

(OPEN ACCESS)

Reducing the transfer of living organisms and solutions for cleaning ship hulls based on the 11th meeting of the IMO

Sajjad Ghahhari Kouckaksaraei^{*1}, Safoura Abarghouei^{*2}, Roya Emam³,
Omran Saeidi Samani⁴

1. Corresponding Author, Ports and Maritime Organization, Emam Khomeini Port, Khuzestan, Iran. E-mail: sajjadghahhari@gmail.com

2. Corresponding Author, Ports and Maritime Organization, Tehran, Iran. E-mail: sabarghoei67@gmail.com

3. Ports and Maritime Organization, Tehran, Iran. E-mail: royamarine@gmail.com

4. National Iranian Tanker Company, Tehran, Iran. E-mail: samani@ptsoc.com

Article Info

Article type:

Full Length Research Paper

Article history:

Received: 09.01.2024

Revised: 09.15.2024

Accepted: 09.22.2024

Keywords:

Agenda item 5,
Biofouling,
Invasive aquatic species,
Sub-committee on pollution
prevention and response

ABSTRACT

Biofouling is the result of the accumulation and growth of marine biological cells on the surfaces of ships underwater and is considered one of the most important factors affecting the efficiency of all types of ships. Keeping ships' hulls clean and removing even thin layers of sediments can reduce greenhouse gas emissions from ships. The preliminary findings of the International Maritime Organization's study on the effect of biological sediment show that even a small layer of sediments with a thickness of 0.5 mm that covers half of the surface of the hull can, depending on the characteristics, Ship conditions such as speed and other conditions can increase greenhouse gas emissions in the range of 20 to 25 percent. Hull cleaning should not be done in such a way as to impair the current and future performance of the antifouling systems. Some cleaning methods may damage antifouling systems in a way that is not immediately visible but can accelerate the growth of fouling. In the 10th meeting of the Subcommittee on Pollution Prevention and Control of the International Maritime Organization, the member states and interested international organizations were invited to work internationally on guidance on issues related to cleaning in water and proposals. To make it applicable, present it to the 11th session of the sub-committee. Therefore, the documents that are presented at the international level should consider three social, environmental and economic aspects so that the stakeholders (member countries of the International Maritime Organization, ship designers and builders, manufacturers and suppliers of antifouling paint, agencies environmental and regulatory agencies, classification institutions, ship owners) can reach an international consensus.

Cite this article: Ghahhari Kouckaksaraei, Sajjad, Abarghouei, Safoura, Emam, Roya, Saeidi Samani, Omran. 2025. Reducing the transfer of living organisms and solutions for cleaning ship hulls based on the 11th meeting of the IMO. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 14 (3), 33-40.



© The Author(s).

Doi: 10.22069/japu.2024.22761.1901

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

کاهش انتقال موجودات زنده و راهکارهای تمیز کردن بدنه کشتی‌ها مبتنی بر یازدهمین اجلاس کمیته PPR آیمو

سجاد قهاری کوچک‌سرایي^{۱*}، صفورا ابرقویی^{۲*}، رویا امام^۳، عمران سعیدی سامانی^۴

۱. نویسنده مسئول، سازمان بنادر و دریانوردی، بندر امام خمینی (ره)، خوزستان، ایران. رایانامه: sajjadghahhari@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران. رایانامه: sabarghoei67@gmail.com

۳. سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران. رایانامه: royamarine@gmail.com

