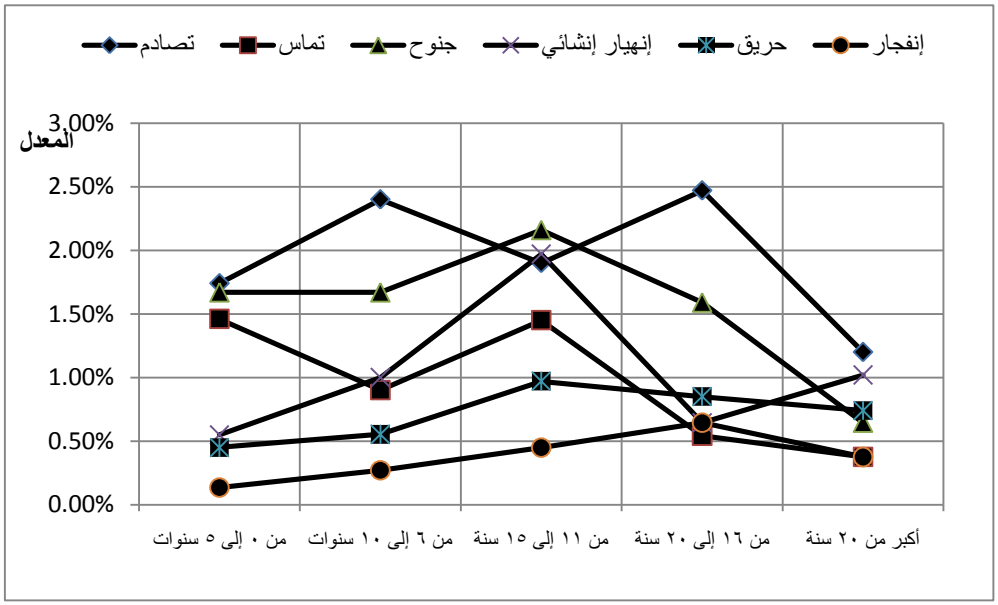
يوضح الشكل (3- أ ) معدلات الحوادث حسب أنواع تصميم بدن الناقلة وحسب فئة الحوادث وحسب عامل السن (عمر الناقلة) ضمن مجموعات عمرية بالسنوات. ويوضح لنا المخطط (3- ب) المعلومات نفسها لكن لأجل حوادث كارثية، وكذلك الحوادث التي تؤدي إلى خسارة الناقلة بصورة شاملة (Total Loss).

وبالنسبة للحوادث الملاحية (تشمل حوادث التصادم والتلامس والجنوح) فلا توجد صلة مستمرة ثابتة بين معدلات الحوادث وعمر الناقلة. لكن نرى أن حالات الانهيار الإنشائي غير المرتبط بحادثة بحرية، وبدرجات أقل حوادث الحريق والتصادم والتلامس والجنوح تأخذ شكل منحنٍ جرسي، بينما تتزايد وتيرة وقوع الحوادث خلال العمر الوسطي للناقلة، وتم توضيح هذه الظاهرة من خلال العديد من الدراسات الإحصائية الأخرى للحوادث البحرية، لكن لم يتم بعد الوصول إلى جواب مقنع حول ذلك.

