الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

ISSN 2225-2401

ورقة فنية عن
مصايد الأسماك
وتربية الأحياء المائية
صادرة عن
منظمة الأغذية والزراعة

593

منظمة
الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

وزارة البيئة والمياه والزراعة
المملكة العربية السعودية

عمليات تربية الأحياء المائية في أقفاص عائمة من البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE

كتيب حقلي

صورة الغلاف:

مزرعة أسماك زعنفية بحرية في أقفاص عائمة (شركة أسماك تبوك)، واقعة بعيداً عن ساحل المملكة العربية السعودية على البحر الأحمر في محافظة تبوك الساحلية الشمالية. أقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة ذات قطر 19 متراً ومزودة بشباك مانعة للطيور (تقدمة من Francesco Cardia).

ورقة فنية عن
مصايد الأسماك
وتربية الأحياء المائية
صادرة عن
منظمة الأغذية والزراعة

593

عمليات تربية الأحياء المائية في أقفاص عائمة من البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE

كتيب حقلي

Francesco Cardia
مدير مشروع لمنظمة الأغذية والزراعة
المملكة العربية السعودية

و

Alessandro Lovatelli
مسؤول تربية الأحياء المائية بمنظمة الأغذية والزراعة
إيطاليا

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

و

وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية
روما، 2017

نشر هذا العمل أصلا على الإنترنيت من قبل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة باللغة الأنجليزية في عام 2015:
http://www.fao.org/3/a-i4508e.pdf

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الإعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في ما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو في ما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها. ولا تعبر الإشارة إلى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين، سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره.

تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الإعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين)، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر منظمة الأغذية والزراعة أو سياساتها.

ISBN 978-92-5-608749-2

© FAO, 2017

تشجع منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة استخدام هذه المواد الإعلامية واستنساخها ونشرها. وما لم يذكر خلاف ذلك، يمكن نسخ هذه المواد وطبعها وتحميلها بغرض الدراسات الخاصة والأبحاث والأهداف التعليمية، أو الاستخدام في منتجات أو خدمات غير تجارية، على أن يشار إلى أن المنظمة هي المصدر، واحترام حقوق النشر، وعدم افتراض موافقة المنظمة على آراء المستخدمين وعلى المنتجات أو الخدمات بأي شكل من الأشكال.

ينبغي توجيه جميع طلبات الحصول على حقوق الترجمة والتصرف وإعادة البيع بالإضافة إلى حقوق الاستخدامات التجارية الأخرى إلى العنوان التالي: www.fao.org/contact-us/licence-request أو إلى: copyright@fao.org.

تتاح المنتجات الإعلامية للمنظمة على موقعها التالي: www.fao.org/publications، ويمكن شراؤها بإرسال الطلبات إلى: publications-sales@fao.org.

إعداد هذه الوثيقة

مُوِّلَت الوثيقة وأُنتِجَت في إطار برنامج التعاون الفني بين المملكة العربية السعودية ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة خلال تنفيذ مشروعين أُحادِيَّي الجانب من اعتمادات مؤتَمَنَة وهما «دعم مركز تربية الأسماك (FFC)، جدة، المملكة العربية السعودية» و «تعزيز تطور إضافي ودعمه لتربية الأحياء المائية في المملكة العربية السعودية».

إن الهدف من هذا الكُتَيِّب هو تقديم مراجعة شاملة لتِقانات الاستزراع والإدارة اللازمة لتشغيل الأقفاص العائمة المصنوعة من البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) لتربية الأسماك، بما في ذلك أنماط المواد المستخدمة وخصائصها التقنية وعملانيتها.

إن الهدف من هذا الكُتَيِّب هو الإسهام في بناء كفاءة العاملين التقنيين في القضايا العملية الهامة وفي إدارة المزارع السمكية في أقفاص. هذه المطبوعة، علاوة على ذلك، تزود المستثمرين والمديرين والعاملين المنخرطين في التربية في أقفاص بكُتَيِّبٍ مرجعي يكون لهم بمثابة مصدرٍ غنيٍ لاستقاء معلومات تِقنِيَّة وبيولوجية تتدرج ما بين تركيب إنشاءات المزرعة والدورة الإنتاجية بمجملها. يتضمن الكُتَيِّب أيضاً جداول تقنية ونماذج عن سجل الأداء ومقترحات إجرائية عملية مُستقاة من سنوات من الخبرة الحقلية والتي توضع بتصرف القُرَّاء.

هذه المطبوعة، بما فيها من قضايا عملية وتقنية موصوفة ومشروحة بمنهجية لهذا الفرع الجديد نسبياً من تربية الأحياء المائية، موجهة أيضاً للإدارات والهيئات التعليمية ووكالات التنمية المعنية بالتخطيط والسيطرة والترخيص والدعم وغير ذلك.

ليست تربية الأحياء المائية في أقفاص سوى إنتاج السمك باستخدام نظام تقني جديد (نسبياً). لذا فإن عديدا من القضايا المتعلقة ببيولوجيا الأسماك وعلوم أمراضها وتغذيتها وغير ذلك، هي قضايا مشتركة مع النظم الأخرى كافة لإنتاج الأسماك. لهذا السبب ركز المؤلفان قدر المستطاع على القضايا العملية والتشغيلية المتعلقة بالتربية في أقفاص، في حين يُحال القراء إلى مراجع أكثر شمولية للحصول على معلومات معمقة حول تطبيقات أخرى وعامة في تربية الأحياء المائية.

يغطي الكُتَيِّب بإيجاز بعض العناوين الهامة كالسلامة في العمل، في حين أن عناوين أخرى لم يُتَطَرَّق لها على الإطلاق (على سبيل المثال قوارب العمل والرافعات وتقانات الغوص وتجهيزاته) خصوصاً وأن المعالجة المناسبة لمواضيع كهذه تتطلب كفاءات تقنية خاصة.

أخيراً فإن الإجراءات والعمليات الموصوفة في هذا الكُتَيِّب تهدف إلى تزويد القارئ بحلول ممكنة للمشاكل والقضايا التي عادة ما تُواجَه في مزارع الأقفاص. مع ذلك فلا بد لكل إجرائية من أن تُراجَع وتُكَيَّف وفقاً للظروف الخاصة بكل موقع وبخبرة العاملين ووفقاً لتوفُّر العمالة والتجهيزات والقوارب المساعِدة.

ملخص

أظهر الإنتاج العالمي لتربية الأحياء المائية نمواً مُتواصلاً في العقود القريبة العهد، مسهماً باطّراد في تزويد الأسواق الوطنية والإقليمية والدولية بالسمك والمُتَعَضِّيات المائية الأخرى القابلة للأكل ذوات الأهمية التجارية. إن الطلب المتنامي على مثل هذه المنتجات قد حَفَّز تطوُّر نظم تربية الأحياء المائية وتَوَسُّعِها سواءً على اليابسة أم في الأجسام المائية، شاملاً تقاناتٍ تتدرج بدءاً من إنتاج الزريعة وانتهاءً بِبُنى التربية اللاحقة ووسائل التربية المساعدة الأخرى.

وفي العقود الحديثة العهد كَثُّفَت صناعة تربية الأحياء المائية أيضاً إنتاجها في وحدة المساحة أو الحجم لتُعَوِّض أساساً، بين أمور أخرى، عن المنافسة المتنامية على المسطحات الأرضية والمائية لاستخدامات أخرى. إن التوسع في تربية الأسماك في البحر، والذي يُعَبَّرُ عنه أيضاً بِـ «الاستزراع البحري»، قد حدث نتيجة عديدٍ من العوامل الداعمة. تشمل هذه العوامل امتلاك تِقانات الإكثار والتربية اللاحقة لأنواع تحظى بالاهتمام وتَطَوُّر البُنى المادية لاحتواء الأحياء المُستَزرَعَة. وتمثل الأقفاص البحرية الحديثة، سواء العائمة منها أم المغمورة، أحد أوجه هذا التطور. لقد ارتقت هذه من نظم أولية وبدائية إلى أن أضحت بُنَىً معقدة ومُهَندَسةً بعناية.

إن عديداً من تصاميم الأقفاص ونماذجها قد طُوِّرَت وأصبحت متوفرة تجارياً. تُعَدُّ أقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) من النماذج الواسعة الاستخدام بسبب تَعَدُّد استعمالات المواد المستخدمة والسهولة النسبية لدى أداء عمليات التربية المختلفة وبسبب الانخفاض النسبي في رأس المال الاستثماري اللازم. إن التحسينات التقنية لأقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة في تطور مستمر يواكب ظهور مواد وتجهيزات مختلفة جديدة لازمة لخدمة عمليات التربية بكاملها.

يركز هذا الكُتَيِّب على الخصائص التقنية لأقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة، ولكن الفصل التمهيدي يغطي أهمية الاختيار المناسب للموقع من جهةِ تَعَرُّضِ الموقع والمؤشرات البيئية المؤثرة في ارتياح السمك المربى والمؤثرة أيضاً في بنية المزرعة. إن اختيار الموقع الأنسب لمزرعة الأقفاص هو من أولى الأولويات فيما يتعلق بالنجاح التقني والاقتصادي للعملية التجارية، وفيما يضمن تلطيف البصمة البيئية للمزرعة إلى الحدود الدنيا الممكنة.

وقبل الخوض في خصائص أقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة والعناصر المكونة لوحدة التربية، يصف الكُتَيِّب نِظامَي الشَبيكَة والإرساء اللذين يُدَعِّمان أقفاص السمك. حيث تُقَدَّم المعلومات حول مكونات كل من النظامين وخصائصها التقنية بالنسبة لحجم المزرعة وكذا حول تدابير تجميعها على اليابسة وتركيبها في البحر.

ويسلط فصلٌ الضوء على الطوق العائم للقفص واصفاً المكونات التي تُشكِّل هذه البنية المزرعية الأساسية. أما الخصائص التقنية وخيارات التصميم فهي متاحة للعناصر الرئيسة والحيوية للطوق بما يَمَكِّن من إنشاء البُنى المُلَبِّية لاحتياجات المُشَغِّل والمناسبة للبيئة التي ستوضع فيها. ومن ثم تُقَدَّم معلومات تقنية حول الحبال والشباك وتصميم شبك القفص وحول تحديد الحجم والشكل المناسبين. وفي ضوء التدابير التي تطورت عبر سنين من الخبرة الحقلية تُقَدَّم معلومات عملية حول تركيب الطوق والشبك واستبدال الشباك والصيانة وتِقانة الفحص والتحري.

تغطي الأجزاء الأخيرة من هذه المطبوعة تدابير عملية ذات علاقة بزرع الأقفاص بالزريعة، وتغذية السمك وإدارة مخزونه، إضافة لمعلومات عملية حول الطرق المُمَهِّدَة للحصاد وطرق الحصاد وتداول السمك ونقله. وثمة بعض المعلومات المقدمة أيضاً حول تدابير سلامة المزرعة مُسَلِّطةً الضوء على المحاذير المحتملة أثناء العمل في مزرعة قفصية سواءٌ على التركيبات العائمة أم تحت سطح الماء.

Cardia, F. & Lovatelli, A. 2017

عمليات تربية الأحياء المائية في أقفاص عائمة من البولي إيثيلين العالي الكثافة *HDPE*: كُتَيِّب حقلي. ورقة فنية عن مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية رقم 593. منظمة الأغذية والزراعة. روما.

المحتويات

إعداد هذه الوثيقة iii
ملخص iv
شكر وتقدير ix
المؤلفون والمشاركون x
المصطلحات والإختصارات xii
قائمة الأشكال xv
قائمة اللوحات xviii
قائمة الجداول xxv

1. مقدمة 1

2. اختيار الموقع 3

معايير اختيار الموقع 6
المعايير البيئية ذات العلاقة بالأحياء 6
تأثير العوامل البيئية على بُنى المزرعة 8
معايير أخرى 18

الخرائط الملاحية 18
الإحداثيات الجغرافية 19

3. تركيب منظومة الإرساء وشبيكة التثبيت 21
الطوافات الملاحية 21
الخصائص التقنية 21
تركيب المواد على اليابسة 22
النشر 22

منظومة الشبيكة ومنظومة الإرساء 22
طبعة قدم المزرعة 26
مكونات الإرساء والشَبيكَة 27
تركيب منظومة الإرساء 35

4. مُكَوِّنات قفص البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE 41

خصائص قفص HDPE 41
أنابيب HDPE 41
الأَهِلَّة 43
المُغْرِقات وأنبوب الإغراق 46
بناء الطوق 49
تجميع مكونات القفص 49

تركيب الطوق 51
تركيب الشبك 54

5. الألياف والشباك والحبال 57

الألياف **57**
الكثافة 57
البولي أميد (PA) أو النايلون 58
البولي إيثيلين (PE) 58
البولي إستر (PES) 58
البولي بروبيلين (PP) 59
البولي إيثيلين العالي الأداء (HPPE) 59

الحبال **60**
الحمولة الكاسرة التأشيرية وأوزان الأنماط الرئيسة للحبال 61

الشباك **62**
خصائص الشبك – المواد والحجم والشكل والثخانة 62

تصميم القفص الشبكي **66**
حبال الشبك 67
الدُّرُوز 69
وسائل ربط الشبك – العُرى والحلقات والأَزِمَّة المُنزَلِقَة (السَّحابات) 71
تحديد أبعاد الشبك 75
التفاصيل البنيوية 77
معالجة الشبك – منع الانسداد الحيوي النَّتِن والحماية
من الأشعة فوق البنفسجية 78
شباك المُفتَرِسات 80

6. الصيانة والتَّحَكُّم 83

حفظ السجلات ومخطط الموقع **83**
السجل 83

التحريات الدورية **85**

عمليات التفقد نصف السنوية **86**
خطوط الإرساء 86
الطوافات الدَّالة 86

عمليات التفقد الشهرية **86**
أضواء الطوافة الدَّالَّة 86

عمليات التفقد الأسبوعية **87**
منظومة الشبيكة 87
الطوق وخطوط الإرساء 87

عمليات التفقد اليومية **87**
الشباك 87

عدم التوافق **88**

إجراءات استبدال المكونات **88**
إعادة تموضع المرساة وإحكام شد خط الإرساء 88
استبدال صِفاد خط شبيكة إلى صفيحة زاويَّة 89
استبدال صِفاد طوافة إلى صفيحة زاويَّة 89
استبدال صفاد بين سلسلة وطوافة 90
استبدال الطوافة 90
استبدال صفاد خطِ لجامٍ 90
استبدال خط الشبيكة 90

إزالة الانسداد الحيوي النَّتِن **90**
تنظيف خطوط الإرساء وخطوط الشبيكة 90

تنظيف الشباك **91**
مقترحات إضافية لتنظيف الشباك 91
استبدال الشباك 92
الاجراءات التحضيرية لاستبدال الشباك 93
نزع الشباك 93
تركيب الشبكة الجديدة 93
نزع الشبكة المسدودة بالنتن 94
ربط الشبكة الجديدة 95
صيانة الشباك على اليابسة 95
آلة غسيل الشباك 96

7. زرع السمك: الاصبعيات والأسماك اليافعة **99**

جودة الدُّفعة **99**
حجم السمك 99
الأمراض 99

عمليات عَدِّ الأسماك **100**
مُدخَلات الأسماك 100
المُخْرَجات المُتَحَكَّم بها من الأسماك 101
المخرجات غير المُتَحَكَّم بها من الأسماك 101
نقل الأسماك وزرعها 101
الأكياس اللَّدَنِيَّة 101
قَطْرُ القفص 102
أحواض نقل الأسماك 104

8. تغذية الأسماك 107

نظم التغذية **109**
التغذية اليدوية 110
مدافع الغذاء 111
أجهزة التغذية الذاتية الحركة 112
منظومات التغذية المركزية 113

9. إدارة المخزون السمكي 115

مراقبة الكتلة الحية وتقويمها **115**
تَتَبُّع الأقفاص والجماعات 116
تقرير المخزون السمكي 116
اعتيان الأسماك 118

10. الحصاد والتغليف 121

التحضيرات السابقة للحصاد **122**
اعتيان الأسماك 122
تجويع الأسماك 122
تحضير التجهيزات 122

طرق الحصاد **122**
الشبكة الجيبية 122
شبكة السينة اليدوية 126
أسلوب شبكة الرفع 126
قفص حصاد داخلي صغير 128

التجهيز والتعليب **128**
الثلج 129

11. تنبيهات للسلامة 131

الغوص بالرئة المائية **132**

الحمولة الآمنة للعمل **133**

المراجع ومطالعات إضافية 135

مَسرَد للمصطلحات 139

الملاحـق 142

الملحق 1 – **رسومات تِقنِية وقائمة بمكونات منظومة الإغراق لنظامٍ قفصي مزدوج الطوافة، في موقعٍ متوسط التَّعَرُّض، لأقفاص قطرها 16 مترا** **143**

الملحق 2 – **الخصائص التِّقنِيَّة للنسيج الشبكي** **149**

ملاحظات عامة 154

شكر وتقدير

لقد أمكن إعداد هذه الوثيقة بفضل عديد من الخبراء والمؤسسات الذين قدموا دعمهم بسخاء وبأشكال مختلفة.

يرغب المؤلف الرئيس بشكر إدارة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية بمنظمة الأغذية والزراعة على إشراكه في عديد من المشروعات حول التطوير المستدام لتربية الأحياء المائية وعلى تقديم التوجيهات والنصائح التقنية خلال مراحل إعداد هذه الوثيقة.

حكومة المملكة العربية السعودية تستحق الشكر الجزيل لما قامت به من تمويل لهذه المطبوعة وترجمتها إلى اللغة العربية. والشكر موصول أيضا لحكومة دولة الإمارات العربية المتحدة للدعم المالي للمراجعة الفنية للترجمة وإعداد التخطيط البياني.

الخبراء التالي ذكرهم يستأهلون الشكر لما قدموه من إسهامات قيمة: السيد Piccolotti Fabrizio (خبير تربية الأحياء المائية في الأقفاص) لما قدمه في الأجزاء الخاصة بتركيب القفص وصيانته والحصاد في هذا الكُتَيِّب، السيد Alessandro Ciattaglia (Badinotti Group SpA) لقيامه بالمراجعة الشاملة والتوسع في الأجزاء الخاصة بشباك القفص والتجهيزات وبناء القفص وتوفير عدد كبير من الصور، السيد Neil Anthony Sims والسيد Michael Bullock (مزارع كامباتشي) لقيامهما بمراجعة المطبوعة وإجراء تحسين شامل لجودة العمل مشفوعاً بمساهمات تقنية عديدة، السيد Stendert Zuurbier (Ad.Aq. Srl) والسيد Fabrizio di Pol (Technosea Srl) لمقترحاتهما الجيدة وتأمين مواد التصوير، السيد Roberto Có (Aqua Srl) لقيامه بالسماح بأخذ الصور الفوتوغرافية في مزرعته القفصية واستخدامها في هذه المطبوعة، السيد Trond Severinsen (AKVA Group ASA)، للمراجعة وتقديم إسهامات إضافية لإنجاز هذا العمل، السيد Alessandro Galioto والسيد Stefano Bronchini لسماحهما بأخذ الصور الفوتوغرافية خلال عمليات أخذ عينات من الأسماك واستخدامها في هذه المطبوعة، والسيد Nikos Keferakis للمواد المصورة الإضافية. الشكر موصول أيضاً للسيد Stankus Austin لتصحيح التجارب الطباعية لهذا الكُتَيِّب. السيد Federico Gemma مشكور للرسومات التقنية المتضمَّنة في هذه المطبوعة.