۴. شرکت ملی نفت کش ایران، تهران، ایران. رایانامه: samani@ptsoc.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	رسوب‌های زیستی حاصل تجمع و رشد سلول‌های زیستی دریایی بر روی سطوح کشتی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱	در زیر آب است و یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کارایی انواع کشتی‌ها محسوب می‌شود.
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵	تمیز نگه داشتن بدنه کشتی‌ها و پاک کردن حتی لایه‌های نازک رسوبات می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کشتی‌ها را کاهش دهد. یافته‌های اولیه سازمان بین‌المللی دریانوردی در مورد تأثیر رسوب‌زیستی نشان می‌دهد که یک لایه کوچک از رسوبات به ضخامت ۰/۵ میلی‌متر که تا نیمی از سطح بدنه را می‌پوشاند می‌تواند بسته به ویژگی‌های کشتی مانند سرعت و سایر شرایط، باعث افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در محدوده ۲۰ تا ۲۵ درصد شود. تمیز کردن بدنه نباید به‌نحوی انجام شود که عملکردهای فعلی و آتی سیستم‌های ضد رسوب را مختل کند.
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱	برخی از روش‌های تمیز کردن ممکن است به سیستم‌های ضد رسوب آسیب برساند به گونه‌ای که بلافاصله قابل مشاهده نباشد اما می‌تواند رشد رسوب‌زستی را تسریع کند. در اجلاس دهم کمیته فرعی پیشگیری و مقابله با آلودگی سازمان بین‌المللی دریانوردی از کشورهای عضو و سازمان‌های بین‌المللی علاقه‌مند دعوت شد تا به‌صورت بین‌المللی در مورد راهنمایی در مسائل مربوط به تمیز کردن در آب مطالعه کرده و پیشنهادهای کاربردی را به جلسه یازدهم این کمیته ارائه کنند. این اسناد باید سه جنبه اجتماعی، محیط‌زیست و اقتصادی را در نظر بگیرند تا ذینفعان (کشورهای عضو سازمان بین‌المللی دریانوردی، طراحان و سازندگان کشتی، تولیدکنندگان و تامین‌کنندگان رنگ ضد رسوب، آژانس‌های محیطی و نظارتی، مؤسسه‌های رده‌بندی، مالکان کشتی و غیره) بتوانند به یک اجماع بین‌المللی دست یابند.
واژه‌های کلیدی: دستور کار پنجم، رسوب‌زیستی، کمیته فرعی پیشگیری و مقابله با آلودگی دریا، گونه‌های آبرزی مهاجم	

استناد: قهاری کوچک‌سرایي، سجاد، ابرقویی، صفورا، امام، رویا، سعیدی سامانی، عمران (۱۴۰۴). کاهش انتقال موجودات زنده و راهکارهای تمیز کردن بدنه کشتی‌ها مبتنی بر یازدهمین اجلاس کمیته PPR آیمو. نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان، ۱۴ (۳)، ۴۰-۳۳.

Doi: 10.22069/japu.2024.22761.1901



© نویسندگان

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

رسوب زیستی پدیده‌ای است که در اثر چسبندگی و رشد موجودات رسوب‌دهنده (مانند باکتری‌ها، جلبک‌ها، بارناکل‌ها و صدف‌ها) روی سطوح مرطوب ایجاد می‌شوند (۱). این فرآیند در سراسر جهان در صنایع مختلف رخ می‌دهد، به عنوان مثال می‌توان به سکوها‌ی نفت و گاز دریایی در چین و اقیانوس هند یا تجهیزات ماهیگیری در دریای خزر اشاره نمود (۲). در آب دریا به‌صورت طبیعی و یا مصنوعی که غیراستریل باشد رسوبات زیستی به سرعت بر بدنه کشتی‌ها رسوب می‌کنند (۳). در عرض چند دقیقه، مولکول‌ها و ذرات آلی بر روی سطوح غوطه‌ور در آب جذب می‌شوند که در مرحله بعد توسط باکتری‌ها، دیاتوم‌ها و تک یاخته‌ها کلونیزه شده و تشکیل یک بیوفیلم را می‌دهند (۴). بیوفیلم‌ها از گونه‌های متعددی از ریزجانداران تشکیل شده‌اند و بر روی سطوح غوطه‌ور در آب به یکدیگر متصل شده و درون ماتریکسی از مواد پلیمری خارج سلولی محصور می‌گردند. در سال ۱۹۴۳، زابل برای اولین بار در مورد تشکیل بیوفیلم و خوردگی مربوط به سطوح جامد بحث کرد (۵). بیوفیلم‌های بالغ دارای ساختارهای پیچیده و سه‌بعدی بوده که به ترکیب گونه‌ای بیوفیلم، فعالیت میکروبی و شرایط محیطی بستگی دارد (۶). بیوفیلم‌های دریایی حاوی گونه‌های مختلفی از باکتری‌های هتروتروف (عمدتاً پروتئوباکتری‌ها)، سیانوباکتری‌ها، آرکی‌ها و یوکاریوت‌های تک‌سلولی (مانند دیاتوم‌ها و تازک‌ها) هستند، در حالی که تراکم سارکودین‌ها، مژکداران و قارچ‌ها در آن کم است (۷، ۸). عوامل مختلفی مانند در دسترس بودن مواد مغذی، مورفولوژی سطح، تلاطم (حرکت) و حضور ذرات معلق نیز بر رشد بیوفیلم‌ها تأثیر می‌گذارد (۹). بیوفیلم‌ها با افزایش پتانسیل مدار باز به سمت مقادیر مثبت با رسوب فلز در کاتد، حذف اکسیژن و تولید