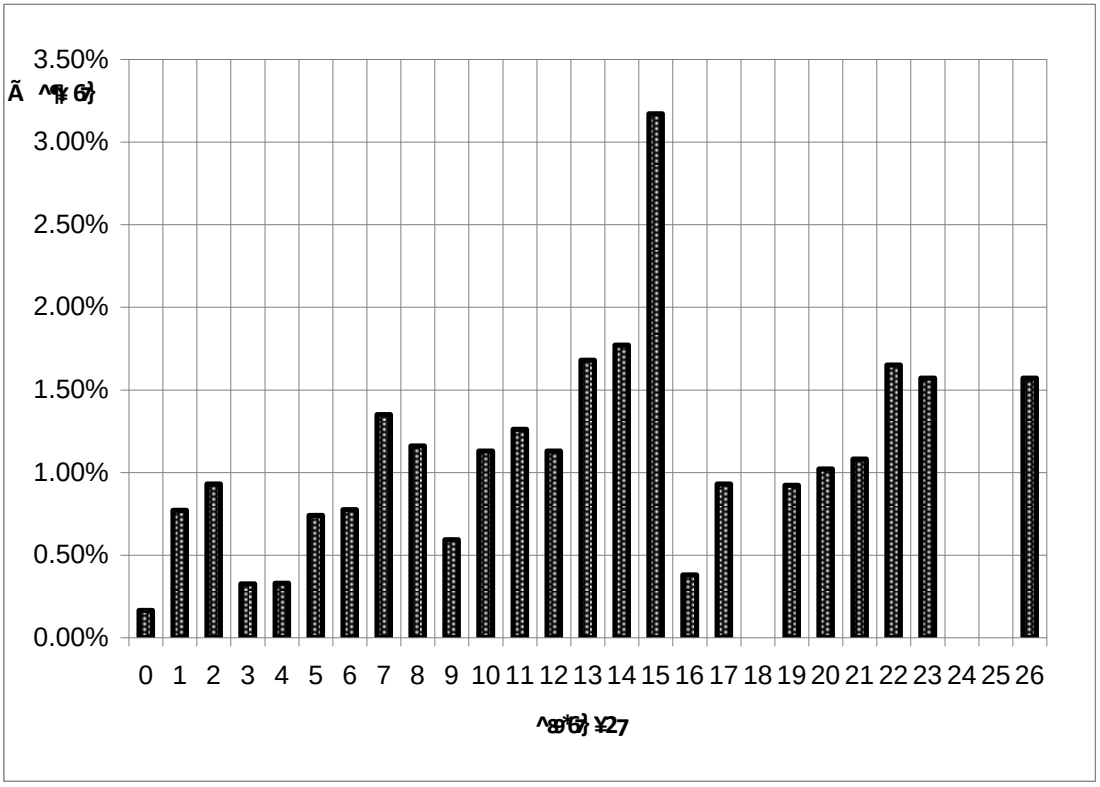
**7- حوادث الانهيار الإنشائي لناقلات النفط:**

**7-1 معدلات الحوادث على أساس تصميم البدن وعمر الناقلة:**

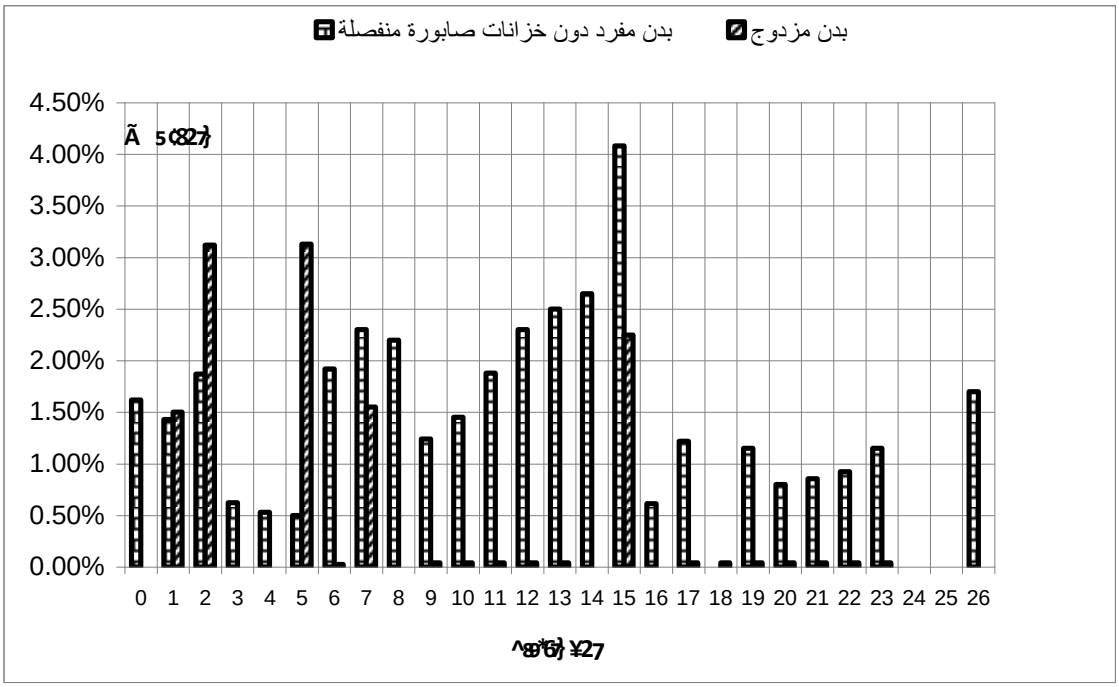
يتبين من الإحصائيات أن الناقلات ذات البدن المزدوج تحقق أداءً أفضل، لكن هذه المقارنة غير جدية حيث أن معظم الناقلات ذات البدن المزدوج تكون صغيرة العمر وسوف نرى فيما يلي كيف أن العمر الصغير للناقلة يؤثر في معدلات حدوث الانهيار الإنشائي لكل نوع من أنواع بدن السفينة، حيث يبين لنا الشكل (4) معدلات الانهيار الإنشائي لكل أشكال تصميم البدن في ناقلات النفط وفقا لعمر الناقلة وبمعدل سنوي.