لقد أمكن إنجاز العمل بفضل مساهمات العمال والغواصين الذين شاركوا معارفهم وخبراتهم مع المؤلف الرئيس خلال عمل امتد سنوات عدة في الحقل. لقد قدموا مساهمة عظيمة من خلال قدراتهم الإبداعية والخلاقة لتحسين التقانات والتدابير لعمليات الأقفاص.

أُنجِزَت الترجمة للعربية من قِبَلْ السيد عصام كروما مستشار لشؤون المصايد السمكية وتربية الأحياء المائية، وتمت مراجعتها الفنية من قِبَلْ السيدة زكية ماسك. كما تطوع مشكوراً اللُّغَوِي القَدير السيد محمد عرفان المصري بتدقيق النص النهائي. وتم تنسيق صفحات هذه الوثيقة من قِبَلْ السيدة شروق بنكبور.

المؤلفون والمشاركون

Michael Bullock

مزارع كامباتشي co-CEO

لاباز، المكسيك

مربي أحياء مائية من الولايات المتحدة الأمريكية ذو خبرة تزيد عن 25 عاماً في الإنتاج التجاري لسمك السالمون في شمالي أمريكا وجنوبيها. عمل منذ 13 عاماً مديراً لقسم تربية السلمون لشركة أكوينوفا تشيلي حيث رفع إنتاجها من السالمون من 2 700 إلى 20 000 طن في الوقت الذي كان يشرف على أكثر من 400 مستخدم. إنه المؤسس الرديف لمزارع كامباتشي حيث يوظف خبرته في إنتاج السمك في قطاع الاستزراع البحري الغَرّ في عرض البحر سعياً للتوسع في تربية longfin yellowtail (*Seriola rivoliana*) في موقع أبعد من هاواي (الولايات المتحدة الأمريكية).

Francesco Cardia

مدير مشروع لمنظمة الأغذية والزراعة في مجال تربية الأحياء المائية

جدة، المملكة العربية السعودية

له خلفية في تربية الأحياء المائية، يعمل أساساً لصالح شركات خاصة كمستشار تقني في مجال تربية الأحياء المائية في أقفاص بحرية. عمل بصفة مدير إنتاج كامل الدوام في مزرعتين سمكيتين كبيرتين تستخدمان أقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE في البحر المتوسط وعلى منصة عائمة بعيدة عن البر. قدم خدمات تقنية للفاو في مجال خبرته في عديد من المشروعات الكبيرة، وهو يدير الآن مشروعاً لتطوير تربية الأحياء المائية في المملكة العربية السعودية في إطار اتفاق تعاون فني بين الفاو والعربية السعودية.

Alessandro Ciattaglia

مدير مبيعات تربية الأحياء المائية في Badinotti Group SpA

ميلانو، إيطاليا

بيولوجي سمكي ذو خبرة 25 عاماً في تربية الأحياء المائية في أقفاص. عمل كمدير تقني ومدير مبيعات في عديد من الشركات المُزَوِّدة بالأقفاص، مصمماً ومُرَكِباً أكثر من 700 قفص عائم ومغمور في منطقة البحر المتوسط. تعامل مع كثير من مشاريع الاستزراع البحري المتوضعة في مواقع بعيدة عن الشاطئ، مُكتَسِباً أيضاً مهارة يدوية في تصميم نظم الإرساء. التحق عام 2009 بمجموعة بادينوتي SpA كمدير لمبيعات أوربا والشرق الأوسط وأفريقيا، عاملاً على تصميم شباك القفص وتأمينها مُستَخدِماً مواد مُبتَكَرَة للأسواق المختلفة لتربية الأحياء المائية.

Alessandro Lovatelli

مسؤول تربية الأحياء المائية بمنظمة الأغذية والزراعة

روما، إيطاليا

بيولوجي بحري ومربي أحياء مائية ذو خبرة 30 عاماً في العمل العالمي لتطوير تربية الأحياء المائية مع منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) ومنظمات دولية أخرى. يتركز نطاق عمله في فرع تربية الأحياء المائية في الفاو أساساً على تطوير تربية الأحياء البحرية ونقل تقانات الاستزراع وإدارة الموارد. لقد كان فعالاً في تعزيز تقانات الاستزراع البحري لعدد من الأنواع التجارية من ثنائيات المصراع وشوكيات الجلد والأعشاب البحرية والأسماك الزعنفية من خلال مشاريع حقلية وبرامج تدريب تطبيقية وطباعة وثائق تقنية.

Fabrizio Piccolotti

خبير استزراع بحري

أوربيتيللو، إيطاليا

بيولوجي ذو خبرة فنية ومهارة يدوية متميزة في تربية الأحياء البحرية، وقد عمل للقطاع الخاص كمدير للإنتاج السمكي وكاستشاري دولي. عمل لصالح عديد من المزارع السمكية التجارية في البحر المتوسط مُستَخدِماً تقانات مختلفة للقفص المغمور والعائم كما عمل في مزارع سمكية أرضية. قدم خدمات فنية للفاو في عدد من مشاريع تطوير تربية الأحياء المائية. وهو يدير حالياً إنتاج مزرعة لأسماك القاروص الأوربي والقجاج في أوربيتيللو بإيطاليا.

Trond Severinsen

AKVA Group ASA, COO–Export / CMO–AKVA Group

بريني، النرويج

انضم إلى مجموعة AKVA عام 1993 كمدير عام لعمليات الشركة في كندا، الدور الذي أداه حتى 2003 حين أصبح CMO في المقر الرئيس للشركة في النرويج. عمل في المبيعات والتسويق و R&D والتصنيع المتعلق بتقانة صناعة الاستزراع السمكي منذ 1984. عمل تروند سابقاً لدى Sea Farm Trading (1984–1990) مؤسساً مكتبها الكندي عام 1987. وأدار لاحقاً عمله الخاص هناك حتى 1993. هو مواطن نرويجي ويقيم في منطقة ستافانجير، النرويج.

Neil Anthony Sims

مزارع كامباتشي co–CEO

هاواي، الولايات المتحدة الأمريكية

البيولوجي البحري الذي قاد فريقاً في بحثٍ حقق فتحاً علمياً في تقانة مفرخات الأسماك البحرية وفي التربية في أقفاص في عرض البحر، بما في ذلك أول تكامل ما بين مفرخ تجاري للأسماك وعملية تربيةٍ للأحياء المائية في أقفاص نائيةٍ عن اليابسة في الولايات المتحدة الأمريكية. في مزارع كامباتشي أبدع «الأقفاص الطافية» الحرة في عرض البحر، وقد أنهى مؤخراً تجارب في «تربية الأحياء المائية عبر–الأفق»™، حول عمليات لا تتطلب أيادٍ عاملة في أقفاصٍ في المياه العميقة النائية عن اليابسة. هو الرئيس المؤسس لـ «Ocean Stewards Institute»، وهي رابطة تجارية لتربية الأحياء المائية في عرض البحر.

Stendert Zuurbier

المدير العام لِـ Ad.Aq. Srl

بريشا، إيطاليا

بدأ العمل في الاستزراع البحري خلال الثمانينات في تطوير تجهيزاتٍ لاستزراع ثنائيات المصراع وتركيب أول منظومةِ أقفاصٍ عائمةٍ في البحر المتوسط. قادته خلفيته التقنية في تصميم نظم الإرساء وتطويرها إلى تأسيس Ad.Aq. Srl. تُنتِج الشركة طيفاً واسعاً من منتجات تربية الأحياء المائية في عرض البحر وتُرَكِّبها. اختصَّ في تصاميم المزارع السمكية العائمة والمغمورة في عرض البحر، وهندسة النظم المبنية على ظروف الموقع والنوع السمكي المُستَهدَف.

المصطلحات و الإختصارات

الوزن المتوسط للجسم	ABW
رابطة متعاقدي الغوص الدولية	ADCI
مانع الاختلاج الخارجي الذاتي الحركة	AED
الحمولة الكاسِرَة (المسببة للكسر)	BL
دليل الحالة	CI
الإنعاش القلبي الرئوي	CPR
الأوكسيجين المُنحَل	DO
منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة	FAO
مُعَدَّل تحويل الغذاء	FCR
مركز استزراع سمكي	FFC
السِّعة الكاملة لعين الشبك	FMG
عين الشبك الكاملة من عقدة إلى عقدة	FMKK
نظم تحديد التموضع الجغرافي	GPS
نظام تحليل المخاطر ونقاط المراقبة الحرجة	HACCP
البولي إيثيلين العالي الكثافة	HDPE
نصف عين الشبك من عقدة إلى عقدة	HMKK
البولي إيثيلين العالي الأداء	HPPE
سلطة الصحة والسلامة	HSE
تحديد الهُويَّة	ID
رابطة مدارس الغوص الدولية	IDSA
رابطة متعاقدي البحر الدولية	IMCA
عامِل الحالة	K
صمام ثنائي مُشِعّ للضوء	LED
الحمولة الدنيا المُسبِّبَة للكسر	MBL
القوة الدنيا اللازمة	MRS
النايلون أو البولي أميد	PA
بولي إيثيلين	PE
بولي إستر	PES
بولي إيثيلين تيريفثالات	PET
الضغط الاسمي	PN
بولي بروبيولين	PP
بولي فينيل كلورايد	PVC
مَركَبَة تُدار عن بعد	ROV
فولاذ مقاوم للصدأ	SS
نسبة البعد القياسية	SDR
مُعَدَّل النمو النوعي	SGR
الارتفاع الهام للموجة	SWH
الحمولة الآمنة للعمل	SWL
حدود حمولة العمل	WLL
دولار أمريكي	USD
الأشعة فوق البنفسجية	UV

الوحدات والرموز

الحيوية / الإحصائية

مُعامل الاختلاف	CV
عامِل الحالة	K
الانحراف المعياري النسبي	RSD
الكتلة الحية	W

الطول، المساحة، الزمن، السرعة، الحجم، الوزن، التركيز

ميليمتر (مم)	mm
سنتيمتر (سم)	cm
متر (م)	m
ميل بحري (أيضاً NM)	M
كيلومتر (كم)	km
سنتيمتر مربع (سم^2)	cm^2
متر مربع (م^2)	m^2
كيلومتر مربع (كم^2)	km^2
ثانية	s
دقيقة	min
ساعة	h
عقدة (السرعة، المعبر عنها بالأميال البحرية في الساعة)	Kn
كيلومتر في الساعة (كم/ساعة)	km/h
سنتيمتر مكعب (سم^3)	cc
متر مكعب (م^3)	m^3
ميلليليتر (مل)	ml
ليتر	l
ميلليغرام (ملغ)	mg
غرام (غ)	g
كيلوغرام (كغ)	kg
طن متري (1 000 كغ) (تُكتَبُ أيضاً برمز «طن»	mt
جزء في الألف (تُكتَبُ أيضاً برمز ‰)	ppt
جزء في المليون	ppm
جزء في المليار (ألف مليون)	ppb

مِلاحية ووذات علاقة بعلوم البحار أو المحيطات

درجة عشرية	DD
درجات: دقائق: ثوانٍ	DMS
درجات: دقائق عشرية	DM
الارتفاع الهام للموجة (أيضاً SWH)	Hs
فترة أوج الموج	Tp
متوسط فترة الموجة	Tm
سرعة التيار	Vc

مُختَصَرات ورموز أخرى

كيلو واط في الساعة	kWh
نيوتن	N
كيلو نيوتن (=000 1 نيوتن)	kN
درجة مئوية (°م) (سيلزيوس)	°C
أقل (أو أصغر) من	<
أكثر (أو أكبر) من	>
لم يخضع للتحليل أو غير متوفر (تُكتَبُ أيضاً بالرمز N/A)	n.a.
رقم	no.
القطر (قطر الدائرة)	Ø

قائمة بالأشكال

الشكل 1	مخطط التأثيرات الرئيسة المتبادلة قفص – بيئة – قفص	3
الشكل 2	تصنيف الموقع المقترح في مؤتمر «استزراع الأزرق العميق»	5
الشكل 3	تأثيرات الأوكسيجين المنحل (DO) على أسماك المياه الدافئة	7
الشكل 4	تأثير العمق في بعثرة الفُضالات الصلبة على قاع البحر تحت الأقفاص	9
الشكل 5	التأثير المُحتَمَل لقوى سحب التيار المؤدية إلى غمر أقفاص عائمة	10
الشكل 6	تمثل وردة الرياح المشاهدات التاريخية للرياح في موقع معين	12
الشكل 7	قمة الموجة ودَرْكها وطولها	14
الشكل 8	دوّارات الموجة وتأثير العمق على سلوك الموجة	14
الشكل 9	التوزع الاحصائي للموجة في فترة معينة	15
الشكل 10	مفتاح بياني للخرائط البحرية يشير إلى المناطق غير المتاحة للإرساء	17
الشكل 11	عرض لخارطة ملاحية	19
الشكل 12	رسم تِقنِي لطوافة ملاحية ومقاييسها (الوحدة: مم)	21
الشكل 13	منارة بحرية بطول 1 م (الأعلى)، 2 م (الوسط)، 3 م (الأسفل)	22
الشكل 14	يمكن أن تُحزَم السلاسل بإيلاج حبلٍ في حلقات تفصل الواحدة عن الأخرى 20–30 حلقة من حلقات السلسلة لإتاحة المجال لتداول أسهل بواسطة رافعة شوكية أو رافعة عمودية	22
الشكل 15	مخطط إرساء الطوافة الملاحية: تُرسَى الطوافة إلى كتلة اسمنتية بواسطة سلسلة. يجب أن يمتد جزء من السلسلة على قعر البحر ليسمح بالحركة العمودية للطوافة استجابة للأمواج	23
الشكل 16	منظومة الشبيكة وخطوط الإرساء في أنموذج للتربية مؤلف من ستة أقفاص	23
الشكل 17	منظومةُ شبيكةٍ مشوهة بواسطة القوى الناجمة عن التيار أو الأمواج	25
الشكل 18	منظومةُ شبيكةٍ ذات خطوطِ إرساءٍ وُسطى مُضاعَفَة	25
الشكل 19	منظومةُ شبيكةٍ ذات خطوطِ إرساءٍ إضافية زاوِيَّة	26
الشكل 20	مساحة البقعة المشغولة بمنظومة مزرعة أقفاص	26
الشكل 21	رسم تخطيطي للمكونات الداخلة في تركيب خط الإرساء ومنظومة الشبيكة في منظومة إرساءٍ تعتمد طوافةً مُفرَدَةً	27
الشكل 22	مثال على مراسي المحراث – رسم وأبعاد تِقنِيَّة	29
الشكل 23	السلاسل العديمة الدعامة المسمارية وسلاسل الدعامة المسمارية	31

الشكل 24	أنماط الأصفاد. الصف العلوي: نمط أوميجا Ω. الصف السفلي نمط U. (أ) أصفاد ذوات مِشبك المثقوبة وسن لولبية. (ب) أصفاد ذوات مِشبك دون سن لولبية ومع دبوسٍ وُتَيدي. (ج) أصفاد ذوات رِتاج وعزقة بالإضافة لدبوسٍ وُتَيدي	31
الشكل 25	أصفاد ذوات مثقوبةٍ تُقفَل بسلك	32
الشكل 26	التوجيه المفضَّل لمنظومة الإرساء بالنظر للتيار السائد و/أو اتجاه الموج	36
الشكل 27	منظومة الإرساء: الخطوط الرئيسة المتوسطة (الحُمر) وخطوط الإرساء الجانبية (الزُرق) وحبال الشبيكة (الخُضر)	36
الشكل 28	خط أوسط رئيس ومكوناته (رسم مُبَسَّط)	37
الشكل 29	شكل تخطيطي للهلال (أنبوبان عائمان، مقطع جانبي)	43
الشكل 30	نظم إغراق مختلفة	46
الشكل 31	إطلاق طوق القفص من الرصيف	52
الشكل 32	مخطط الأهِلّة وخطوط اللِجام على قفص ذي 24 هلالاً	53
الشكل 33	العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام (تخطيطية) على طوق قفص ثنائي الأنبوب	54
الشكل 34	مخطط تركيب الشبك (مقطع جانبي)	55
الشكل 35	حبل مبروم (أ) وحبل مضفور (ب)	60
الشكل 36	قياس عين الشبك	64
الشكل 37	الشكل التخطيطي للقفص والتفاصيل التقنية الرئيسة	68
الشكل 38	تصاميم مختلفة للحبال المستعرضة القاعدية	69
الشكل 39	الحبال القاعدية، مصممة لأقفاص مُعَرَّضةٍ في عُرض البحر في مواقع شديدة النشاط	69
الشكل 40	فقدان القوة للحبال المعقودة	71
الشكل 41	أشكال شبك القفص	75
الشكل 42	تصميم متطور لشبك أسماك القرش	81
الشكل 43	استبدال صفاد خط شبيكة إلى صفيحة زاويَّة	89
الشكل 44	استبدال صفاد طوافة إلى صفيحة زاويَّة	89
الشكل 45	استبدال الشباك – الخطوة 1	93
الشكل 46	استبدال الشباك – الخطوة 2	93
الشكل 47	استبدال الشباك – الخطوة 3	93
الشكل 48	استبدال الشباك – الخطوة 4	94
الشكل 49	استبدال الشباك – الخطوة 5	94
الشكل 50	نقل الإصبعيات السمكية ضمن أكياس لَدَنِيَّة	102