اسید، منجر به خوردگی فلزات شوند (۱۰، ۱۱). یک مکانیسم انتقالی مهم برای جابجایی گونه‌های مهاجم و غیربومی در سراسر جهان، رسوبات زیستی موجود در سطح بدنه کشتی‌ها می‌باشد (۱۲، ۱۳)، که می‌تواند طیف وسیعی از اثرات را بر اقتصاد، روابط اجتماعی و فرهنگی در زیست‌بوم جدید ایجاد کنند (۱۴، ۱۵، ۱۶). هدف این مطالعه مرور دستور کار پنجم اجلاس یازدهم کمیته فرعی پیشگیری و مقابله با آلودگی دریا سازمان بین‌المللی دریانوردی (آیمو) و ارائه راهکارهای تمیز کردن رسوبات زیستی از بدنه کشتی‌ها در آب و کاهش انتقال موجودات زنده از زیست‌بومی به زیست‌بوم دیگر و همچنین نظر نهایی کشور جمهوری اسلامی ایران بر اسناد دستور کار پنجم این اجلاس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

دستور کار پنجم اجلاس یازدهم کمیته فرعی پیشگیری و مقابله با آلودگی سازمان بین‌المللی دریانوردی، توسعه راهنمایی در مورد مسائل مربوط به تمیز کردن رسوبات زیستی در آب را ارائه می‌دهد. از اهداف این اسناد می‌توان به حذف یا به حداقل رساندن اثرات گونه‌های بیگانه مهاجم بر تنوع زیستی و اکوسیستم‌ها، کاهش مصرف سوخت کشتی‌ها (تا ۵۰ درصد) و به تبع آن کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و به همین ترتیب کمک به تحقق شاخص‌های در نظر گرفته شده و نقاط بازرسی توافقی شده در استراتژی ۲۰۲۳ (IMO GHG)، و در نهایت کاهش انتشار میکروپلاستیک‌ها و بیوسیدها اشاره نمود (۱۷، ۱۸، ۱۹). راهنمایی در مورد تمیز کردن در آب باید شامل راهنمایی در مورد بازرسی و همچنین عملیات پاکسازی باشد. بازرسی‌ها برای تعیین بهترین زمان تمیز کردن برای جلوگیری از خطر امنیت زیستی و خراب شدن پوشش‌های ضد رسوب ضروری هستند. برای مطابقت با دستورالعمل‌های رسوب

زیستی (۲۰۲۳)، کشتی باید رژیم بازرسی بر اساس یک بازه زمانی ثابت ۱۲ ماهه داشته باشد. اگر کشتی مجهز به سیستم نظارت دیجیتال باشد، فاصله بازرسی ثابت را می‌توان افزایش داد، اما نباید بیش‌تر از فاصله زمانی ۱۸ ماهه باشد. خلاصه دوره بازرسی‌ها و اقداماتی که باید انجام پذیرد در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- خلاصه دوره بازرسی‌ها و اقدامات (۲۰).

Table 1. Summary period of inspections and actions (20).