**الشكل(3- ب) معدلات الحوادث حسب أنواع تصميم بدن الناقلة ولحوادث كارثية وحسب عامل السن (عمر الناقلة)**



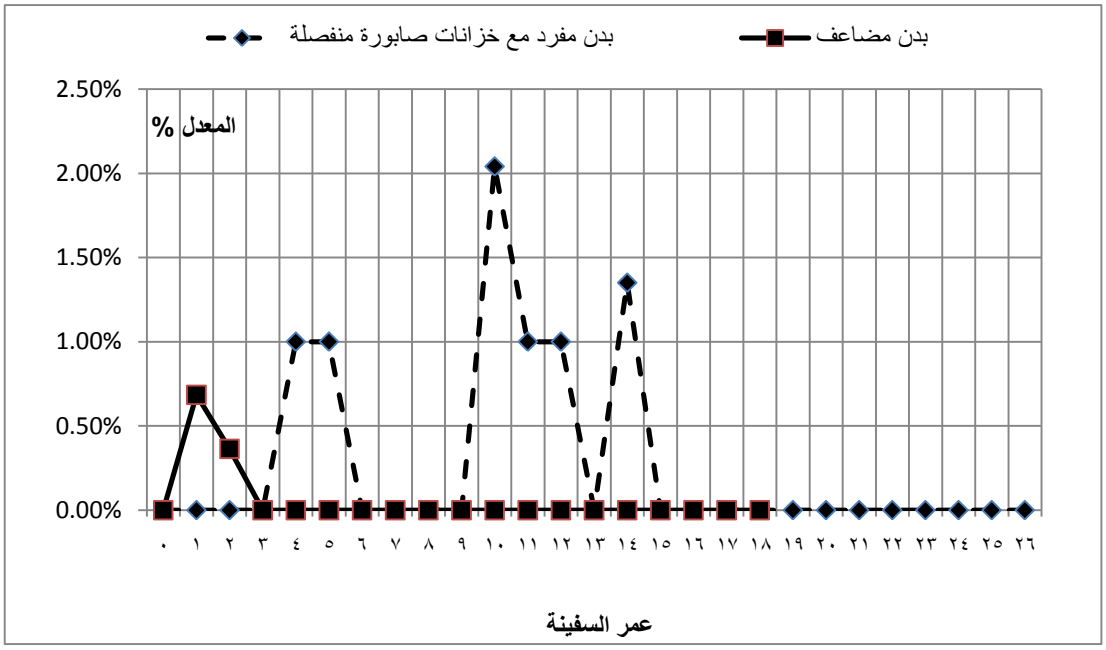

**الشكل (4)معدلات الانهيار الإنشائي لكل أشكال تصميم البدن في ناقلات النفط وفقا لعمر الناقلة وبمعدل سنوي**




**الشكل (5) معدلات الانهيار الإنشائي لأجل الناقلات وحيدة البدن** NON-SBT
**والناقلات ذات الجانب المضاعف وفقا لعمر الناقلة وبمعدل سنوي**