الشكل 51	شكل تخطيطي لنظام قَطْرِ القفص	103
الشكل 52	نسبة الغذاء اليومي للقجاج (*Sparus aurata*) (% من الوزن الحي في اليوم – 35 ميجا جول MJ طاقة قابلة للهضم)	108
الشكل 53	استبدال حجم حبيبات الغذاء	109
الشكل 54	لُصاقَة كيس الغذاء	109
الشكل 55	المقاييس الرئيسة لأطوال السمك	116
الشكل 56	تفاصيل بنية الخط العائم والخط الغاطس لشبكة جيبية	122
الشكل 57	شبكة جَيبيَّة معدة للحصاد (أ)، وبمجرد إنزالها في الماء (ب)	123
الشكل 58	نظام الحصاد بالشبكة الجيبية	123
الشكل 59	السينة اليدوية – تِقانَة حصاد الأسماك 1	126
الشكل 60	السينة اليدوية – تِقانَة حصاد الأسماك 2	126
الشكل 61	أسلوب شبكة الرفع	127
الشكل 62	قفص حصاد صغير موضوع داخل قفص سمكي أكبر	129
الشكل 63	الكمية النظرية من الثلج اللازم لتبريد طن واحد من الأسماك الناتجة	130

قائمة باللوحات

اللوحة 1	صورة لأقفاص HDPE سمكية في مياه ساكنة (البحر التيراني، الساحل الجنوبي لإيطاليا – الصف العلوي)، وفي مياه هائجة (المحيط الأطلسي، كندا، جزر الكناري – الصف الأوسط) ومنظر فضائي لتركيبات مزرعتي أقفاص (بحر إيجة – الصف الأدنى)	2
اللوحة 2	مرساة المِحراث	28
اللوحة 3	وتد صخري مثبت على شاطئ صخري	28
اللوحة 4	تشكيل حديدي مستخدم لإنشاء كتلة صناعية من الاسمنت المسلح	30
اللوحة 5	قالب خشبي («هيئة») لإنشاء كتلة من الاسمنت في الحقل	30
اللوحة 6	تفصيلٌ لسلسلة الدعامة المِسمارية المستخدمة في القالب الخشبي. لاحظ القضيبين الحديديين المُضافين على المِربط الأسفل	30
اللوحة 7	بمجرد أن يمتلئ القالب الخشبي بالإسمنت وتقسو الكتلة يمكن إزالة القالب وترك الكتلة لتجف لبضعة أيام	30
اللوحة 8	إغراق الكتلة الاسمنتية. ترفع الكتلة الاسمنتية إلى المكان باستخدام رافعة المركب أو الرافعات	30
اللوحة 9	طوافة المياه العميقة مركبة على خط إرساء	32
اللوحة 10	حلقة – النمط الأنبوبي	32
اللوحة 11	حلقة – النمط المفتوح	33
اللوحة 12	حلقة من النمط المفتوح يُظهِر الرباط لمنع دوران الحلقة إلى داخل عين الأنشوطة	33
اللوحة 13	صفيحة زَّاويَّة ذات 12 ثقباً. أربعة ثقوب تستخدم لربط خطوط الإرساء الرئيسة، وثمانية ثقوب تستخدم لربط لُجُم إرساء الأقفاص	33
اللوحة 14	صفيحة زَّاويَّة ذات 8 ثقوب. أربعة ثقوب تستخدم لربط خطوط الإرساء الرئيسة، وأربعة ثقوب تستخدم لربط أربعة لُجُم مزدوجة لإرساء الأقفاص	33
اللوحة 15	حلقة فولاذية تُستخدم في شبيكة الإرساء عوضاً عن الصفيحة الزَّاويَّة	34
اللوحة 16	خاتم فولاذي دائري مستخدم كأداة وصل في منظومة الشبيكة	34
اللوحة 17	خاتم فولاذي إهليلجي	34

اللوحة 18	خواتم فولاذية مستخدمة لوصل حبلين ذوي جديلة عينية بحلقاتٍ من خلال زوج من الأصفاد. صفادٌ آخر يربط الخاتم الدائري بالصفيحة الزَّاوِيَّة	34
اللوحة 19	خاتم فولاذي مستخدم كصفيحة زَاوِيَّة. يسمح هذا المُكَوِّن بربط الحبل مباشرة على الخاتم الفولاذي دون استخدام الأصفاد	35
اللوحة 20	خطوط الشبيكة موصولة بواسطة عُقَدِ مرساة بخاتم فولاذي. الحبل العلوي متصل بالطوافة	35
اللوحة 21	خاتم فولاذي موصول بخطوط الشبيكة ولُجُمِ القفص	35
اللوحة 22	طوافات من أحجام مختلفة مخزنة على رصيف مرفأ	35
اللوحة 23	هلال HDPE مصنوع مع أنابيب HDPE ملحومة ومُدَعَّمٌ على قاعدة الركيزة العمودية	44
اللوحة 24	أهِلَّة HDPE مصنوعة مع أنابيب HDPE مركبة على القفص. لاحظ نقاط لحامِ المُناكَبَةِ على الركيزة العمودية (الأسهم الحُمر)، والتي هي أقل صلابةً	44
اللوحة 25	أهلة بولي إيثيلين PE مصنوعة بتقانة القالب الدوار	44
اللوحة 26	أهلة بولي إيثيلين PE مصنوعة بتقانة القالب الدوار قبل التركيب	44
اللوحة 27	هلال لَدَنِي (بلاستيكي) مُقولَب بالحقن	45
اللوحة 28	مكونات مفكَّكة لهلال فولاذي مغلفن	45
اللوحة 29	هلال قابل للفك – مفكوك	46
اللوحة 30	هلال قابل للفك – مُجَمَّع	46
اللوحة 31	مُغْرِقات اسمنتية – تركيب صحيح	47
اللوحة 32	مُغْرِقات اسمنتية مركبة بشكل غير صحيح: حبل المُغْرِق العمودي قصير جداً والشبكة معلقةٌ على المُغْرِق	47
اللوحة 33	أكياس شبكية مملوءة بالرمل والحصى أو الأحجار الصغيرة للاستخدام كمُغْرِقات موازنة	47
اللوحة 34	سلاسل دعامة مسمارية مستخدمة كمُغْرِقات. تُفَضَّل السلاسل في الاستخدام لموازنة توتر الشبك بسبب الوزن الأكبر للفولاذ في الماء مقارنة بالإسمنت والحجارة أو المواد لأخرى	47
اللوحة 35	الشبك مثبت على حبل المُغْرِق	47
اللوحة 36	منظر عام لمنظومة الإغراق ذات العديد من المُغْرِقات	48
اللوحة 37	عنصر HDPE لوصل أنبوب الإغراق. يُظهِر هذا الأنموذج كيف يُثَبَّت أنبوب الإغراق (ممثلاً بقطعة من الأنبوب) على حبل المُغْرِق (بالأصفر مع حلقة لَدَنِيَّة)، وكيف يمكن إضافة مُغْرِقات أخرى (كالسلسلة كما هو موضح). يمكن استخدام الثقب الحر المتبقي كنقطة ربط للشبك	48

اللوحة 38	مثال على حبل المُغْرِق موصولاً بقاعدة الهلال	49
اللوحة 39	أنبوب الإغراق. أ) أنبوب إغراق مثبت مؤقتاً على سياج القفص، لتسهيل عملية النقل من المرفأ إلى الموقع، ب) أنبوب إغراق مُرَكَّب	49
اللوحة 40	إقحام أسطوانات البوليستيرين داخل الأنابيب	50
اللوحة 41	الأنبوبان الرئيسان عقب بنائهما. الأنبوبان قد أُقحِما عبر الأَهِلَّة الموزعة على مدى نصف طول الأنبوب. السياج قد أُقحِم أيضاً	50
اللوحة 42	الأنابيب مَثْنِيَّة في دائرة كاملة	50
اللوحة 43	تفاصيل نهاية الأنبوب: إن أسطوانات البولي ستيرين مرئية. وقد أُدخِل السياج أيضاً في الفجوات العليا من الركائز العمودية	50
اللوحة 44	عملية اللحامِ المُناكِبِ الأخيرة لنهايتي الأنبوب، وعقب عملية اللحام هذه يكون الأنبوب الأول من طوق القفص قد أُغْلِق	51
اللوحة 45	توزيع الأهِلَّة بالتساوي على امتداد الأنبوب	51
اللوحة 46	تثبيت الأهِلَّة في مواضعها بواسطة مكابح HDPE على الأنبوب الداخلي (السهم الأحمر)، أما الأنبوب الخارجي فهو غير مزود بمكابح. تُلحَم المكابح على أنبوب القفص باستخدام آلة لِحامٍ HDPE محمولة باليد	51
اللوحة 47	طوق القفص مُنْجَزٌ، لاحظ الألوان المختلفة للأَهِلَّة: تشير الأَهِلَّة السوداء إلى مواضع ربط لُجُمِ الإرساء	51
اللوحة 48	يُرَكَّب هلال الإرساء على أنابيب القفص أثناء تجميع القفص على اليابسة. إنه مصمم لتَحَمُّل قوى كبيرة على نقاط الإرساء. أ) عنصر نقطة إرساء قبل التركيب، ب) نقطة إرساء مركبة على القفص	52
اللوحة 49	صفيحة الإرساء (في الدائرة الزرقاء) مع زوجين من خطوط اللُّجُم (الأسهم الحُمر) الموضحة في كل زاوية.	53
اللوحة 50	خط اللجام مربوط إلى أنابيب طوق القفص. هذه العقدة موضحة في الشكل 33	53
اللوحة 51	عقدة بديلة لتثبيت خط لجام على الطوق – عقدة الوتد على الأنبوب الخارجي والطرف الحر المتبقي مثبت على أنبوب الممشى. العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام موضحة في الشكل 33	54
اللوحة 52	طريقة لجام بديلة لتثبيت خط اللِجام. الحبل الأزرق هو أنشوطة ذات عينين مجدولتين (مغطاة بأنبوب لَدَنِي لمنع الحك). يُحكَم شد الأنشوطة على الهلال ومن ثم يُربَط خط اللجام على العيون المجدولة. إن العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام موضحة في الشكل 33	54
اللوحة 53	مُغْرِقات مُرَكَّبَة على اللُّجُم	54
اللوحة 54	قياس حجم عين الشبك. يشير السهم الأحمر إلى عرض عشر عيون، والذي هو قرابة 16 سم. وبالتالي فإن حجم عين (HMKK) هذا الشبك يساوي 16 مم	64
اللوحة 55	الدُّروز في شبك القفص. أ) شبك إلى شبك، ب) شبك إلى حبل	70

اللوحة 56	خياطة حبل إلى شبك يدوياً	70
اللوحة 57	خياطة حبل إلى شبك بآلة الخياطة	70
اللوحة 58	درزة يدوية لخياطة حبل إلى شبك	70
اللوحة 59	درزة مفردة خارج الحبل	70
اللوحة 60	درزة مزدوجة تمر عبر الحبل	71
اللوحة 61	اقتران ما بين الدُّروز الداخلية والخارجيةً	71
اللوحة 62	عروة (أنشوطة) الحبل العلوي مجدولة بحماية أنبوبية	72
اللوحة 64	عروة (أنشوطة) حبل خط الماء ذات حمايةٍ أنبوبيةٍ مرنة	72
اللوحة 63	عروة (أنشوطة) عليا ذات حبلِ ربطٍ مجدول	72
اللوحة 65	عروة (أنشوطة) حبل خط الماء ذات حلقة لَدَنِيَّة	72
اللوحة 66	عروة (أنشوطة) حبلٍ قاعِدي	73
اللوحة 67	حبال قاعدية مُستَعرِضَة مجدولةٌ على الخاتم المركزي (مع عروة خارجية إضافية)	73
اللوحة 68	خاتم لَدَني على حبلٍ عمودي	73
اللوحة 69	زِمامٌ مُنْزَلِق على قاعدةِ شبكٍ لِقَفَص (أربطة أسلاك إحكام التثبيت ليست مركبة بعد)	73
اللوحة 70	تفاصيل الزِّمام المُنزَلِق (نصف حجم عين الشبك يساوي 18 مم)	74
اللوحة 71	زِمام مُنزَلِق مُستَخدَم لبابٍ مغمورٍ للغواصين	74
اللوحة 72	شبكة عليا لقفص مغمور مثبتة بزِمامٍ مُنزَلِق	74
اللوحة 73	مكونات الشد الأربع على الحبل القاعدي. المكونات الصفراء محمولة بالحبال، المكون الأحمر مُطَبَّق على نسيج الشبك الذي يمكن أن يُخفِق في هذه النقطة. راجع النص لمزيد من الشرح	77
اللوحة 74	شريحة شبكية داخل القفص على مستوى الحبل القاعدي	77
اللوحة 75	الشريحة المانعة للحك (النسيج الشبكي الأبيض) مركبة خارج شبك القفز	77
اللوحة 76	تكون مخاطر قصور الشبك أكبر عند الحبال المُستعرِضَة نظراً للقوى الفاعلة كما هو موضح في اللوحة 73. خيطاً مع الحبال عند نقاط الارتباط، ذلك لتوزيع القوى على عديد من النقاط والإقلال من احتمال قصور الشبك إلى الحدود الدنيا	77
اللوحة 77	معمل لمعالجة الشباك	79
اللوحة 78	غمس الشباك في حوض لمانع الانسداد الحيوي النَّتِن	79
اللوحة 79	قفص محمي بشبك مانع للطير	80
اللوحة 80	عوامة شبك الطير جاهزة للتركيب. تُستَخدَم عدة حبال لتثبيتها في مركز القفص	80
اللوحة 81	شبك الطير متحرر من الماء بعُصِيّ	80

اللوحة 82	شبك أسماك القرش مركباً أسفل الشبك القاعدي للقفص. وهو في هذه الحال شريحة بسيطة من شبك Dyneema المركب لحماية قاعدة الشبك	81
اللوحة 83	استخدام رافعة القبضة اليدوية (أو المِرفاع السريع) لتخفيف التوتر على خط إرساء	90
اللوحة 84	جانب من الشبكة مُنَظَّف بمدفع تنظيف مائي عالي الضغط. تبدو الشريحة الشبكية المانعة للحك (باللون البرتقالي) خلف الجانب المُنظَّف من الشبكة	91
اللوحة 85	تنظيف تحت الماء لجدار قفص شبكي بمدفع تنظيف مائي عالي الضغط. لاحظ الشرائح العمودية	91
اللوحة 86	خصلة من نسيج شبكي مثبتة على الحبل. لاحظ الجدلة البالية البيضاء الناجمة عن مضغ سمك القجاج للخصلة	91
اللوحة 87	حلقة من حبل (السهم الأحمر) مركبة على جزء من الأنبوب الداخلي بين هلالين. لاحظ غياب حلقة الحبل على الأنبوب الخارجي والتباين في توضُّع النَّتَن الحيوي على الأنبوبين الخارجي والداخلي	92
اللوحة 88	شبكة وسخة على سطح قارب العمل. لاحظ أن المِعلاق المستخدم لرفع الشبكة ما زال مشبوكاً بخطاف الرافعة	94
اللوحة 89	استخدام المَعاليق المتواصلة لتداول الشباك (تظهر في هذه الحال شبكة حصاد)	94
اللوحة 90	شبكة مسدودة بالنتن تُنْزَعُ عن القفص باستخدام مِعلاقٍ شبكي (السهم)	95
اللوحة 91	مستودع لتخزين الشباك وصيانتها	95
اللوحة 92	غسالة كبيرة للشباك (قرابة 4 م عرضاً و 2.5 م ارتفاعاً). وتبدو وحدة المحرك وجامع فُضالة المياه على التوالي إلى اليمين وإلى اليسار من الغسالة	97
اللوحة 93	الفتحة على جانب الجرن كبيرة ما يُسَهِّل من نقل الشباك إلى داخل الجرن وخارجه	97
اللوحة 94	نظراً لوزن الشباك تبرز أهمية تجهيزات الرفع (كالرافعة الشوكية والرافعة العادية) لتحريك الشباك	97
اللوحة 95	تجهيزات قارب بسيط مع غسالة من الألياف الزجاجية للشباك على السطح. تُشَغَّل الغسالة من خلال محرك هايدروليكي متصلٍ بمنظومة قيادة القارب الهايدروليكية (والتي تمد الرافعة أيضاً بالقوة المحركة)	97
اللوحة 96	دُفعة صغيرة من السمك جرى اعتيانها وفحصها في الحقل لتحري التشوهات. في هذه الحال تحديداً اِختُبِرَت 136 سمكة قجاج: 88 سمكة (65%) إلى اليمين اعتُبِرَت طبيعيةً، 48 سمكة (35%) إلى اليسار اعتُبِرَت "مشوهةً". لذلك يمكن حسبان هذه الدُفعَة من الأسماك اليافعة غير مقبولة ويجب ألا تُزرَع في قفص شبكي	100
اللوحة 97	قفص نقل جاهز لأَنْ يُزرَع قرب المَرسَى. الشاحنة على المَرسى تغير الماء لأقلمةِ الأسماك قبيل تحريرها في قفص النقل	103

اللوحة 98	قفص نقل ذو طوق ثنائي الأنبوب وعديم الركائز العمودية. وبما أن القفصَ عديمُ الركائز فهو مُغَطًّى بشبكة عُلوية مثبَّتَة على السطح، وقابلة للإزالة من خلال زِمامٍ مُنزَلِق. تُستَخدَمُ هنا طوافتان واقيتان قابلتان للنفخ لإبقاء الشبكة العلوية على السطح	103
اللوحة 99	تُنقَل الأسماك اليافعة من الشاحنة إلى القارب عبر أنبوب قاسٍ	106
اللوحة 100	قارب عمل صغير مجهز بحوضين سعة كل منهما تساوي 2 م^3	106
اللوحة 101	مُستَوعب كبير مُحَوَّرٌ لنقل الأسماك. تبدو في صدر الصورة شاشة مقياس الأوكسيجين	106
اللوحة 102	دفع الاصبعيات الأخيرة المتخلفة في موقع المزرعة. لاحِظ المُنزَلَق الخارجي المُرَكَّب على بوابة الحوض والأنبوب المرن الأحمر، المُرَكَّب على المُنزَلَق، الذي يمتد إلى القفص	106
اللوحة 103	مركبُ نقلٍ مُزَوَّد برافعة مُستَخدَم للتعامل مع مِنَصَّات الغذاء	109
اللوحة 104	مدفع للغذاء مع نافث هواء ملحق يُزَوَّدُ بالطاقة بمحرك يعمل بالبنزين	110
اللوحة 105	مدفع للغذاء مع نافث هواء ملحق يُزَوَّدُ بالطاقة بمحرك يعمل بالبنزين. في هذه الحال يُنقَل الغذاء إلى النَّافِث عبر بَرِيمَةٍ تعمل بالكهرباء (انظر اللوحة 106)	110
اللوحة 106	البَرِيمَةُ مركبةٌ أسفل القادوس حيث تنقل الغذاء إلى مجرى الهواء (إلى اليسار)	110
اللوحة 107	مدفع غذاء موصول بمضخة المياه الخاصة بالقارب. تعمل مضخة المياه بواسطة النظام الهايدروليكي للقارب	111
اللوحة 108	مدفع غذاء مع مضخة مياه مُلحَقَة، يعملان بمحرك على البنزين	111
اللوحة 109	قارب مجهز بمدفع غذاء نصف آلي. في هذه الحال المدفع مجهز بقادوس ضخم لتخزين كثير من الغذاء. تُضبَط الكمية الواجب نثرها من الغذاء على كل قفص من قبل ربان القارب الذي يستخدم أداة تحكم الكترونية على البرج	111
اللوحة 110	مرافق خِدمِيَّة على اليابسة: صوامع silos لتخزين الشحنات الرَّكْمِيَّة موجودة على حافة الرصيف للسماح بتحميل سهل لقارب الغذاء	112
اللوحة 111	مغذيات ذاتية الحركة	112
اللوحة 112	تفاصيل منظومة غذاء مركزية تُظهِرُ وحدتين لتوزيع الغذاء ومنهما تَنقُلُ عدة أنابيبHDPE الغذاء إلى الأقفاص	112
اللوحة 113	أنابيب توصيل الغذاء تربط منظومة الغذاء المركزية بالأقفاص	112
اللوحة 114	منظومة غذاء مركزية مقامة على صَندَلٍ (طَوفٍ) مَبنِيٍ لهذه الغاية	113
اللوحة 115	تُصطاد الأسماك بواسطة شبكة جَيْبِيَّة	118
اللوحة 116	تُصطاد الأسماك بواسطة شبكة غَرْفٍ يدوية	118
اللوحة 117	حوض صغير للاحتفاظ بالأسماك على ظهر مركبِ خدمةٍ مبطنٍ بالشباك من الداخل	118
اللوحة 118	الأسماك قيدَ العد والاعتيان في مجموعات صغيرة	119