وضعیت کشتی Ship condition	دوره بازرسی Inspection period	اقدامی که باید انجام شود. Action to be taken
بدون نظارت بر عملکرد Without performance monitoring	در عرض ۱۲ ماه Within 12 months	برای تأیید عملکرد صحیح، استفاده مجدد، نصب یا تمدید سیستم ضد رسوب. To confirm the correct application, reapplication, installation or renewal of AFS.
نظارت نشان می‌دهد که سیستم ضد رسوب به طور موثر عمل نمی‌کند. Monitoring indicates that AFS is not performing effectively.	بلافاصله Immediately	برای تأیید وضعیت سیستم ضد رسوب و سطح رسوب زیستی، مطابق با طرح مدیریت رسوب زیستی و برنامه اقدام احتیاطی، بازرسی انجام دهید. Perform an inspection to confirm the condition of the AFS and level of biofouling, in line with the BFMP and contingency action plan.
عملکرد مناسب Adequate performance.	تا ۱۸ ماه Up to 18 months	در نظر بگیرید که نظارت ممکن است منعکس‌کننده سطح رسوب زیستی آن در تمام مناطق Niche areas نباشد. Consider that monitoring might not reflect the level of biofouling in all niche areas.
بازرسی‌های بعدی Subsequent inspections	حداقل هر ۱۲ تا ۱۸ ماه یکبار At least every 12 to 18 months	امکان افزایش تکرار بازرسی‌ها برای تأیید ادامه اثربخشی در نواحی کهنه یا آسیب دیده سیستم ضد رسوب. Possibility of increasing the frequency to confirm the continued effectiveness of ageing or damaged AFS.
در مواردی که سیستم ضد رسوب نصب نشده باشد و/یا اقدامات دیگری مانند پاکسازی در آب یا پرداخت پروانه انجام نشود. Where AFS is not installed and/or other measures such as in-water cleaning or propeller polishing are not taken.	کم‌تر از ۱۲ ماه <12 months	افزایش دفعات بازرسی برای مدیریت ریسک رسوب زیستی. Increased frequency of inspections to manage the risk of biofouling.

پاکسازی پیشگیرانه (پاکسازی در آب بدون جذب رسوبات)، حذف دوره‌ای میکروفولینگ‌ها بر روی بدنه کشتی‌ها برای جلوگیری یا به حداقل رساندن چسبیدن ماکروفولینگ است. پاکسازی پیشگیرانه برای کشتی‌هایی با درجه رسوب بزرگ‌تر یا مساوی ۱ (جدول ۲) توصیه می‌شود. پاکسازی واکنشی، یک اقدام اصلاحی است که طی آن رسوب زیستی از بدنه و نواحی Niche areas کشتی در آب با جذب، یا در حوضچه خشک حذف می‌شود. پاکسازی پیشگیرانه برای کشتی‌هایی با درجه رسوب بزرگ‌تر یا مساوی ۲ (جدول ۲) توصیه می‌شود.

یک برنامه مدیریت رسوب زیستی (BFMP) باید شامل برنامه بازرسی، اقدامات اضطراری و رژیم پاکسازی بدنه داخل آب باشد. فرایند پاکسازی در آب از کشتی به کشتی دیگر متفاوت است و به روش‌های پیشگیری از رسوب زیستی بستگی دارد. بهترین روش، روشی است که انتقال گونه‌های آبی مهاجم را به حداقل برساند، از آسیب به پوشش ضد رسوب جلوگیری کند و هزینه‌های سوخت اضافی ناشی از رسوب زیستی را به حداقل برساند.

جدول ۲- مقیاس رتبه‌بندی برای ارزیابی میزان رسوب در مناطق بازرسی (۲۱).

Table 2. Rating scale to assess the extent of fouling on inspection areas (21).