كذلك يقارن الشكل (5) المعلومات نفسها للناقلات وحيدة البدن **SH** والناقلات ذات الجانب المزدوج **DS.**

كما أن الشكل (6) يقارن المعلومات نفسها لأجل الناقلات وحيدة البدن مع خزانات صابورة منفصلة مع الناقلات ذات البدن المضاعف. نظراً لضآلة عدد الناقلات ذات القاع المزدوج فلا يتوفر معلومات إحصائية وافية حولها. لهذا السبب لا نقدم مخططاً عن التوزيع العمري لناقلات مزدوجة القاع DB, وإنما نورد فقط البيانات الأولية المتعلقة بالحوادث والناقلات بالنسبة لتصميم القاع المزدوج وغير ذلك من التصاميم (جدول 4)




**الشكل (6) معدلات الانهيار الإنشائي لأجل الناقلات وحيدة البدن** SBT **والناقلات ذات البدن المضاعف وفقا لعمر الناقلة وبمعدل سنوي**

يتبين من دراسة الأشكال (4) حتى (6) ما يلي:

أن المعلومات التي حصلنا عليها عن ناقلات البدن المفرد (SH) قبل اتفاقية MARPOL ضعيفة على نحو خاص.

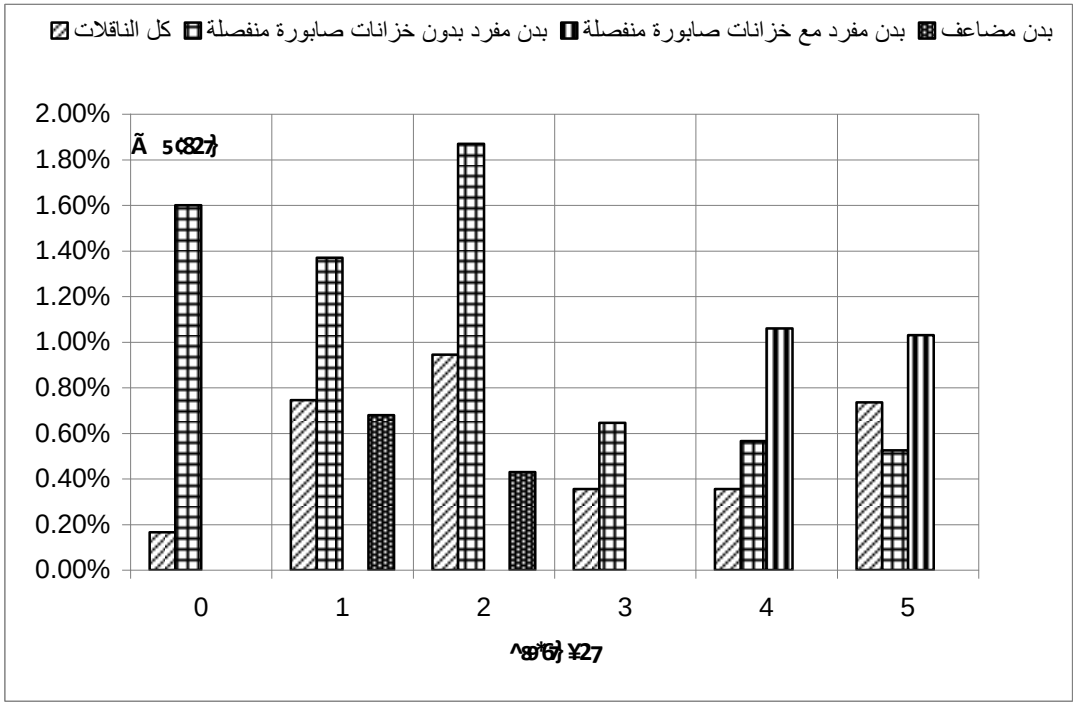
**a)** الناقلات (SH/SBT) أي الناقلات بعد اتفاقية MARPOL أعطت سجلات أفضل بكثير من الناقلات السابقة.