اللوحة 119	يُقاسُ الوزن لكل مجموعة من الأسماك	119
اللوحة 120	تفاصيل ميزان مُعَلَّق مع إطاره المحمول	119
اللوحة 121	غَرْفُ الأسماك من قفص المزرعة العائمة. أ) الأسماك ذوات الحجم التسويقي تتكدس بكثافة في شبكة سينة، ب) غَرْفُ الأسماك باستخدام رافعة على ظهر القارب، ج) شبكة غَرِفٍ مثبتة بأسلوب سريع التَّحَرُّر، و د) الأسماك المصيدة تُحَرَّر في حاوية الجمع	124
اللوحة 122	قفص حصاد صغير موضوع داخل قفص سمكي أكبر	128
اللوحة 123	إجراءٌ خَطِر – تحميل الحبال والعمال على سطح مركب المزرعة	131
اللوحة 124	غطاء واقٍ مصنوع من نسيج شبكي غير ذي عُقَدٍ ملفوف حول المرحلة الأولى من مُنَظِّم الغوص بالرئة المائية للإقلال من خطر وقوعه في حبائل شبكة السينة	133

قائمة بالجداول

الجدول 1	تصنيف الموقع المقترح من قبل الفاو في 2009	4
الجدول 2	التصنيف النرويجي للموقع مبنياً على معايير إحصائية للأمواج	4
الجدول 3	التصنيف النرويجي المبني على سرعة أواسط التيار	4
الجدول 4	التصنيف المقترح لموقع الأقفاص البحرية في مؤتمر «استزراع الأزرق العميق»	5
الجدول 5	المعايير والعوامل الواجب أخذها بالاعتبار في عملية اختيار الموقع	6
الجدول 6	قيم سُلَّم بوفور وأوصافها	13
الجدول 7	مثال عن فترة الموج الهام المحسوبة وفترة الأوج المحسوبة في سرعات مختلفة للرياح وطول فعال للمدى	15
الجدول 8	الرموز المستخدمة في الخرائط الملاحية القياسية لتبيان طبيعة قاع البحر	16
الجدول 9	مقياس سافير–سايمبسون للرياح الإعصارية	17
الجدول 10	منظومات الشبيكة المربعة وتُظهِر عدداً مختلفاً من الأقفاص ومن خطوط الإرساء (إن لم يتم إضافة خطوط إرساء إضافية لتدعيم المنظومة)	24
الجدول 11	جدول مكونات خط الإرساء المفرد (مثال أنموذجي فحسب، يمكن أن تختلف الأحجام والأبعاد تبعاً لتحليل الموقع والإرساء)	27
الجدول 12	قائمة بالتجهيزات لمنظومة شبيكة لأقفاص 3×2 (مثال أنموذجي فحسب، يمكن أن تختلف الأحجام والأبعاد تبعاً لتحليل الموقع والإرساء)	28
الجدول 13	خصائص السلاسل العديمة الدعامة المِسمارية (تأشيرية)	31
الجدول 14	سلاسل الدعامة المِسمارية: الوزن للمتر الواحد (تأشيري)	31
الجدول 15	نصف قطر الثَّني لأنابيب HDPE	42
الجدول 16	خصائص أنبوب HDPE 80 PE	42
الجدول 17	خصائص أنبوب HDPE 100 PE	43
الجدول 18	الألياف النسيجية وكثافتها ومعامل الضرب لتقدير الوزن في الماء	57
الجدول 19	معايير التجربة الحقلية لتمييز الألياف التركيبية	60
الجدول 20	الخواص الكيميائية والفيزيائية للألياف التركيبية	60
الجدول 21	الوزن والحمولة الكاسرة لحبل polysteel ثلاثي الجدائل	61
الجدول 22	الوزن والحمولة الكاسرة لحبل مبروم من البولي إستر العالي التماسك	61
الجدول 23	الوزن والحمولة الكاسرة لحبل البولي أميد (PA) أو النايلون	61
الجدول 24	الوزن والحمولة الكاسرة لحبال البولي إيثيلين العالي الأداء (Dyneema™ أو Spectra™)	62

الجدول 25 القوة الباقية لألياف النايلون المختلفة المعرضة للأشعة فوق البنفسجية (UV) – تَعَرُّض خارجي 63
الجدول 26 العلاقة حجم السمك/حجم العين (عين مربعة الشكل) للقاروس الأوربي والقجاج 65
الجدول 27 مثال على خصائص الشبك 66
الجدول 28 الفئات الحجمية للأقفاص (NS–9415) 66
الجدول 29 المواصفات التقنية للعناصر المفتاحية للقفص وفقاً للفئات الحجمية للقفص 67
الجدول 30 أحجام شبك PET المفرد الخيوط 82
الجدول 31 أنموذج لسجل التفقد اليومي للقفص 84
الجدول 32 أنموذج لسجل تَفَقُّد خط الإرساء والمرساة 85
الجدول 33 أنموذج لسجل تَفَقُّد خط الإرساء والمرساة 88
الجدول 34 مثال حول حسابات نقل الاصبعيات السمكية إلى أقفاص المزرعة 105
الجدول 35 مثال على جدول التغذية اليومي كنسبة من وزن الجسم الحي 108
الجدول 36 مثال على ترقيم الجماعات السمكية 116
الجدول 37 قائمة بالمعلومات الواجب تضمينها في تقرير المخزون السمكي الدوري لضبط إدارة كل من دفعات السمك 117

1. مقدمة

أظهرت تربية الأحياء المائية في أقفاص نمواً سريعاً في العقود الأخيرة وهي تعاني حالياً من تغيرات سريعة استجابة منها لضغوط العولمة والطلب العالمي المتزايد باطّراد على منتجات الأحياء المائية. كان ثمة تحرك باتجاه تصنيف الأقفاص الراهنة في زُمَر وتجاه تطوير نظم أشد كثافة للتربية في أقفاص واستخدامها. فعلى وجه الخصوص، أدت الحاجة إلى مواقع مناسبة إلى وصول التربية في أقفاص إلى مناطق مائية جديدة غير معرضة للاستنزاف والانتشار فيها، كالبحيرات والخزانات المائية والأنهار والمياه الساحلية المختلطة والمياه البعيدة عن اليابسة.

في العام 2007 نشرت منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) تقريراً بعنوان تربية الأحياء المائية في أقفاص: مراجعات إقليمية ونظرة عالمية شاملة (Halwart, Soto, Arthur, 2007). يقدم هذا التقرير تقويماً للوضع والتوقعات المستقبلية لتربية الأحياء المائية في أرجاء الكوكب، مُسَلِّماً بأهمية تربية الأحياء المائية في أقفاص ودورها الرئيس في النمو المستقبلي لقطاع تربية الأحياء المائية. وتقدم المراجعات الإقليمية معلومات حول تاريخ تربية الأحياء المائية في أقفاص ونشأتها، وتبين القضايا الرئيسة والتحديات كما تسلط الضوء على نواحٍ نوعيةٍ تقنيةٍ وبيئيةٍ واقتصادية–اجتماعية وتسويقية، النواحي التي تواجهها تربية الأحياء المائية في أقفاص و/أو التي تحتاجها ليصار إلى معالجتها مستقبلاً.

إن التنافس الدائم على الفضاءات الأرضية والمائية المترافق مع تنامي طلب السوق على السمك البحري والمنتجات البحرية الأخرى، كما ورد أعلاه، هي بعض العناصر التي تشجع صناعةَ هندسةِ تربيةِ الأحياءِ المائيةِ وتشجع المستثمرين على تطوير بُنَى الاستزراع في المياه الحرة. جرى في العقود القليلة الماضية تصميم طيفٍ من البُنى الاحتوائية المسماة تحديداً بالأقفاص السمكية، كما جرى اختبارها وإنتاجها تجارياً. تتباين هذه البُنى، سواء أكانت بُنى عائمة أم تحت الماء مغمورة، في التصميم والحجم والمواد المستخدمة، كونها مُعَدَّة لبيئات متباينة تتراوح ما بين المحمية نسبياً وتلك الحَرَكيَّة النَّشِطَة والشديدة التَّعَرُّض، كما تعتمد عدداً من الحلول التقنية لتسهيل التعامل مع السمك المستزرع وإدارته.

يركز هذا الكُتَيِّب التقني على القضايا التقنية والبنيوية والتشغيلية للأقفاص العائمة المصنَّعة من البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE)، كونها تُستَخدَمُ في الوقت الراهن على نطاق واسع في المشاريع الصناعية الحديثة لتربية الأحياء البحرية في أنحاء عديدة من العالم نظراً لتعدد جوانب استخدام هذه المادة، وبساطة عمليات الاستزراع المختلفة والمحدودية النسبية لرأس المال الاستثماري اللازم (اللوحة 1). تتمثل العناصر البنيوية لهذه الأقفاص بأنابيب البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) التي يمكن تركيبها بطرق مختلفة لإنتاج أطواق مختلفة الأحجام والأشكال. تشكل أنابيب HDPE ، المشدودة إلى بعضها البعض بواسطة سلسلة من الأَهِلَّة والركائز العمودية المرتبة بانتظام على امتداد المحيط، تشكل الطوق الحلقي العائم الذي هو البنية الأساسية المُثَبِّتَة للجيب الشبكي بإحكام. تحافظ أقفاص الجاذبية هذه على شكل الجيب الشبكي وحجمه بواسطة منظومة من الأوزان، التي تُعرَفُ أيضاً بمنظومة الإغراق، المثبتة على النهاية الدنيا للشبك.

يزود هذا الكُتَيِّب القارئ بمعلومات عملية وتِقْنِيَّة مُعَمَّقَة حول تصميم قفص HDPE أنموذجي ومكوناته، وحول كيفية تركيب طوق القفص وكيفية تركيب الجيب الشبكي. وهو يقدم أيضاً معلومات شاملة حول منظومة شَبيكة الإرساء وتركيبها. ويقدم أخيراً معلومات حول عمليات الاستزراع بما فيها صيانة البُنَى المَزرَعِيَّة وزرع السمك المُستَزرَع والتغذية والحصاد والتعليب مع التركيز على النواحي العملية وعمليات الإدارة الروتينية. يسلط الفصل الأول من هذا الكُتَيِّب الضوء على أهمية الاختيار المناسب للموقع في الاستزراع البحري في أقفاص، مُلَخِّصاً بإيجاز العوامل البيئية كالتعرُّض للموج وعمق المياه ومستويات الأوكسجين وحرارة المياه والتي تؤثر جميعها على عمليات التربية ويمكن أن تقرر نجاح مزرعة سمكية قفصية إن سبق وأن أُخِذوا كلهم في الاعتبار خلال مراحل التخطيط للعمل التجاري.

اللوحة 1

صورة لأقفاص HDPE سمكية في مياه ساكنة (البحر التيراني، الساحل الجنوبي لإيطاليا – الصف العلوي)،
وفي مياه هائجة (المحيط الأطلسي، كندا، جزر الكناري – الصف الأوسط)
ومنظر فضائي لتركيبات مزرعتي أقفاص (بحر إيجة – الصف الأدنى)

مُجامَلَةً من *F. LOVATELLI*

مُجامَلَةً من *FUSION MARINE LTD*

مُجامَلَةً من *STAMATIOU AQUACULTURE*

2. اختيار الموقع

يشير تعبير التربية في أقفاص إلى نظام مفتوح لاستزراع الأحياء المائية تكون فيه بيئة الاستزراع هي البيئة ذاتها. والحالةُ هذه، ثمة تفاعلٌ متبادلٌ بين الأقفاص والبيئة في كلا الاتجاهين فالأقفاص تؤثر في البيئة والعكس بالعكس.

علاوة على ذلك، يمكن لقفص واحد أن يكون ذا تأثيرات على أقفاص أخرى حيث يمكن للتيارات أن تنقل الآفات والعوامل المُمرِضَة والمواد الكيماوية من قفص لآخر (أو من موقع لآخر). وفي مَعرِضِ اختيار الموقع يتوجب تخمين التفاعلات المتبادلة كافة وتقويم تأثيراتها على التربية في الأقفاص، بما فيها تلك التأثيرات المتعلقة بالبيئة والإنسان بهدف خفض التهديدات والأخطار والاستغلال المفرط إلى حدودٍ دنيا (الشكل 1).

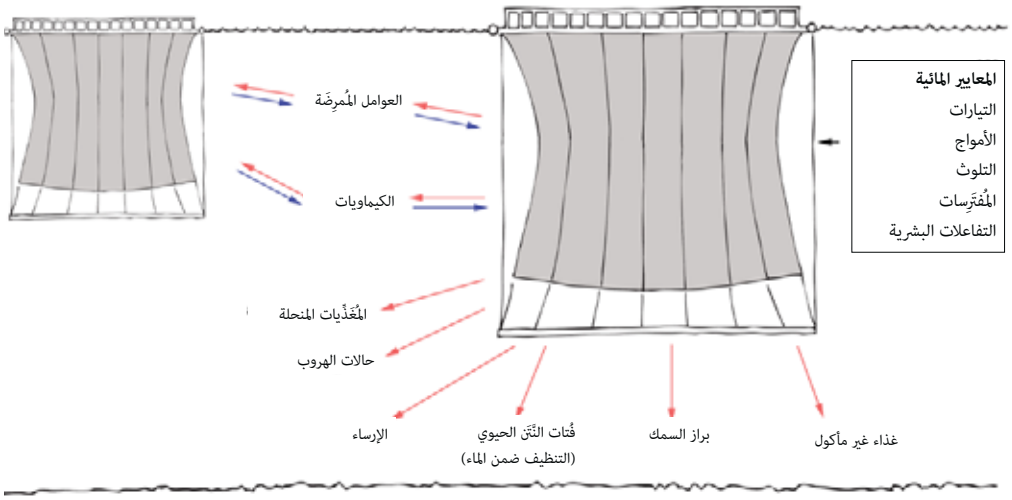
إن اختيار الموقع هو أمر حاسم في أي عملية استزراع كونه يؤثر على قابليتها الاقتصادية للنجاح. فاختيار الموقع ذو أثر مباشر على نفقات التشغيل والإنتاج والنفوق والربحية الإجمالية. بالمقارنة مع وسائل الاستزراع الأرضية تُعتبَر تربية الأحياء المائية في أقفاص أقل تَحَمُّلاً للخطأ في اختيار الموقع، ولاسيما أن الموقع الخاطئ يمكن أن يتسبب في خسارة الأقفاص ومخزونها من السمك.

إن الخاصية الأولى للموقع عموماً هي مدى تَعَرُّضِهِ. يعود هذا إلى كمية الرياح والأمواج التي تعتري الموقع. فالموقع المكشوف أو الكائن في عُرض البحر يتطلب استثمارات ابتدائية كبيرة للأقفاص والإرساء والشباك، وتكلفة للصيانة أعلى ومجازفة أكبر، ما ينتهي إلى تكلفة إنتاجية أكبر. من جهة أخرى يتمتع الموقع المُعَرَّض بديناميكية مائية أكبر تكونُ مَدعاةً لتأثيرات بيئية أدنى ورفاهية للسمك أفضل وجودة للمُنتَج أرفع. أما الموقع المُستَتِر أو المحمي فيكون أقل عُرضَةً للأمواج والتيارات ما يعني صيانة محدودة ونفقات منخفضة، ولكن الأخطار الأكبر للآثار البيئية الواضحة غالباً ما تكون لهذه الأسباب تحديداً مقترنة بالمواقع المُحتَجِبَة.

خضع تصنيف تَعَرُّض الموقع بين عُرض البحر ومجاور للشاطئ لنقاش مُطَوَّل واقتُرِحَ حتى الآن عديد من التعريفات للتربية في أقفاص في عرض البحر. تتضمن الجداول التالية بعض تلك الأشكال التصنيفية. يُظهِر الجدول رقم 1 التصنيف المقترح من قبل الفاو في 2009.

الشكل1

مخطط التأثيرات الرئيسة المتبادلة قفص – بيئة – قفص



ملحوظة: تشير الأسهم الزرقاء إلى العوامل الخارجية المؤثرة على البُنى و/أو السمك، وتشير الأسهم الحمراء إلى تأثيرات الأقفاص على البيئة.