رتبه‌بندی Rating	شرح Description	پوشش ماکروفلاینگ منطقه بازرسی شده (برآورد بصری) Macrofouling cover of area inspected (visual estimate)	پاکسازی توصیه شده Recommended cleaning
0	بدون رسوب سطح کاملاً تمیز. بدون رسوب‌زیستی قابل مشاهده بر روی سطوح. No fouling Surface entirely clean. No visible biofouling on surfaces.	-	-
1	میکروفلاینگ نواحی غوطه‌ور شده به طور جزئی یا کامل با میکروفلاینگ پوشانده شده است. سطوح فلزی و رنگ شده ممکن است در زیر رسوب قابل مشاهده باشند. Microfouling Submerged areas partially or entirely covered in microfouling. Metal and painted surface may be visible beneath the fouling.	-	پاکسازی پیشگیرانه توصیه می‌شود. Proactive cleaning is recommended.
2	ماکروفلاینگ سبک وجود تکه‌های میکروفلاینگ و چند ماکروفلاینگ. گونه‌های آلوده را نمی‌توان به راحتی با دست پاک کرد. Light macrofouling Presence of microfouling and multiple macrofouling patches. Fouling species cannot be easily wiped off by hand.	۱-۱۵ درصد سطح 1-15% of surface	پاکسازی با جذب توصیه می‌شود. Cleaning with capture is recommended.
3	ماکروفلاینگ متوسط وجود تکه‌های میکروفلاینگ و چند ماکروفلاینگ. Medium macrofouling Presence of microfouling and multiple macrofouling patches.	۱۶-۴۰ درصد سطح 16-40% of surface	فاصله را تا بازرسی بعدی کوتاه گردد. اگر سیستم ضد رسوب به‌طور قابل توجهی خراب شده است، در حوضچه خشک استفاده مجدد از سیستم ضد رسوب توصیه می‌شود. It is recommended to shorten the interval until the next inspection. If the AFS is significantly deteriorated, dry-docking with maintenance and reapplication of the AFS is recommended.
4	ماکروفلاینگ سنگین تکه‌های بزرگ یا نواحی غوطه‌ور که به‌طور کامل با ماکروفلاینگ پوشانده شده‌اند. Heavy macrofouling Large patches or submerged areas entirely covered in macrofouling.	۴۱-۱۰۰ درصد سطح 41-100% of surface	

بحث و نتیجه‌گیری

برای دستیابی به هدف مشخص شده در دستورالعمل‌های رسوب‌زیستی (۲۰۲۳)، زمان بازرسی رسوب‌زیستی، همان‌طور که در فصل ۸ این دستورالعمل آمده است، نشان می‌دهد که زمانی یک کشتی دارای رتبه رسوب‌زیستی بزرگ‌تر و مساوی ۱ است، کشتی باید پاکسازی توصیه شده در جدول ۲ را انجام دهد. سیستم‌های پاکسازی درون آب (هم

پاکسازی پیشگیرانه و هم پاکسازی واکنشی) نقشی محوری در دستیابی به هدف مدیریت رسوب‌زیستی و اجرای شیوه‌های مدیریت رسوب‌زیستی مطابق با دستورالعمل رسوب‌زیستی ۲۰۲۳ دارند. این دستورالعمل، پاکسازی پیشگیرانه روی میکروفلاینگ را توصیه نمی‌کند، مگر این‌که توسط مقامات مربوطه در زمینه پاکسازی پذیرفته شود. حداقل دو نگرانی در زمینه پاکسازی پیشگیرانه دارد: تخلیه کنترل نشده

پوشش ضد رسوب (پلاستیک‌ها، بیوسیدها و غیره) در محیط در صورتی که روش پاکسازی با پوشش ضد رسوب اعمال شده سازگار نباشد و همچنین خطر گسترش گونه‌های آبی مزاحم وجود دارد. خطرات مربوط به پاکسازی پیشگیرانه باید توسط مرجع مربوطه که این فعالیت در آن‌جا انجام می‌شود در نظر گرفته شود. به هر حال باید از پاکسازی در مناطق حفاظت شده دریایی اجتناب شود. این دستورالعمل بیان می‌کند که در پاکسازی پیشگیرانه، خطر زیستی کمتری در ارتباط با میکروفولینگ در مقایسه با ماکروفولینگ وجود دارد.