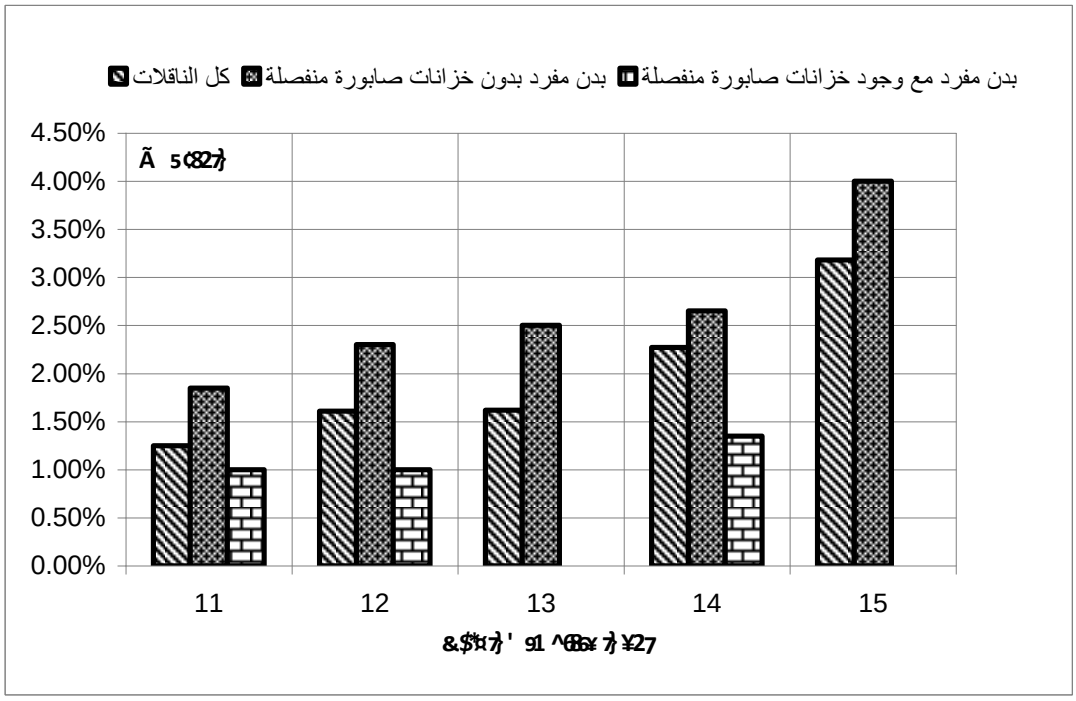
**b)** مازال عدد الناقلات ذات البدن المزدوج ضئيلاً ولا يسمح لنا بالخروج باستنتاجات ثابتة أكيدة.

ونجد أن معدلات الانهيار الإنشائي تكون ضئيلة للغاية في الناقلات التي يقل عمرها عن 5 سنوات وذات بدن مزدوج. وحين يتراوح عمر الناقلة بين 11 و15 سنة تم تسجيل أعلى معدلات انهيار إنشائي في الناقلات وحيدة البدن (SH). لكن من المبكر الوصول إلى أي استنتاج حول أداء الناقلات مزدوجة البدن ومتوسطة العمر كما يوضح الشكل 7.