الجدول 1
تصنيف الموقع المقترح من قبل الفاو في 2009

الصفة	شاطئي	بعيداً عن الشاطئ	في عُرض البحر
الموقع/ هيدروغرافيا	< 500 م عن الشاطئ ≥ 10 م عمقاً وقت الجزر ضمن مدى الرؤية من اليابسة محميٌ عادةً	0.5–3 كم عن الشاطئ 10–50 م عمقاً وقت الجزر غالباً ضمن مدى الرؤية من اليابسة محميٌ نوعاً ما	> 2 كم عن الشاطئ عموماً ضمن آفاق الرصيف القاري، ومن المحتمل في عرض المحيط > 50 م عمقاً
البيئة	Hs عادةً < 1 م هبات رياح قصيرة المدى تيارات ساحلية متمركزة، ودفقات مَدِّيَّة قوية محتملة	Hs عادةً ≥ 3–4 م تيارات ساحلية متمركزة، وبعض الدفقات المَدِّيَّة	Hs 5 م أو أعلى، و2–3 م بانتظام، موجات بحرية مكورة، هبات رياح على فترات متباينة تأثير محتمل لتيارات أقل تمركز
حرية الاقتراب	100% متاحة للاقتراب الرسو ممكن في الأوقات كلها	> 90% متاحة للاقتراب وبمعدل مرة واحدة يومياً على الأقل الرسو ممكن عادةً	> 80% متاحة عادةً للاقتراب الرسو قد يكون ممكناً، وعلى فترات، مثلاً كل 3–10 أيام
التشغيل/ العمليات	اعتيادية، تَدَخُّل يدوي، تعليف، مراقبة، وغير ذلك.	بعض العمليات المؤتمتة، مثلاً تعليف، مراقبة	عمليات بالتحكم عن بُعد، تعليف مؤتمت، مراقبة البعد وظائف النظام

ملحوظة: HS = الارتفاع الهام للموجة (1.9 × HS = الارتفاع الأعظمي للموجة).
المصدر: Lovatelli, Aguilar-Manjarrez & Soto (2013).

يقدم الجدول 2 تصنيفاً ممكناً آخر مُتَبَنًّى من قِبَل المقاييس النرويجية NS9415–2003 (NS) حول «متطلبات مزارع الأسماك البحرية لتَقَصِّي الموقع وتحليل المخاطر والتصميم وتحديد المقاييس والإنتاج والإنشاء والتشغيل» والتي هي مبنية على الارتفاع الهام للموجة (Hs) وقياسات فترة أوج الموج (Tp) ودرجات التَّعَرُّض.

الجدول 2
التصنيف النرويجي للموقع مبنياً على معايير إحصائية للأمواج

تصنيف الموقع (فئات الموج)	ارتفاع الموجة (Hs) (متر)	فترة أوج الموج (Tp) (ثانية)	مستوى تَعرُّض الموقع
A	0.5–0.0	2.0–0.0	منخفض
B	1.0–0.5	3.2–1.6	معتدل
C	2.0–1.0	5.1–2.5	هام
D	3.0–2.0	6.7–4.0	عالٍ
E	3.0<	18.0–5.3	عالٍ جداً

رُتِّبَت المواقع من A إلى E حيث تشير A إلى مواقع محمية وتشير E إلى مواقع شديدة التَّعرُّض في عرض البحر.

ثمة تصنيف إضافي محتمل (الجدول 3) مقترح ضمن المقاييس النرويجية ويعتمد على سرعة أواسط التيار (Vc). تُحَدَّد فئات الموج في الموقع بـمقياسي الارتفاع الهام للموجة ومدة الموجة.

الجدول 3
التصنيف النرويجي المبني على سرعة أواسط التيار

تصنيف الموقع (مستويات التيار)	سرعة التيار (Vc) (متر/ثانية)	مستوى تَعَرُّض الموقع
A	0.3–0.0	منخفض
B	0.5–0.3	معتدل
C	1.0–0.5	هام
D	1.5–1.0	عالٍ
E	1.5<	عالٍ جداً

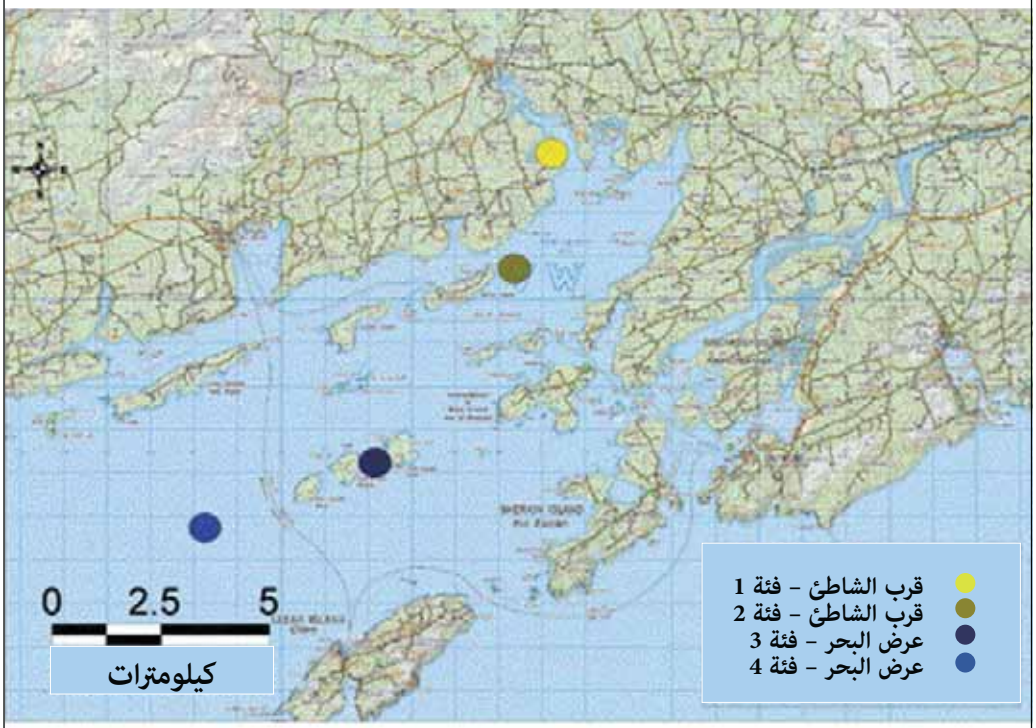
مثال آخر على التصنيف (الجدول 4 والشكل 2)، كان قد اقتُرِحَ في مؤتمر «استزراع الأزرق العميق» المُنعَقِد في دبلين، ايرلندا في 2006. هنا صُنِّفَت مواقع المزرعة في أربعة مستويات حيث اقترنت مستويات التعرض بتقانات الأقفاص المستخدمة/المقترحة. في عام 2009 انتقلت المقاييس النرويجية إلى نظام تصنيفي مشابه والذي يأخذ أيضاً أنموذج القفص في الاعتبار إلى جانب الظروف البيئية.

الجدول 4
التصنيف المقترح لموقع الأقفاص البحرية في مؤتمر «استزراع الأزرق العميق»

فئة الموقع	1	2	3	4
الوصف التقليدي (فيما يتعلق بتعرض الموقع)	موقع محمي قرب الشاطئ	موقع شبه معرض قرب الشاطئ	موقع معرض في عرض البحر	موقع في عرض البحر في المحيط الحر
نموذج القفص المستخدم	جاذبية سطحية	جاذبية سطحية	جاذبية سطحية، شد المرساة	جاذبية سطحية، صلابة سطحية، شد المرساة، جاذبية مغمورة، صلابة مغمورة

المصدر: Ryan *et al.*, 2004

الشكل 2
تصنيف الموقع المقترح في مؤتمر «استزراع الأزرق العميق»



المصدر: Ryan, Mills & Maguire (2004).

تُظهِر نماذج تصنيف الموقع المبينة أعلاه كيف يمكن لتصنيف الموقع أن يُقَوَّم باستخدام اعتبارات مختلفة وملاحظات موضوعية، ولكن التصنيف يمكن أن يختلف وفقاً للطريقة المُعتَمَدَة. إلا أن التَعَرُّض في النهاية (وبالتبعية التيار وارتفاع الموج) هو العامل الأوثق صلةً لِيؤخَذَ في الاعتبار في تصنيف موقع عرض البحر بصرف النظر عن بُعدِهِ عن الشاطئ.

الجدول 5
المعايير والعوامل الواجب أخذها بالاعتبار في عملية اختيار الموقع

المعايير والعوامل البيئية ذات العلاقة بالأحياء المُستَزرَعَة	المعايير والعوامل البيئية ذات العلاقة بالأقفاص	المعايير القانونية والإمدادية
درجة الحرارة	العمق	النواحي القانونية/السياسية
درجة الملوحة	الحماية (الأمواج)	امكانية الوصول
التلوث	قاع البحر	الأمن
الأجسام الصلبة المعلقة	التيار	القرب من السوق
الانفجار الطحلبي	انسداد الشباك	حقوق الملكية التقليدية
المتعضيات المُمْرِضَة	التلوث	إجرائية الموافقة على الاستئجار
التبادل المائي	–	–
التيار	–	–
انسداد الشباك بالنتن الحيوي	–	–
الأوكسيجين المنحل	–	–

المصدر: Beveridge, 2004

معايير اختيار الموقع

ثمة معايير وعوامل مختلفة يجب أخذها بالاعتبار خلال عملية اختيار الموقع. يمكن تصنيف هذه المعايير في ثلاث فئات (الجدول 5).

المعايير البيئية ذات العلاقة بالأحياء

يجب أن تتمتع مواقع الأقفاص بمياه ذات نوعية جيدة. لا يقتصر الأمر على خلو المياه من الملوثات الصناعية، بل يجب أن تفي بالاحتياجات الحياتية للأنواع المستزرعة. تشمل هذه المعايير، المناسب من درجة الحرارة والملوحة والأوكسيجين المنحل (DO) الضرورية للأنواع المستزرعة. ويجب أن تكون المياه خالية من مقادير مفرطة من المواد الصلبة المعلقة، مع حالات محدودة لحدوث الانفجار الطحلبي ولوجود المُتَعَضِّيات المُمرِضة. يُعَدُّ القليل من التيار ضرورياً لضمان تبادل مناسب للمياه، ولكن الكثير من التيارات سوف يشكل إجهاداً للأحياء والتجهيزات.

الأوكسجين المنحل

إن الأوكسيجين المنحل (DO) هو أحد أهم المعايير الواجب أخذها بالاعتبار لدى اختيار الموقع. تتباين المتطلبات من الأوكسيجين بتباين الأنواع ومراحل تطورها وحجم السمك. يتأثر مستوى DO بدرجة الحرارة، وهو يؤثر مباشرة في مُعَدَّل تحويل الغذاء (FCR). فكلما انخفض الأوكسيجين المنحل في الماء يرتفع المعدل النهائي لتحويل الغذاء ما ينتهي إلى تكلفة أعلى للغذاء.

يمكن لمستوى DO أن يتأثر بالمجتمعات الطحلبية. فعملية التركيب الضوئي النهارية ترفع من مستوى الأوكسيجين المنحل في حين أن عملية التنفس الليلي تخفض من مستواه. يبلغ الأوكسيجين المنحل مستواه الأعظمي في وقت متأخر من بعد الظهيرة ويبلغ أدنى مستوياته في ساعات قبيل الفجر.

يمكن للانفجار الطحلبي أن يُحدِثَ تأثيراً مفاجئاً على الأوكسيجين المنحل كما ذُكِرَ أعلاه، ولكن ثمة انخفاض لاحق أكثر حِدَّةً في DO يحدث عندما تتغير الظروف البحرية مُسبِّبةً موتاً أو تدهوراً مفاجئاً للانفجار الطحلبي. فبموت الطحالب يؤدي تحلل كتلتها الحية إلى انخفاضٍ حادٍ في الأوكسيجين المنحل ما قد يصل به أحياناً إلى الصفر.

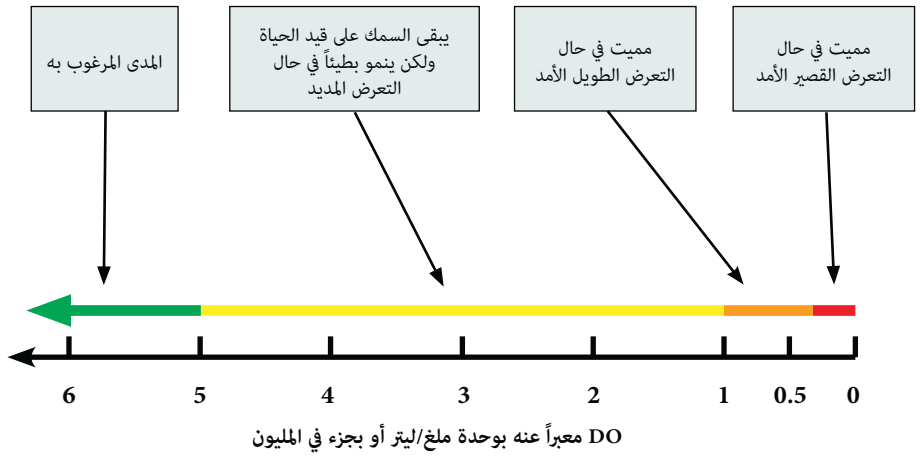
يتأثر أيضاً مستوى DO بالانسداد الحيوي النَّتِن للقفص، إذ أن نمو المتعضيات على الشباك قد يقلل من التبادل المائي. يمكن لمستوى الأوكسيجين المنحل أن ينخفض خلال التعليف ولكن عادة ما يكون ذلك مؤقتاً تعود بعده القيم المعتادة في غضون ساعات قليلة.

وكمرجع عام، طور Swingle (1969) سلماً للأوكسيجين المنحل لأنواع أسماك المياه الدافئة (انظر الشكل 3):

- DO = <0.3 ملغ/ليتر – يموت السمك بعد التعرض مدة وجيزة،
- DO = 0.3–1 ملغ/ليتر – مميت إن دام التعرض طويلاً،
- DO = 1–5 ملغ/ليتر – يبقى السمك على قيد الحياة ولكن النمو يضحي بطيئاً إن كان التعرض مديداً،
- DO = >5 ملغ/ليتر – الحد الأدنى لأنواع المياه الدافئة (نمو سريع).

الشكل 3

تأثيرات الأوكسيجين المنحل (DO) على أسماك المياه الدافئة



المصدر: Swingle, 1969.

يجب بوضوح تحديد الأنواع المُستَهْدَف تربيتها قبل عملية اختيار الموقع، كما يجب البحث في احتياجاتها من الأوكسيجين لتجنب اختيار مواقع ذوات مستويات DO لا تفي بمتطلبات هذه الأنواع.

الملوثات

يمكن لطيفٍ من الملوثات أن يتلف الأقفاص (الشباك والبنية) ويمكن أن يؤثر سلباً على مخزون الأسماك المستزرعة مسبباً حالات نفوق أو مُلَوِّثاً السمك إلى درجة لا تسمح بالإتجار به للاستهلاك البشري.

إلا أنه يمكن خفض هذه الأخطار إلى حدودٍ دنيا من خلال تجنب المواقع الغنية بالأنشطة الصناعية، مع أن الملوثات يمكن أن تظهر بين حين وآخر نتيجة للنقل البحري (مثلاً إراقة النفط وتنظيف خزاناته).

إن دفق مياه التبريد من محطات توليد الطاقة يمكن أن يحتوي أيضاً على مواد كيماوية ومبيدات حيوية (مثلاً كلوراين ومانعات التآكل والمذيبات والمعادن الثقيلة) والتي قد تكون مُهلِكَةً للسمك المستزرع.

قد تحتوي الأنهار على اللَّحْقِيَّات أو الأجسام الطافية الكبيرة (مثلاً الأشجار والأخشاب الطافية) التي يمكن أن تتلف الشباك إن حملها التيار إلى الموقع.

درجة الحرارة

إن لدرجة الحرارة تأثير مباشر على استقلاب السمك وبالتالي على استهلاكه للأوكسيجين ومعدل نشاطه، وكذلك على درجة احتماله لمستويات الأمونيا وثاني أوكسيد الفحم. يمكن للتغير المفاجئ في درجة الحرارة أن يكون مصدر إجهاد للسمك كما يمكن أن يسهل تَفَشِّي المرض. إنه من الأهمية بمكان إدراك:

- أن درجة حرارة الماء في المناطق الشاطئية تتأثر بتدفق المياه العذبة من الجداول والأنهار التي تتأثر بدورها بتغيرات الهطول المطري الفصلية.
- أن المدى الحراري يكون أكبر في المياه الضحلة.
- أن الإشعاع الشمسي يُمتَصُّ من قِبَلِ الأمتار القليلة العليا من الجسم المائي المُستقبِل له. وإن خلا الأمر من أسباب الخلط، فسوف يَتَنَضَّدُ الماء حرارياً وستتباين درجة حرارة عمود الماء بشكل كبير اعتباراً من سطح القفص إلى قعره.

درجة الملوحة

الملوحة هي كمية الأملاح المنحلة في الماء، ويعبر عنها عادة بالجزء في الألف (ppt أو ‰).

تؤثر مستويات الملوحة غير المناسبة على التغذية ومعامل تحويل الغذاء (FCR) وعلى نسبة النمو النوعي (SGR).

إن الاختلافات الكبيرة في درجة الملوحة تسهم في إضعاف الجهاز المناعي للسمك المربى وتجعله أكثر عُرضةً للإصابة بالكائنات الطفيلية والأمراض الأخرى.

تعتبر الأهوار مواقع تحدث فيها غالباً اختلافات في درجة الملوحة، لذا يتوجب تَجَنُّبها إن كان النوع السمكي المُسْتَزرَع حساساً للاختلافات في المعايير البيئية النوعية.

درجة الحموضة *pH*

إن مستوى pH هو مقياس للحموضة. يتمتع الماء العذب النقي بقيمة محايدة لدرجة الحموضة (قريبة من 7.0 عند درجة حرارة 25 °م). تشير القيم التي تقل عن 7 إلى التفاعل الحامضي بينما تشير القيم الأعلى من 7 إلى التفاعل القاعدي أو القلوي. تُعَرَّف درجة الحموضة pH أنها اللوغاريتم العشري السلبي لتركيز شوارد الهيدروجين في محلول معين.

إن لمياه البحر وقائية كبيرة تجاه الاختلافات في pH، وهي لذلك تبقى في مجال 8.0–8.2.

في المياه العذبة، يمكن أن تحدث اختلافات في درجة الحموضة نتيجة لهطول أمطار حامضية. ففي المناطق المعرضة لمثل هذه الأمطار الحامضية قد يحدث انخفاض في درجة الحموضة pH في أواخر أشهر الشتاء حين تتدفق مقادير كبيرة من الثلوج الذائبة لترفد الأجسام المائية المجاورة.

الأمراض

إن بعض العوامل المُمرِضَة موجود في البيئة، ولاسيما إن كان الموقع موجوداً في منطقة ملوثة (في الموانئ مثلاً أو على مقربة من مصارف صحية غير مُعالَجَة أو في أحواض مغلقة فقيرة بفرص تجدد المياه). غالباً ما تقترن الأمراض الجرثومية (البكتيرية) بالمياه ذات النوعية الفقيرة.