اگرچه پاکسازی کشتی در آب برای حذف رسوب زیستی می‌تواند بخش مهمی از مدیریت رسوب زیستی باشد، اما اگر به شیوه‌ای مسئولانه از نظر زیست‌محیطی انجام نشود، می‌تواند ارگانیسم‌ها و آلاینده‌ها را در محیط آزاد کند. بنابراین یکی دیگر از توسعه راهنمایی‌های این دستور جلسه روش آزمایش و صدور گواهیانه برای شرکت‌های فعال در این حوزه ارائه می‌باشد. یک شرکت فعال در این حوزه می‌تواند برای پاکسازی مناطق مختلف کشتی گواهی‌نامه دریافت کند. این رویه تأیید به همه ذینفعان از جمله بنادر، مقامات محلی و مالکان کشتی این اطمینان را می‌دهد که شرکت تمیزکننده گواهی شده می‌تواند پاکسازی در آب را به طور ایمن و کارآمد بدون هیچ‌گونه تأثیر منفی بر محیط‌زیست انجام دهد. در مرحله بعد، سیستم‌ها و فرآیندهای پاکسازی به‌طور مداوم توسط یک سازمان ذیصلاح آزمایش و تأیید می‌شوند و نتایج آزمایش می‌تواند توسط شرکت‌های فعال در این حوزه برای درخواست مجوزهای محلی از بنادر و سایر مقامات مربوطه برای فعالیت در حوزه قلمرو آن‌ها استفاده شود. این رویه سه ضوابط را تعیین می‌کند که قبل از صدور گواهی تأییدیه باید رعایت شود. ضوابط A و B اجباری

هستند در حالی که ضابطه C بسته به نیازهای محلی اختیاری است. - ضوابط A - گذراندن آزمایش‌های سیستم‌های پاکسازی واکنشی خواهد بود. بر اساس این تصمیم که جداسازی و یا تصفیه مواد زائد جذب شده در طول پاکسازی در آب را با حداقل ۹۰ درصد (بر حسب جرم) از مواد حاصل از ورودی آب دریا؛ و حداقل ۹۵ درصد ذرات موجود در آب خروجی باید کم‌تر از ۱۰ میکرومتر در قطر کروی معادل (ESD) باشد را حذف کند.

- ضوابط B و C: آزمایش‌های مربوط به تأثیر بر کیفیت آب منطقه تخلیه است. ضابطه B، پارامترهای کیفیت آب منطقه مانند کل جامدات معلق برای ذرات، بیوسیدهای محلول و ترکیبات ضد رسوب در آب را آزمایش می‌کند. ضابطه C بیوسیدهای موجود در ترکیبات ضد رسوب (مانند مس و روی) را آزمایش می‌کند. این آزمایش‌ها در مجاورت یونیت پاکسازی و در نقطه تخلیه پساب از سیستم‌های جداسازی و یا تصفیه انجام می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که میزان ذرات معلق به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از سطح محیط در همان دوره زمانی قرار نگرفته‌اند.

به منظور حمایت از پاکسازی رسوبات زیستی در آب از بدنه کشتی‌ها، روش‌های بین‌المللی سازگار با محیط‌زیست برای آزمایش فناوری‌ها و استفاده از آن‌ها باید توسعه یابد. همچنین پیچیدگی‌ها و سناریوهای محیطی مختلفی مانند نوع حذف رسوب (ماکروفولینگ و یا میکروفولینگ)، حداکثر ضخامت ماکروفولینگ جذب شده و مهار آن، محدودیت‌های شرایط محیطی (آب‌های آزاد یا آب‌های محافظت شده)، نوع سازه (کشتی‌ها، واحدهای حفاری، بارج، واحدهای تولید و ذخیره‌سازی شناور، کشتی‌های باری و غیره) و قابل‌اجرا برای مناطق Niche areas برای کاربرد آن‌ها وجود دارد بنابراین می‌توان این‌گونه جمع‌بندی نمود که:

از وسایل پیشرفته جهت عدم شکل‌گیری رسوبات زیستی در زیر آب همانند ایجاد امواج فوق صوت و غیره گردند.

سیاسگزاری

بدین‌وسیله از همه متخصصین حاضر در نشست‌های تخصصی مربوط به یازدهمین اجلاس کمیته بین‌المللی پیشگری و مقابله با آلودگی دریا که در سازمان بنادر و دریانوردی برگزار گردید بابت همکاری و ارائه نظرات و پیشنهادات ارزشمندشان، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۱- بر طبق کنوانسیون بین‌المللی ایمنی جان اشخاص در دریا (سولاس)، بازرسی‌های زیر بدنه کشتی‌ها باید هر پنج سال دو بار انجام شود که یک بار آن در حوضچه خشک است برای کشتی‌های زیر ۱۵ سال و برای کشتی‌های بالای ۱۵ سال هر دو بازرسی زیر کشتی در حوضچه خشک انجام می‌پذیرد. این سند مورد بحث بازرسی‌های زیر کشتی را سالیانه تعیین می‌نماید که هزینه بسیار بالایی برای همه ذینفعان درگیر این موضوع به همراه خواهد داشت.