**الجدول(4): البيانات الأولية المتعلقة بالحوادث والناقلات بالنسبة لتصميم القاع المزدوج وغير ذلك من التصاميم**

| انهيار إنشائي دون حادث | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| بدن مضاعف | | جدار مضاعف | | قعر مضاعف | | بدن مفرد مع خزانات صابورة منفصلة | | بدن مفرد بدون خزانات صابورة منفصلة | | كل السفن | | العمر |
| الأسطول | الحوادث | الأسطول | الحوادث | الأسطول | الحوادث | الأسطول | الحوادث | الأسطول | الحوادث | الأسطول | الحوادث | |
| 364 | 0 | 65 | 0 | 12 | 0 | 98 | 0 | 62 | 1 | 601 | 1 | 0 |
| 288 | 2 | 65 | 1 | 15 | 0 | 97 | 0 | 73 | 1 | 538 | 4 | 1 |
| 248 | 1 | 65 | 2 | 17 | 0 | 97 | 0 | 108 | 2 | 535 | 5 | 2 |
| 234 | 0 | 64 | 0 | 18 | 1 | 95 | 0 | 158 | 1 | 569 | 2 | 3 |
| 213 | 0 | 64 | 0 | 19 | 0 | 94 | 1 | 183 | 1 | 573 | 2 | 4 |
| 166 | 0 | 64 | 2 | 19 | 0 | 98 | 1 | 198 | 1 | 545 | 4 | 5 |
| 133 | 0 | 64 | 0 | 19 | 0 | 99 | 0 | 210 | 4 | 525 | 4 | 6 |
| 115 | 0 | 66 | 1 | 19 | 1 | 100 | 0 | 217 | 5 | 517 | 7 | 7 |
| 101 | 0 | 66 | 0 | 19 | 1 | 100 | 0 | 226 | 5 | 512 | 6 | 8 |
| 90 | 0 | 65 | 0 | 19 | 0 | 100 | 0 | 248 | 3 | 522 | 3 | 9 |
| 74 | 0 | 65 | 0 | 20 | 0 | 99 | 2 | 277 | 4 | 535 | 6 | 10 |
| 51 | 0 | 65 | 0 | 20 | 0 | 99 | 1 | 321 | 6 | 556 | 7 | 11 |
| 29 | 0 | 61 | 0 | 18 | 0 | 96 | 1 | 351 | 8 | 555 | 9 | 12 |
| 23 | 0 | 55 | 0 | 16 | 0 | 88 | 0 | 362 | 9 | 544 | 9 | 13 |
| 16 | 0 | 50 | 0 | 15 | 1 | 73 | 1 | 375 | 10 | 529 | 12 | 14 |
| 13 | 0 | 45 | 1 | 14 | 0 | 62 | 0 | 371 | 15 | 505 | 16 | 15 |
| 8 | 0 | 39 | 0 | 14 | 0 | 55 | 0 | 354 | 2 | 470 | 2 | 16 |
| 4 | 0 | 28 | 0 | 13 | 0 | 51 | 0 | 335 | 4 | 431 | 4 | 17 |
| 1 | 0 | 16 | 0 | 10 | 0 | 46 | 0 | 309 | 0 | 382 | 0 | 18 |
| 0 | 0 | 6 | 0 | 8 | 0 | 38 | 0 | 269 | 3 | 321 | 3 | 19 |
| 0 | 0 | 5 | 0 | 7 | 1 | 36 | 0 | 247 | 2 | 295 | 3 | 20 |
| 0 | 0 | 4 | 0 | 7 | 1 | 27 | 0 | 237 | 2 | 275 | 3 | 21 |
| 0 | 0 | 4 | 0 | 7 | 2 | 17 | 0 | 215 | 2 | 243 | 4 | 22 |
| 0 | 0 | 2 | 0 | 6 | 1 | 3 | 0 | 179 | 2 | 190 | 3 | 23 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 132 | 0 | 140 | 0 | 24 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 89 | 0 | 95 | 0 | 25 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 59 | 1 | 64 | 1 | 26 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 37 | 0 | 38 | 0 | 27 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 25 | 0 | 28 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 12 | 0 | 29 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 30 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 31 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 32 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 33 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 34 |
| ***2,171*** | ***3*** | ***1,093*** | ***7*** | ***372*** | ***9*** | ***1,770*** | ***7*** | ***6,246*** | ***94*** | ***11,652*** | ***120*** | ***المجموع*** |




**الشكل (7) معدلات الانهيار الإنشائي وفقا لعمر الناقلة وبمعدل سنوي**

## الاستنتاجات:

1- تراجعت معدلات حوادث الناقلات بدرجة كبيرة خلال فترة ما بعد عقد التسعينيات $1990_S$ مع بقاء معدلات حوادث التلوث النفطي على ما هي عليه.