تُؤوي بعض المواقع أحياناً أحياء مُضيفَة انتقالية أو مُضيفات مُحَدَّدَة للطفيليات التي يمكنها أن تغير عائلها من سمك فطري إلى سمك مُستَزرَع. ليس من السهل تقويم هذا مسبقاً رغم أنه يمكن لمَخبَر متخصص في أمراض الأسماك أن يقدم النصح عن حالات تَفَشٍ لأمراض في مجتمعات السمك الفطري في الموقع المُستَهدَف.

العكارة

يجب وضع المزارع في مناطق ذات مياه نقية نوعاً. من المفضل أن تكون المواد الصلبة المعلقة أقل من 5 ملغ/ليتر ويجب ألا تتجاوز 10 ملغ/ليتر، فالماء العَكِر لا يصلح لتربية الأسماك للأسباب الرئيسة التالية:

- تسهم جُسَيمات الطمي في المياه العكرة في الانسداد الحيوي النَّتِن للشباك، فهي إذ تترسب على الشباك تُسَرِّع من انسدادها من خلال تأمين مرتكز لنمو مُتَعَضِّيات الانسداد الحيوي النَّتِن.
- إن عدم تمكن السمك من رؤية الغذاء ينعكس على فعالية الغذاء. كما أن بعض الأسماك لا يُقبِل بشكل مناسب على الغذاء في الماء العَكِر.
- يمكن أن تتسبب الكميات الكبيرة من جُسَيمات الطمي في سد غلاصم (خياشيم) السمك مسببة حالات نفوق ناجمة عن الاختناق.

غالباً ما تنجم العكارة عن سيول من الأرض أو من تيارات أو أمواج تُثيرُ رواسبَ الطمي من على مُرتَكَزاتها.

تأثير العوامل البيئية على بُنى المزرعة

إلى جانب العوامل التي يمكن أن تؤثر على السمك المستزرع، على المرء عند اختيار الموقع أن يأخذ أيضاً بالاعتبار العوامل التي يمكن أن تؤثر على إنشاءات الأقفاص وعلى الحواجز وعلى الإشارات البحرية. فمن الحيوي النظر في العوامل التالية لدى اختيار أنموذج القفص ولدى تصميم منظومة الإرساء وبنائها وكذلك لدى اختيار قارب الخدمة:

- قياس الأعماق أو عمق الموقع (أي تضاريس قاع البحر والخطوط الكُنتورية للأعماق)؛
- سرعة التيار واتجاهه؛
- الرياح؛
- ارتفاع الموج وفترته؛
- قاع البحر (أي شكل القاع)؛
- حوادث العواصف والأعاصير.

قياس الأعماق

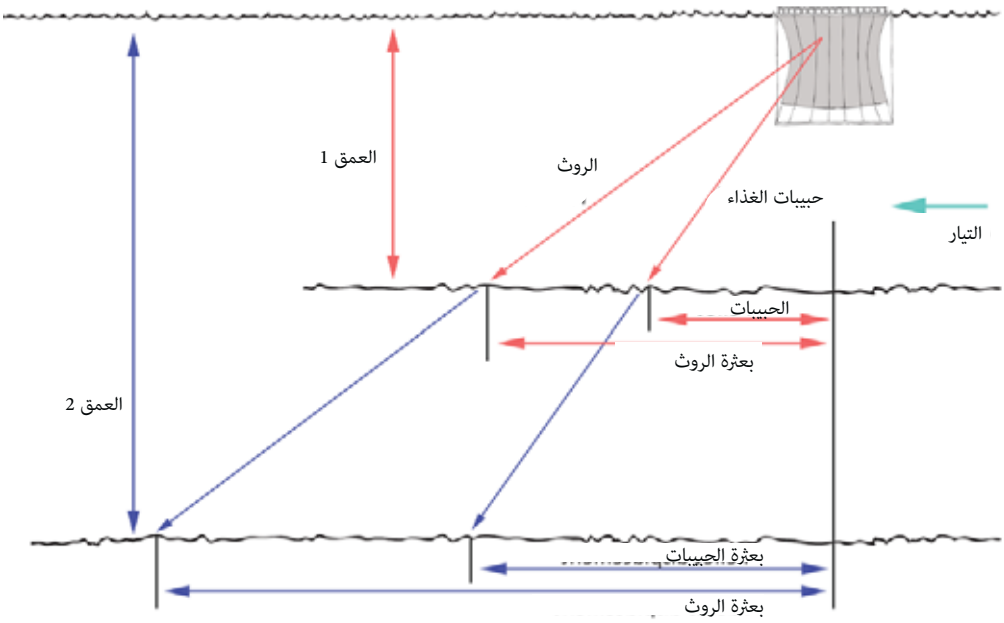
يمكن لعمق المياه، مقترناً بمتوسط سرعة التيار واتجاهه، أن يحدد تركيز رواسب الفُضالات في المنطقة المحيطة بالأقفاص (انظر الشكل 4).

يمكن أن يكون للعمق أيضاً التأثيرات التالية:

- طبعة قدم المزرعة: كلما ازداد عمق الماء يتوجب أن تكبر طبعة قدم المزرعة، ذلك أن طول خطوط الإرساء تساوي عادة ثلاثة إلى خمسة أمثال عمق الموقع.
- تصميم نظام الإرساء: قد يؤثر عمق الموقع على التجهيزات والمواد المستخدمة للإرساء، بما في ذلك مقاييسها.
- الغوص التفقدي: إن الغوص لأعماق تزيد عن 50 متراً سيضيف مشكلة للغواصين المحترفين الذين سيحتاجون تدريباً خاصاً ومعدات مهنية مرتفعة الثمن للعمل على أعماق أكبر. وعلى الرغم من أن معاينة المُرتَكَز ليست إجراءً روتينياً فإنه يجب النظر في هذه المسألة عند اختيار الموقع.
- عمق شبك القفص: كمقياس تقريبي وبما يتوقف على سرعة التيار، يجب ألا يتجاوز عمق الشبك ثلث عمق الموقع على أن يُترَك 15 متراً على الأقل بين قعر الشبك وقاع البحر (عند أدنى مستوًى للجزر)، ذلك لإتاحة المجال لتَبَدُّدٍ أبعد وأفضل لجُسَيمات فُضالات القفص. وهكذا فإن الموقع الضحل يفرض استخدام شباك قصيرة وسيكون حجم القفص بالنتيجة أصغر مما يمكن أن يكون عليه في مواقع أعمق.

الشكل 4

تأثير العمق في بعثرة الفُضالات الصلبة على قاع البحر تحت الأقفاص



ملحوظة: إن لحبيبات الغذاء غير المأكولة كثافة تفوق كثافة الروث، لذا فإن بعثرة الأولى ستقتصر على رقعة أصغر. وبافتراض تيار ثابت، كلما ازداد عمق الموقع كلما كبرت فاعلية البعثرة لكل من الحبيبات غير المأكولة وروث السمك.

خلال مرحلة تكوين المشروع يجب دراسة عمق المياه من خلال خرائط بحرية ومن ثم يجب التأكد منه بدقة من خلال استقصاء حقلي واسع. يُعَدُّ إجراء مقاطع عرضية للأعماق طريقة جيدة لمسح المنطقة وإيجاد الموقع الأكثر ملاءمةً والذي يجب أن يكون، بقدر ما يمكن، مسطحاً مستوياً خالياً من الصخور والتَّشَكُّلات المرجانية التي قد تشكل نقاط تمزيق لمنظومة الإرساء.

يمكن أيضاً تنفيذ مسح الموقع بالاستعانة بماسحة مخصصة للأعماق (مثلاً الماسحة المحمولة 3D OLEX) التي يمكنها تقديم معلومات شاملة وتفصيلية حول خصائص قاع البحر.

في كثير من الأحوال يكون فعل الموج في المياه الضحلة (إن لم تكن محمية) أكثر حِدَّةً. فالمياه الأكثر ضحالة تشهد أمواجاً أعلى. وقد يكون الموقع الضحل عُرضةً لظروف موج هائج وهو بالتالي يتطلب شبيكةً مُهَنْدَسَةً لإرساءٍ أقوى مما تتطلبه مواقع أعمق. كما تزيد مثل هذه الظروف من احتمال الإضرار بمخزون السمك ضمن الشبك.

تنويه: إن في إنشاء منظومة قفصية شديدة القرب من الشاطئ أنموذج للخطر الخفي الكامن سواء من حيث نوعية المياه أم القوى المؤثرة فيها.

سرعة التيار واتجاهه

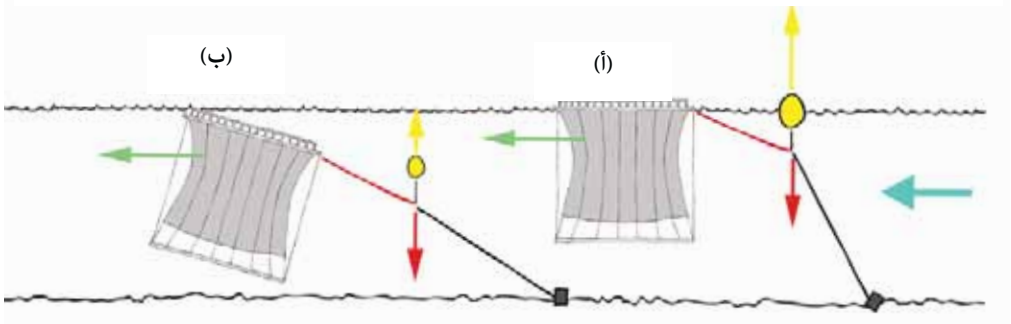
إن لسرعة التيار تأثيراً مباشراً على الأقفاص كون تلك السرعة تمثل 70 في المائة إلى 75 في المائة من مجمل القوى المؤثرة في مزرعة قفصية أنموذجية متوسطة الحجم (ذات طاقة إنتاجية بين 000 3–000 4 طن/عام)، فهي ذات أثر على:

- التبادل المائي ضمن القفص (الأقفاص)؛
- تشتت الغذاء؛
- أوزان شبك القفص ومُغْرِقاتِه؛
- تحركات القفص ونقل السمك؛
- شكل الشبك والأحجام المتاحة للتربية؛
- عمليات الغوص؛
- مسافة تبعثر المصروفات الصلبة.

يتوجب أخذ سرعة التيار بالاعتبار عند تصميم منظومة إرساء القفص. تُحَدَّد أحجام العوامات المُعوِّضَة تبعاً لسرعة التيار المتوقعة المسجلة في الموقع (الشكل 5)، شأن العوامات شأن مقاييس كل من مكونات منظومة الإرساء. تولِّد الشباك قوى مقاومة شديدة بسبب المساحة الكبيرة. وعند فَرْط انسداد الشباك بالنَّتَن الحيوي تصبح بمثابة حاجز أصم تجاه التيار مسببةً زيادةً في العبء المترتب على منظومة الإرساء مع احتمال تجاوز حدود حمولتها الوزنية.

الشكل 5

التأثير المُحتَمَل لقوى سحب التيار المؤدية إلى غمر أقفاص عائمة



ملحوظة: عندما يكون قفص ما معرضاً لتيار (السهم الأزرق)، ستولِّد الشباك قوةَ شدٍ (السهم الأخضر) التي سوف تُطَبَّق على منظومة الإرساء. وستتعرض طافيات منظومة الإرساء (المعروفة باسم طافيات الإرساء) إلى حاصلِ شدٍ باتجاه الأسفل (الأسهم الحُمر) ناجمٍ عن الفعل التراكمي للقوى على المِكبَح (الخط البرتقالي) وعلى خطوط الإرساء (الخط الأسود). هذه القوى المتجهة للأسفل تتعارض مع قوى الطفو المتجهة للأعلى (الأسهم الصُفر) (القفص (أ)). إن كانت الطافيات صغيرة للغاية (القفص (ب)) تصبح قوى الطفو أصغر من القوى المتجهة للأسفل وستصبح الطافية وطوق القفص مغمورين في حالات التيار الشديد.

تختلف السرعة المثلى للتيار تبعاً للنوع المُستَزرَع ومدى عين size mesh شباك القفص. تتراوح السرعة المثلى للتيار بالنسبة للمزارع القفصية في البحر المتوسط عموماً بين 10–20 سم/ثانية على ألا تتجاوز 60 سم/ثانية. أما في تربية سمك السالمون salmon تُصبح السرعة المثلى الموصى بها 25–50 سم/ثانية والسرعة القصوى 75 سم/ثانية. تتطلب المقاييس النرويجية NS9415 حداً أدنى قدره 50 سم/ثانية لاحتساب حجم منظومة الإرساء والعناصر الواجب استخدامها.

من الواجب أيضاً الأخذ بالاعتبار الاتجاه السائد للتيار، إذ أن ذلك يحدد بقعة تجمع الفُضالات المطروحة. إن مزرعةً أُحسِنَ اختيارُ موقعها تأخذ بعين الاعتبار مواضع الموائل الحساسة فيما يتعلق بالموقع واتجاهات التيار.

تُنشَر عادةً معطياتٌ حول التيارات في خرائط ملاحية موضوعية و/أو تُتاح من قِبَل السلطات البحرية (مثلاً القوى البحرية، حرس السواحل، وزارة الأسطول التجاري). بالإضافة لذلك، يوصى بشدة بنشر طافيات للتيار (مثلاً Nortec Doppler profiler) لكل موقع للحصول على تفاصيل نوعية لموقعٍ بِعَينِهِ للتيقن من معطيات الخرائط. يمكن جمع معطيات حول التيار لعدة دورات قمرية ومن ثم استقراؤها تقديرياً بشكل تراجعي على فترة من 50 عاماً.

الرياح

تعادل الرياح قرابة 5–10 في المائة من إجمالي القوى المؤثرة في منظومة الإرساء، وتزداد تلك النسبة في حال استخدام قوارب للتعليف. يمكن للرياح أن تكون ذات تأثير مباشر على الأقفاص ونشاطها من خلال إحداث تمزق في شبك القفز، واضطراب في القوارب المبحرة حول المزرعة، وبعثرة لحبيبات الغذاء خارج الأقفاص. على سبيل المثال، إن قفصاً بلاستيكياً مستديراً قطره 30 متراً ذا شبك قفزٍ ارتفاعه 1 متر يُبدي قُرابة 40 م^2 من السطح المعرض للرياح. وفي حال رياحٍ سرعتها 40 عقدة يمكن أن يكون قفصٌ مفردٌ كهذا عُرضَةً لضغط رياح قدره 5 أطنان (اتصال شخصي مع R. Turner, Seawork Ltd).

يمكن للرياح أيضاً أن تكون ذات تأثير غير مباشر على الأقفاص، وذلك من خلال التيارات الموجهة بالرياح والتيارات الناشئة عن الرياح.

تكون المعطيات عن الرياح متوفرة عادة لدى سلطات المناخ، ويمكن تحليلها وتلخيصها في «وردة الرياح» (انظر الشكل 6). إن وردة الرياح هي أداة بيانية تخطيطية تُسَجَّل فيها المعطيات الإحصائية لسجلات الرياح في موضع معين. وهي تقدم معلومات عن السرعة والاتجاه وحالات حدوث الرياح المُراقَبَة.

تقاس الرياح عادة بالعقدة وبالميل في الساعة (ميل/ساعة) أو الكيلومتر في الساعة (كم/ساعة) ولكن التصنيف الغالب استخدامه هو سُلَّم بوفور (الجدول 6)، حيث يمثلُ سلمٌ من 1 إلى 12 مجالاً لشِدَّة الرياح المحتملة وأحوال البحر اللاحقة.

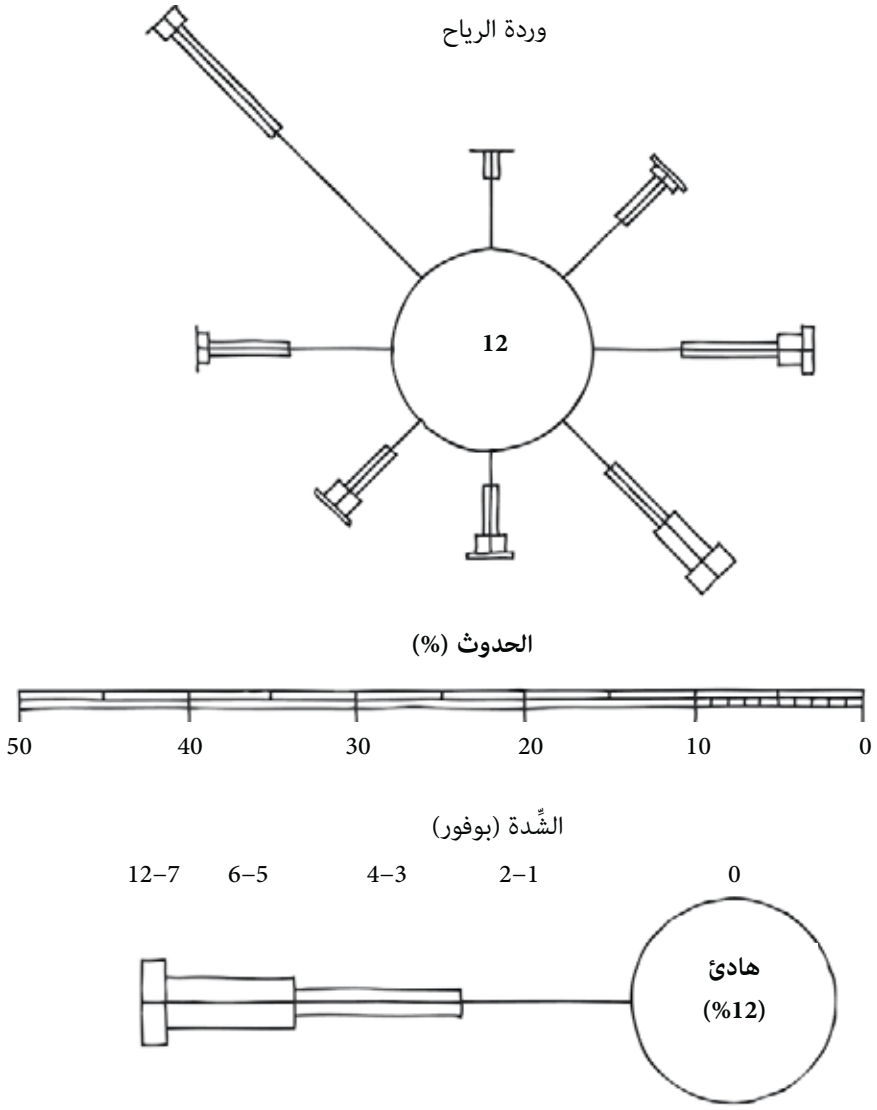
الأمواج

تُعتَبَر الأمواج مسؤولة عن قرابة 20–25 في المائة من إجمالي القوى المؤثرة على الإرساء وعلى التجهيزات في مزرعة أقفاص أنموذجية متوسطة الحجم (000 3–000 4 طن/سمك/عام). ثمة خمسة عوامل تدفع إلى تَشَكُّل أمواج ناشئة عن الرياح:

- سرعة الرياح،
- مدى الريح (المياه الحرة التي هبت الرياح عبرها)،
- عرض مدى الريح،
- الفترة الزمنية التي هبت خلالها الرياح عبر منطقة معينة،
- عمق المياه.