۲- ذینفعان درگیر این موضوع باید ملزم به استفاده از رنگ‌های ضد رسوب با توان بالاتر و همچنین استفاده

منابع

- Selim, M. S., Shenashen, M., El-Safty, S. A., Higazy, S., Selim, M. M., Isago, H., & Elmarakbi, A. (2017). Recent progress in marine foul-release polymeric nanocomposite coatings. *Progress in Materials Science*, 87, 1-32.
- Chan, J., & Wong, S. (2010). *Biofouling: Types, Impact, and Anti-fouling*: Nova Science Publishers.
- Dobretsov, S., Abed, R. M., & Teplitski, M. (2013). Mini-review: Inhibition of biofouling by marine microorganisms. *Biofouling*, 29 (4), 423-441.
- Wahl, M. (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine ecology progress series*, 175-189.
- Zobell, C. E. (1943). The effect of solid surfaces upon bacterial activity. *Journal of bacteriology*, 46 (1), 39-56.
- Lewandowski, Z., & Evans, L. (2000). Structure and function of biofilms. *Biofilms: recent advances in their study and control*, 1, 466.
- Dobretsov, S. (2010). Marine biofilms. *Biofouling*, 123-136.
- Wahl, M., Goecke, F., Labes, A., Dobretsov, S., & Weinberger, F. (2012). The second skin: ecological role of epibiotic biofilms on marine organisms. *Frontiers in microbiology*, 3, 292.
- Bai, R., & Leow, H. (2002). Microfiltration of activated sludge wastewater-the effect of system operation parameters. *Separation and Purification Technology*, 29 (2), 189-198.
- Videla, H. A., & Herrera, L. K. (2005). Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. *International microbiology*, 8 (3), 169.
- KEC, J. L., & Dupres, V. (2011). Interactions between diatoms and stainless steel focus on biofouling and biocorrosion. *Biofouling. The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research*, 27 (10), 1105-1124.
- Davidson, I. C., Scianni, C., Minton, M. S., & Ruiz, G. M. (2018). A history of ship specialization and consequences for marine invasions, management and policy. *Journal of Applied Ecology*, 55 (4), 1799-1811.
- Hewitt, C., & Campbell, M. (2010). The relative contribution of vectors to the introduction and translocation of invasive marine species. *Commissioned by The Department of Agriculture, Fisheries and Forestry (DAFF)*, Canberra.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D., & Hines, A. H. (1997). Global

- invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American zoologist*, 37 (6), 621-632.
15. Grosholz, E. (2002). Ecological and evolutionary consequences of coastal invasions. *Trends in ecology & evolution*, 17 (1), 22-27.
 16. Hewitt, C. L., Campbell, M. L., Thresher, R. E., Martin, R. B., Boyd, S., Cohen, B. F., Currie, D. R., Gomon, M. F., Keough, M. J., Lewis, J. A., Lockett, M. M., Mays, N., McArthur, M. A., O'Hara, T. D., Poore, G. C. B., Ross, D. J., Storey, M. J., Watson, J. E., & Wilson, R. S. (2004). Introduced and cryptogenic species in port Phillip bay, Victoria, Australia. *Marine biology*, 144, 183-202.
 17. Buhaug, Ø., Corbett, J., Endresen, Ø., Eyring, V., Faber, J., Hanayama, S., Markowska, A. Z. (2009). Second imo ghg study 2009.
 18. Schultz, M. P. (2007). Effects of coating roughness and biofouling on ship resistance and powering. *Biofouling*, 23 (5), 331-341.
 19. Schultz, M. P., Bendick, J., Holm, E., & Hertel, W. (2011). Economic impact of biofouling on a naval surface ship. *Biofouling*, 27 (1), 87-98.
 20. 2023. Development of guidance on matters relating to in-water cleaning. PPR 11/5/4: p. 3. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Biofouling.aspx>.
 21. MEPC. (2023) Guidelines for the control and management of ships'biofouling to minimize the transfer of invasive aquatic species. 80, p. 17. <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Biofouling.aspx>.