2- يتضح من خلال الإطلاع على أشكال تصاميم بدن الناقلة المختلفة أن أفضل أداء يكون للناقلات مزدوجة البدن ووحيدة البدن ذات خزانات الصابورة المنفصلة (SBT/PL) مع فئات الحوادث كافة.

3- العلاقة ليست واضحة بين عمر السفينة ومعدلات تعرضها للحوادث. الناقلات متوسطة العمر تبدو حساسة بدرجة أكبر تجاه حدوث انهيار إنشائي من دون حوادث مقارنة بالناقلات الأصغر أوالأكبر سناً. هذه الناحية واضحة في الناقلات ذات البدن الوحيد، ومازال من الضروري توضيح هذا الأمر في الناقلات ذات بدن مزدوج، و هذا الصنف من الناقلات مازال صغيراً جداً من حيث العمر بحيث يصعب تقييم أدائه على نحو صحيح.

4- إن البدن المضاعف ليس هو الحل المثالي لحماية البيئة البحرية من التلوث حيث أثبتت الدراسات والحسابات التي تعتمد على الاحتمالات أن التقسيم الداخلي للناقلة قد يكون تأثيره الإيجابي أعمق.

## التوصيات:

إن استخدام النمذجة الرياضية والبرمجيات لهذه الإحصائيات يساعد في تحليل النتائج والحصول على نتائج جديدة تساعد في اختيار التصميم الأفضل للناقلات وإلى حماية البيئة البحرية من التلوث.

## قائمة المصطلحات والاختصارات:

| | |
|---|---|
| **SH:** | ناقلات ذات البدن المفرد |
| **SBT:** | خزانات الصابورة المنفصلة |
| **DH:** | ناقلات ذات البدن المضاعف |
| **OBO:** | ناقلات حمولة سائبة |
| **DWT:** | الحمولة الساكنة |
| **DB :** | القاع المزدوج |
| **SH-SBT:** | ناقلات نفط ذات بدن واحد بعد اتفاقية MARPOL. |

## المراجع:

[1] IMO. *MARPOL 73/78 the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships*, developed by the International Maritime Organization, London. 1973

[2] DNV. "*Oil Spills from Tankers in Collisions and Grounding. DAMAGE STATISTICS*", Report No. 93-0518, Oslo, 2004.

[3] IMO. "*Interim Guidelines for the Approval of Alternative Methods of Design and Construction of Oil Tankers Under Regulation 13F* " of Annex I of MARPOL 73/78. MARPOL 73/78 1994 and 1995 Amendments. London.

[4] IMO. "*Interim Guidelines for Approval of Alternative Methods of Design and Constriction of Oil Tankers under Regulation 13F* " of Annex I of MARPOL 73/78," Resolution MEPC.66(37), Adopted September 14, London, 1995.

[5] IMO. "*IMO Comparative Study on Oil Tanker Design "*IMO paper MEPC 32/7/15, Annex 5, Distribution of Actual Penetrations and Damage Locations Along Ship's Length for Collisions and Groundings, London, 2004.

[6] IMO. "*Amendments to the Annex of the Protocol of 1978 relating to the International Convention for the prevention of pollution from ships* " Amendments to regulation 13G, addition of new regulation 13H and consequential amendments to the IOPP Certificate of Annex I of MARPOL 73/78), London.

[7] حوا، رامي، بربهان، ميشيل، حمود، بسام. *مدخل إلى الهندسة البحرية*. السنة الأولى هندسة بحرية، جامعة تشرين، العام الدراسي 2003 – 2004،ص ص 120–250.