يتضافر فعل هذه العوامل كلها في تحديد حجم الأمواج. وكلما كبر أي من تلك المتغيرات كلما كانت الأمواج أكبر (باستثناء العمق كما هو مبين أدناه). تؤثر التيارات أيضاً بشكل غير مباشر على تشكل الأمواج، إذ أن الرياح المعاكسة للتيارات تُوَلِّد أمواجاً أقصر وأكثر ارتفاعاً.

الشكل 6
تمثل وردة الرياح المشاهدات التاريخية للرياح في موقع معين



ملحوظة: إن في كل ذراع تمثيلٌ بياني لسرعة الرياح واتجاهها (شمال، شمال شرق، شرق، جنوب شرق، جنوب، جنوب غرب، غرب، شمال غرب). يُمَثَّلُ طولُ الذراع الحدوثَ في نسبة مئوية من المشاهدات، وتمثلُ ثخانتُهُ فئات شدة الرياح معبراً عنها بالبوفور (انظر الجدول 6).

مقاييس الأمواج وخصائصها (الشكل 7):

- ارتفاع الموجة: مقاساً من الدَّرْك إلى القمة (أمتار)،
- طول الموجة: مقاساً بين قمتي موجتين متتاليتين (أمتار)،
- فترة الموجة: الفترة الفاصلة ما بين وقت وصول قمتين متعاقبتين إلى نقطة ثابتة (ثوانٍ)،
- اتجاه توالد الموجة: اتجاه توالد الموجة مقاساً بالدرجات اعتباراً من الشمال الحقيقي (°0)، متزايداً باتجاه عقارب الساعة.

تؤدي حركة الأمواج عبر سطح البحر في المحيط العميق إلى حركة شبه دائرية للجسيمات المائية، تدعى دوارات (الشكل 8). يتضاءل حجم الدوارات وتضعف تحت السطح تدريجياً بتزايد العمق حتى إذا بلغ العمق نصف طول الموجة انعدم بعده وجود الدوارات في المستويات الأدنى. عندما تقترب الأمواج من الشاطئ إلى أعماق تقل عن نصف طول الموجة يصبح بإمكان الدوارات أن تلامس القاع. إن الاحتكاك بين القاع وحركة الدوارات يُبَدِّد طاقة الموج. يعتمد حجم التبدد أساساً على سرعة الدوارات ومدى وُعورة قاع البحر. فعندما تصل دوارات موجة ما إلى

الجدول 6
قيم سُلَّم بوفور وأوصافها

الشدة (سلم بوفور)	السرعة المعادلة			الوصف	خصائص للاستخدام في البحر
0	1–0	1–0	1–0	هادئ	–
1	3–1	3–1	5–1	هواء ناعم	تشكل تَمَوُّجات مع ظهور تَدَرُّجات ولكن دون قِمَمٍ مُزبِدَة.
2	7–4	6–4	11–6	نسيم ناعم	مويجات صغيرة تبقى قصيرة ولكن أكثر وضوحاً. تأخذ القمم مظهراً زجاجياً.
3	12–8	10–7	19–12	نسيم لطيف	مويجات كبيرة. تبدأ القمم بالتكسر. زبد زجاجي المظهر.
4	18–13	16–11	28–20	نسيم معتدل	موجات صغيرة، تصبح أكبر، متكررة باعتدال، أحصنة بيضاء.
5	24–19	21–17	38–29	نسيم منعش	موجات معتدلة، تأخذ شكلاً أشد وضوحاً وطولاً، فتتشكل عديدٌ من الأحصنة البيضاء. فرصٌ لبعض الرذاذ.
6	31–25	27–22	49–39	نسيم قوي	تبدأ موجات كبيرة بالتشكل، القمم المُزبِدَة أكثر انتشاراً في كل مكان. يحتمل حدوث بعض الرذاذ.
7	38–32	33–28	61–50	رياح غير هوجاء	يتكدس البحر ويبدأ الزبد الأبيض من الأمواج المتكسرة بالتطاير في سلاسل باتجاه الريح.
8	46–39	40–34	74–62	رياح هوجاء	أمواج معتدلة الارتفاع أشد طولا، تبدأ حواف القمم بالتكسر ً إلى رُشاش. الزبد يتطاير في سلاسل متمايزة.
9	54–47	47–41	88–75	رياح عاتية	أمواج عالية. سلاسل كثيفة من الزبد مسايرة لاتجاه الريح. تبدأ قمم الأمواج بالسقوط والشقلبة والتدحرج.
10	63–55	55–48	102–89	عاصفة	أمواج عالية جداً ذوات قمم متدلية. رقع كبيرة من الزبد تتطاير في سلاسل بيضاء كثيفة باتجاه الريح. يأخذ سطح البحر بكامله مظهراً أبيض. تداعي البحر يضحي أكثر ضخامةً فيما يشبه الأكوام. جلاء الرؤية مُتَأثر.
11	72–64	63–56	117–103	عاصفة هوجاء	أمواج عالية استثنائياً (يمكن أن تغيب السفن الصغيرة والمتوسطة الحجم عن النظر لفتراتٍ خلف الأمواج). السطح مغطى برقع بيضاء كبيرة من الزبد ممتدة باتجاه الريح. حواف قمم الموج في كل مكان تتطاير إلى الخارج. جلاء الرؤية مُتَأثر.
12	83–73	71–64	133–118	إعصار	الهواء مليء بالزبد والرذاذ. البحر أبيض كلياً مع رذاذ مندفع بعنف، وضوح الرؤية مُتَأثر بشكل كبير.

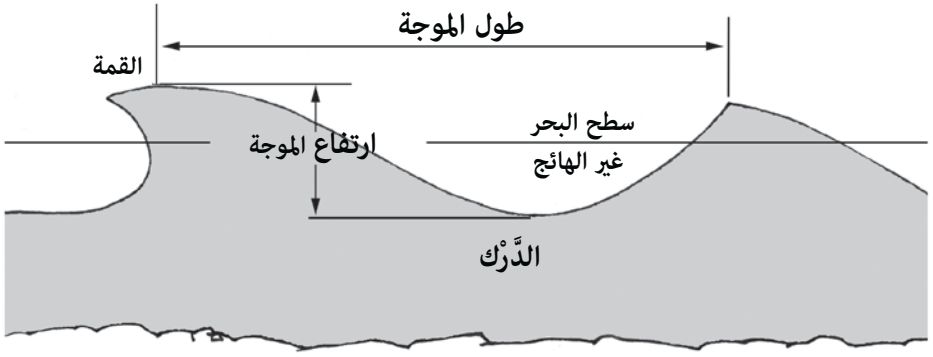
المصدر: Kemp, 2011

القاع يعلو مستوى الموجة ثم تنهارُ موجةً متكسرةً على الشاطئ. هذه التأثيرات القاعية على الأمواج تُفسر كيف تكتسب الأمواج ارتفاعاً أعلى وانحداراً أشد وتصبح أكثر تدميراً باقترابها من الشاطئ.

يُعَبَّر عادة عن الارتفاع المُمَيِّز للأمواج على مدى فترة زمنية معينة بالارتفاع الهام للموجة (SWH أو Hs) معبراً عنه بالأمتار. Hs × 1.9 يعطي الارتفاع الأعظمي للموجة على مدى الفترة المحددة.

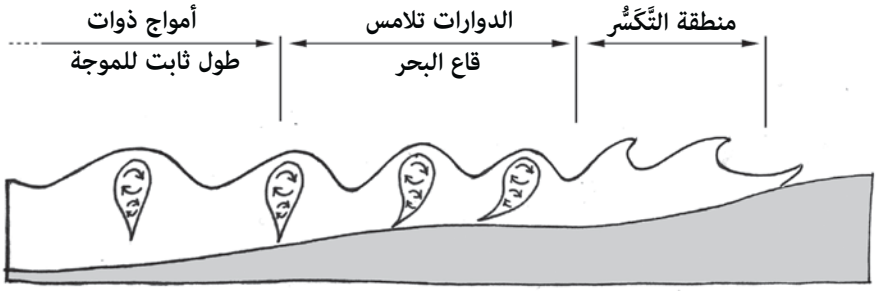
بافتراض قياس ارتفاع عدد من الأمواج، يمثل الشكل 9 معدل الارتفاع (من الدَّرْك إلى القمة) لأعلى ثلث تلك الأمواج في مدة محددة (تُختار عادة في المجال من 20 دقيقة إلى 12 ساعة).

الشكل 7
قمة الموجة ودَرْكها وطولها



المصدر: (منقح) The COMET® Program – http://meted.ucar.edu/

الشكل 8
دوّارات الموجة وتأثير العمق على سلوك الموجة



ملحوظة: مع تناقص العمق تلامس الدوارات قاع البحر ويتناقص كل من طول الموجة ومدتها، في حين يتزايد انحدارها. في منطقة التَّكَسُّر تنهار الأمواج.

المصدر: (منقح) The COMET® Program – http://meted.ucar.edu/

معايير أخرى لقياس الموج:

- فترة الموجة السائدة، بالثواني، هي الفترة الفاصلة ما بين الموجات ذوات الطاقة القصوى. فهي في مدة معينة: الوقت بين موجتين من أعلى الموجات طاقةً.
- متوسط فترة الموجة، بالثواني، من الموجات كلها خلال مدة 20 دقيقة.
- الاتجاه الذي تأتي منه أمواج فترة الموجة السائدة. الوحدات هي الدرجات من الشمال الحقيقي المتزايدة باتجاه عقارب الساعة، حيث يأخذ الشمال درجة 0 (الصفر) والشرق 90 درجة.

المدى هو المسافة التي تهب عبرها الرياح في اتجاه ثابت وبسرعة ثابتة. وفي حين أن سرعة الرياح هي العامل المطلق المُحَدِّد لنمو الموج، فالنمو هو أيضاً مُحَدَّد بحجم منطقة المدى. إن حجم المدى مقيد أساساً بالكتل الأرضية.

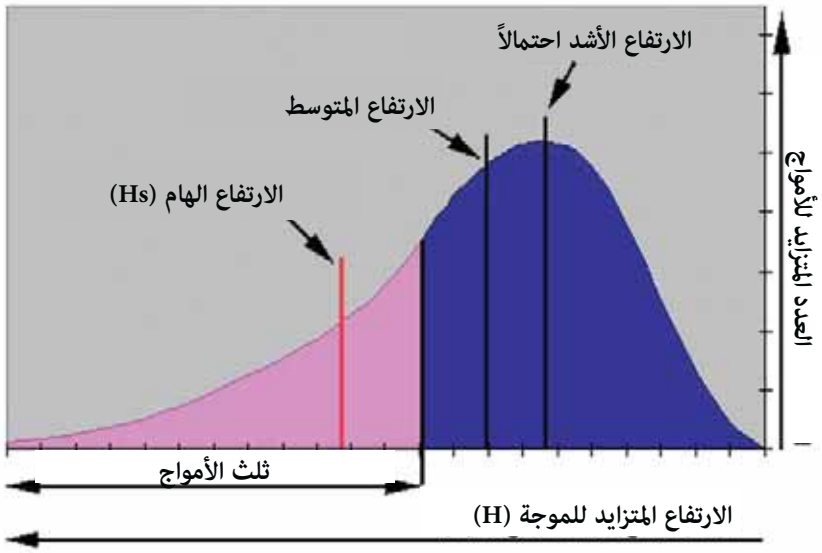
ثمة أمواج مُوَلَّدَة أصغر تتشكل من أطراف منطقة المدى، في حين يُحدِثُ اتجاه الرياح السائدة أمواجاً أكبر تنتشر من نهاية اتجاه رياح المدى.

في منطقة الموقع المختار يمكن احتساب المدى بالدرجات وبطول المدى والذي هو بعد الموقع عن الشاطئ الأقرب.

وبالتحديد ثمة تعريفان مختلفان للمدى:

- المدى الجغرافي: طول المياه التي يُحتَمَل أن رياحاً معينة قد عصفت عبرها،
- المدى الفعال: طول المنطقة التي عصفت عبرها فعلاً رياح معينة.

الشكل 9
التوزع الاحصائي للموجة في فترة معينة



ملحوظة: الارتفاع الهام للموجة هو متوسط ارتفاع أعلى الموجات التي عددها يعادل ثلث عدد الموجات التي قيست في فترة معينة.

الجدول 7 يقدم مثالاً عن العلاقة بين الأمواج والرياح وطول المدى.

الجدول 7
مثال عن فترة الموج الهام المحسوبة وفترة الأوج المحسوبة في سرعات مختلفة للرياح وطول فعال للمدى

سرعة الرياح (متر/ثانية)	الطول الفعال للمدى					
	3 كم		10 كم		30 كم	
	الارتفاع الهام للموجة (Hs) (م)	فترة الموجة الأوج (ثانية)	الارتفاع الهام للموجة (Hs) (م)	فترة الموجة الأوج (ثانية)	الارتفاع الهام للموجة (Hs) (م)	فترة الموجة الأوج (ثانية)
10	0.3	2.1	0.6	3.1	1.1	4.4
20	0.8	2.8	1.5	4.1	2.5	4.9
30	1.4	3.3	2.5	4.9	4.4	7.1

المصدر: المقاييس النرويجية، 2009

قاع البحر

من الواجب استقصاء خصائص قاع البحر بغية تصنيف نمط الرُسابَة لدفن المرساة وتعيين هوية المجتمعات القاعية.

ستكون هذه المعلومات حاسمة في تقويم ما يلي:

- منظومة الإرساء:

– نموذج المُرتَكَز – ما إذا كان من الأفضل استخدام مرساةٍ مدفونةٍ سحباً («شفرة المحراث» أو «الرفش») أو مِرساة الحِمل الساكن (الكتل الاسمنتية المسلحة) فهذا يعتمد على خصائص قاع البحر.

– نقاط الاحتكاك المحتملة لمنظومة الإرساء – في كثير من الأحوال ومن أجل المحافظة على المرونة الضرورية لبنية القفص ضمن منظومة الإرساء في حال مناخٍ محتملٍ هائجِ الموج، يلزم استخدام خطوط إرساء طولها يزيد عن ثلاثة/أربعة أمثال عمق الموقع. إن خطوط إرساء أدنى التيار (أو تلك على الجانب غير المُعَرَّض لتيارات الرياح السائدة أو قوى شد الموج) يمكن أن تصبح رخوة جداً خلال تأثير عاصفة أو تيار على الأقفاص، وتخطس لتستقر على قاع البحر. ومع أن الطمي لا يسبب

تلفاً كبيراً فإنه يمكن للمناطق الرملية أو الصخرية التي هي على تماس مع خطوط الإرساء أن تكشطها سريعاً مسببةً تلفاً جدياً. إن استخدام المنصات العائمة غير القابلة للانضغاط، المؤمنة حتى النهاية الدنيا للحبل، أو حلقات الفولاذ القاسي المحمي (حلقات أنبوبية الشكل، انظر اللوحة 10) لوصل الحبال بالجدل أو بالتراكب، يمكن أن يقلل من المخاطر ويخفض من تكاليف الصيانة.

– مناطق نشر المرساة – قد تتطلب وعورة قاع البحر اختياراً دقيقاً لنقاطٍ مناسبةٍ لنشر المرساة، ذلك لتجنب نشر مرساة شفرة المحراث على الصخور (حيث لن تُدفَن المرساة) أو نشر الكتل الاسمنتية المسلحة على طين قاسٍ (حيث يمكن أن تُسْحَبَ الكتل عبر السطوح الزَّلِقَة).

- الموائل الحساسة (المرجان الحي، مروج الأعشاب البحرية، مهود الحضانة، الخ. ...) يجب أيضاً أن تُحَدَّد إفرادياً وتُسْقَط على خرائط. يجب اختيار موضع للمزرعة في أدنى التيار القادم من تلك الموائل، أخذاً بالاعتبار الاتجاه السائد للتيار.

حيث أن المرساة الجيدة تدفن نفسها عميقاً في قاع البحر فإنه من الهام معرفة ما يكفي عن أعماق القاع أكثر من مجرد طبقته السطحية. إن القواقع والأعشاب والطحالب البحرية قد تمنع المرساة من الثبات. مع ذلك وبمجرد اختراقها الطبقة السطحية تحفر المرساة لنفسها في الطبقات الأدنى سواء كانت طبقات رمليةً أم طميةً أم خُثِّيَّةً أم حصوية أم صخرية أم طينية، وكل منها ذات خواص تثبيت مختلفة. عادة ما يُعلَنُ عن بنية قاع البحر في خرائط بحرية باستخدام أحرف كرموز للإشارة إلى نمط قاع البحر. يعرض الجدول 8 قائمة بتركيبات محتملة لقاع البحر بالتوازي مع الرموز المناسبة المستخدمة في الخرائط البحرية.

الجدول 8
الرموز المستخدمة في الخرائط الملاحية القياسية لتبيان طبيعة قاع البحر

الرمز	طبيعة القاع	الرمز	طبيعة القاع
S	رمل	P	متجعِّد متبلور
M	طمي	St	حجارة
Cy, Cl	طين	Rk, Rky	صخر، صخري
G	حصى	Ch	طبشور
Co	مرجان	Sh	أصداف
Cb	حصى كبير	Wd	طحالب
Sn	حصى كثيف	S/M	ذو طبقتين (مثلاً رمل فوق طين)

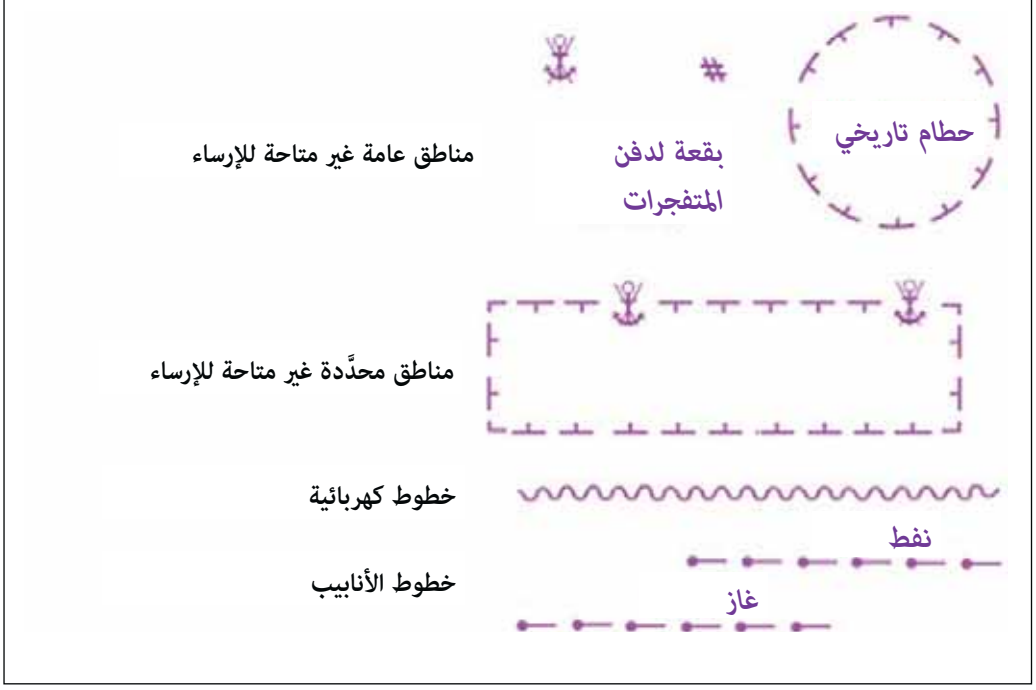
إن قيعان الطمي السميك والطين السميك والرمل السميك ستؤمن تَشَبُّثاً جيداً شأنها شأن الحصى. أما القيعان الصخرية والحجرية والمرجانية فتتطلب أثقال تثبيت (بالجاذبية) للمرساة (مثلاً كتل من الاسمنت المسلح).

قد يكون قاع البحر غير مستقر للإرساء، أو أن الإرساء نفسه قد يكون محظوراً لأسباب تخرج عن نطاق طبيعة قاع البحر، كوجود الكابلات وخطوط الهاتف أو خطوط الأنابيب، أو مناطق دفن المتفجرات أو مواقع حطام السفن التاريخية (الشكل 10). يجب الإشارة إلى هذه المُحَدِّدات على الخرائط الملاحية وإلا فمن اللازم الاستفهام من حرس السواحل عن تلك القضايا.

حدوث العاصفة والإعصار

العواصف والأعاصير الاستوائية والأعاصير الحلزونية والزوابع هي ظواهر مناخية تمثل أخطاراً ولاسيما من الرياح العاتية والأمواج الناجمة والتيارات المتولدة في البحر. وهي تحدث غالباً في الآفاق الاستوائية القائظة والمناطق المحصورة بين المدارين، ولكن قد تمتد حالات حدوثها إلى شمالي المحيط الأطلسي (الولايات المتحدة الأمريكية وكندا) وكذلك إلى شمالي المحيط الهادي، ولاسيما على الساحل الشرقي لآسيا (الصين واليابان).

الشكل 10
مفتاح بياني للخرائط البحرية يشير إلى المناطق غير المتاحة للإرساء



تُصَنَّف الأعاصير بمقياس سافير–سايمبسون Saffir–Simpson للرياح الإعصارية (الجدول 9).

إن تقويم حدوث الأعاصير في المنطقة المُنتَقاة يجب أن يجري بعناية من أجل أداءِ اختيارٍ صحيحٍ ودقيقٍ للموقع وإجراء حساباتٍ مناسبةٍ للإرساء ذلك إن عُدَّ أن أرجحية حدوث هذه الظاهرة عالية.

حيث يكثر حدوث الأعاصير يمكن النظر في اختيار نماذج مختلفة للأقفاص خلاف تلك العائمة، كالأقفاص المغمورة التي هي أكثر ملاءمةً للظروف الجوية البالغة الشدة.

الجدول 9
مقياس سافير–سايمبسون للرياح الإعصارية

الفئة	سرعة الريح	التأثير
1	33–42 م/ثانية، 64–82 عقدة، 74–95 ميل/ساعة، 119–153 كم/ساعة	رياح خطرة جداً ستسفر عن بعض الضرر
2	43–49 م/ثانية، 83–95 عقدة، 96–110 ميل/ساعة، 154–177 كم/ساعة	رياح شديدة الخطورة ستسبب ضرراً واسعاً
3	50–58 م/ثانية، 96–112 عقدة، 111–129 ميل/ساعة، 178–208 كم/ساعة	أضرار مدمرة سوف تحدث
4	58–70 م/ثانية، 113–136 عقدة، 130–156 ميل/ساعة، 209–251 كم/ساعة	أضرار كارثية سوف تحدث
5	≤ 70 م/ثانية، ≤137 عقدة، ≤157 ميل/ساعة، ≤252 كم/ساعة	أضرار كارثية سوف تحدث

المصدر: Saffir, 1973

معايير أخرى

الإمدادات

إن المسافة ما بين موقع المزرعة والخدمات الأرضية اللازمة تؤثر في نفقات التشغيل. فالمسافة المفرطة تعني:

- مدداً أطول للانتقال وبالتالي زمناً أقل للعمل في المزرعة،
- نفقات أعلى للمحروقات،
- مجازفات أكبر خلال نقل الاصبعيات.

يمكن للمسافة أن تمثل عاملاً مُحَدِّداً إن حدثت حالة طارئة في المزرعة، مثلاً في حالات الحوادث أو تلف الشباك. يجب أن يكون الزمن اللازم للاستجابة أدنى ما يمكن، لذا فالمسافة يمكن أن تمثل عاملاً مُحَدِّداً.

لا بد من تحديد البنى التحتية المتوفرة في مواقع الأقفاص بهدف تقويم إيجابياتها وسلبياتها المتعلقة بموضع الموقع. وهذه تتضمن:

- الطرقات؛
- الأرصفة البحرية / المرافئ / مصدات الأمواج؛
- الفُسحة المتاحة للعمل على اليابسة؛
- توفر المخازن والمستودعات.

الاستخدامات الساحلية الأخرى

من الواجب النظر في استخدامات السواحل كالأنشطة الجارية عليها أو المهن المختلفة لأولئك العاملين على الساحل بهدف الإقلال ما أمكن من التأثيرات السلبية المتبادلة الحاصلة مع مستخدمي الساحل الآخرين في معرض ممارسة وظائف التربية في الأقفاص. تتضمن مثل تلك المناطق:

- مناطق الموانئ أو البنى التحتية؛
- نقاط مقالب النفايات والمصارف المغمورة على امتداد الساحل؛
- المناطق ذوات الأهمية للسياحة (مقرات، شواطئ)؛
- المواقع الأثرية؛
- مناطق الصيد التقليدية؛
- الحيود الصُنعِيَّة؛
- التسهيلات الأخرى لتربية الأحياء المائية؛
- المناطق ذوات الخصوصية العسكرية.

الخرائط الملاحية

الخارطة الملاحية هي عرض بياني لمنطقة بحرية والمناطق الساحلية المتاخمة. في بعض الأحيان قد لا تكون الخرائط الملاحية متوفرة، أو تكون بعيدة عن الدِّقة، أو متاحة بمقاييس كبيرة حصراً. إن إجراء مسح للموقع في مثل هذه الأحوال أمر شديد الأهمية لتحديد النظام الأنسب للقفص وموقعه وتوجيهه.

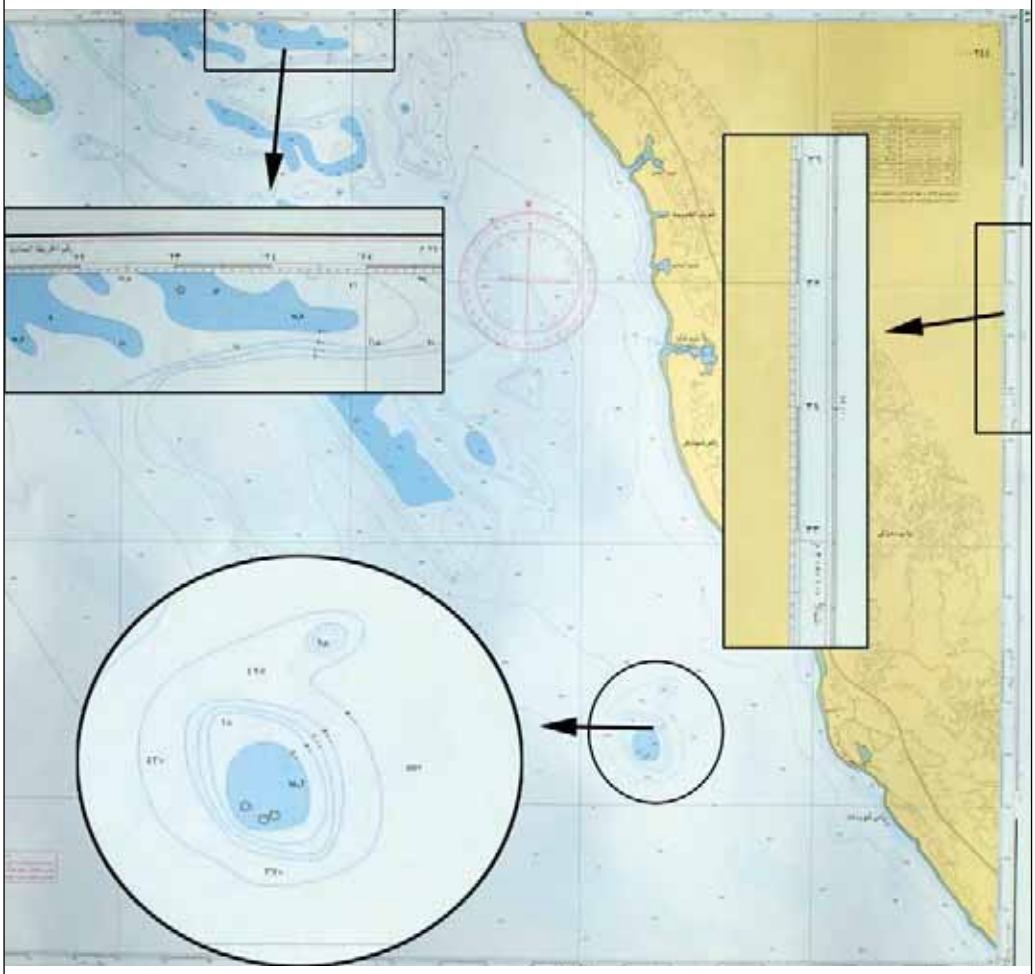
إن الخصوصية المفتاحية للخارطة هي أن يكون تصوير المناطق الأرضية/البحرية وفقاً للمقياس، ما يؤمن أداةً لقياسات دقيقة للارتفاعات والأعماق والمسافات. يُعرَّف مقياس الخارطة بأنه نسبة مسافة معينة على الخريطة إلى المسافة الحقيقية القرينة لها على الأرض/البحر.

على سبيل المثال، على خارطة ذات مقياس 1:100 000 سيكون كل سنتيمتر واحد مقيساً على الخارطة مساوياً 100 000 سم (أو 1 000 متر أو 1 كيلومتر) مقيساً على الأرض.

إن المقياس المدرج لخط العرض، المقياس الذي يمتد عمودياً ليُساير جانبي الخارطة يشير إلى الشمال والجنوب، والمقياس المدرج لخط الطول، المقياس الذي يمتد أفقياً ليُساير قمة الخارطة وأسفلها يشير إلى الشرق والغرب (الشكل 11).

إن واحداً من أكثر الاعتبارات أهمية في الخارطة الملاحية هو توصيف العمق وخصائص القاع من خلال أرقام ورموز لونية وخطوط كِفافية (كُنتورية) للقاع.

الشكل 11
عرض لخارطة ملاحية



ملحوظة: إن خطي العرض والطول موصوفان على المِسطرتين المُدَرَّجَتَين على امتداد حواف الخارطة (المستطيلان المُوَضِّحان في الصورة). تقترن الخطوط الكِفافية (الكُنتورية) للأعماق بمناطق لَونية مختلفة لتمييز مستويات العمق والضحالة (الشكل الدائري في الصورة).

الإحداثيات الجغرافية

يمثل خط العرض وخط الطول الإحداثيات الجغرافية، وإن الجمع ما بين هذين المكونين يحدد موضع أي موقع على الكوكب.

ثمة عديد من الصيغ لكتابة الإحداثيات الجغرافية، ولكن الطرق جميعها تورِد خط العرض أولاً وخط الطول ثانياً. الصيغ التالية هي طرق صالحة ومقبولة لكتابة الإحداثيات الجغرافية:

- DMS – درجات: دقائق: ثوانٍ (32°30'00" N, 12°30'00" E)
- DM – درجات: دقائق عشرية (32°30.0' N, 12°30.0' E)
- DD – درجات عشرية (32.5000° N, 12.5000° E)

تجدر الإشارة إلى أن الإحداثيات الواردة وفقاً للصيغ الثلاث أعلاه تشير إلى النقطة ذاتها على سطح الكوكب. يمكن ضبط أنظمة التموضع الجغرافي (GPS) على صيغة معينة، ولكن الصيغ الأكثر شيوعاً هي درجات: دقائق: ثوانٍ (DMS) ودرجات: دقائق عشرية (DM). من الضروري أحياناً إجراء تحويل بين هذه الطرق المختلفة لتسجيل الموقع الجغرافي. في الدقيقة الواحدة 60 ثانية، وفي الدرجة الواحدة 60 دقيقة. خط العرض الشمالي هو موجب (+)، في حين أن خط العرض الجنوبي سالب (–)، خط الطول الشرقي هو موجب (+) وخط الطول الغربي سالب (–).

3. تركيب منظومة الإرساء وشبيكة التثبيت

يتطلب تركيب المزرعة مهارات تقنية نوعية ومستوًى عالٍ من التخصص لدى العاملين المعنيين. وفي أغلب الأحوال يستفيد العمل الإنشائي من مساعدة شركات غوص أو هندسة بحرية خارجية مؤهلة.

إن الخطوة الأولى هي تحديد بقعة مناسبة من الأرض لاستخدامها كأرضية عمل وتخزين ومن الأفضل أن تكون على مقربة من الموقع المحدد للمزرعة.

تتضمن هذه المرحلة تطوير علاقة عمل مع السلطات (الموانئ أو المحافظة) والحصول على التفويضات اللازمة (لإشغال منطقة عامة، ونقل الحمولات وقطر بعض المكونات من المرفأ إلى موقع المزرعة).

يجب أن تتمتع البقعة الحرة على اليابسة بالخصائص التالية:

- مساحة كبيرة بما يكفي للسماح بتركيب القفص واستخدام الرافعة الشوكية،
- توفر الطاقة الكهربائية،
- امكانية ترك المواد والتجهيزات بأمان دون التعرض لمخاطر السرقة (إن كان ممكناً في مستودع مقفل).

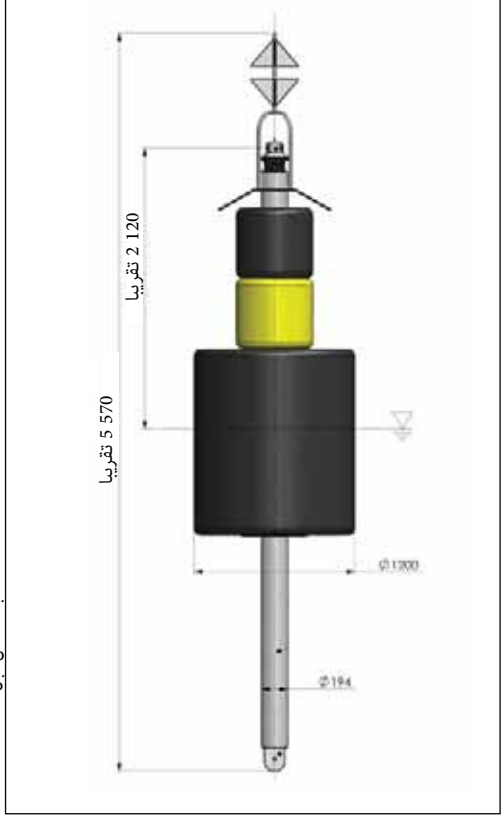
يمكن إيجاد مواقع تلبي هذه الاحتياجات في أغلب المناطق المرفئية. يجب تأمين منطقة مظللة للتجهيزات المصنوعة من النايلون (شباك، حبال، وغير ذلك.) في الحالات التي يُتَوَقَّعُ فيها إطالة أمد التخزين قبل التركيب فالأشعة فوق البنفسجية تتلف النايلون.

سوف يتم تخزين مكونات المزرعة وتجهيزاتها ومعداتها والمواد الضرورية بالكامل في تلك البقعة حيث يمكن للمرء أن يعمل بسهولة أكبر من العمل على قاربٍ أو تحت سطح الماء. تحتاج مكونات القفص أن تُرَكَّبَ على اليابسة وتحتاج لذلك مساحة كبيرة جداً.

الطوافات الملاحية

عادة ما تكون المكونات الأولى التي تُرَكَّب هي الطوافات الدَّالَّة التي تعين الحدود الخارجية للمزرعة وفقاً للترخيص. توضع طوافة واحدة في كل زاوية من موقع المزرعة (الشكل 12).

الشكل 12
رسم تِقني لطوافة ملاحية ومقاييسها (الوحدة: مم)



مجاملةً من قبل *FLOATEX SRL*

الخصائص التقنية

يتوفر في السوق طيف واسع من الطوافات الملاحية بما فيها تلك الفولاذية المغلفنة بالغمس الحار المُقَسَّى والبولي إيثيلين المُقولب. تتضمن القائمة العامة بمكونات الطوافة الملاحية ما يلي:

- الكتل الاسمنتية: تُستَخدَم واحدة من هذه المراسي لكل طوافة وبوزن يتناسب والطوافة اعتماداً على طُفُوِّ الأخيرة وخصائص الموقع، وتكون الكتلة مجهزة بحلقة فولاذية قياس 18 ملم للربط.
- سلسلة الربط الفولاذية المغلفنة: تصل السلسلة ما بين الكتلة الاسمنتية والطوافة، ويجب أن يعادل طولها 1.5 عمق الموقع ويتناسب قطرها مع حجم الطوافة.
- الأصفاد: تحتاج كل طوافة إلى صفادين أحدهما لربط السلسلة بالكتلة الاسمنتية والآخر لربطها بالطوافة.
- المِروَد: يجب أن تتمتع الطوافة بحرية الدوران حول محورها.
- الطوافة الملاحية: يجب أن تكون الطوافة شديدة الوضوح للعيان، ومجهزة بأداة عاكسة لإشارات الرادار ومنارة بحرية.

تكون المنارات البحرية الحديثة (الشكل 13) مجهزة بعديد من أضواء الصمامات الثنائية المُشِعَّة للضوء (LED) التي توفر أضواءً براقة مقابل استهلاك أدنى للطاقة. يجب أن تكون متوهجة بما يكفي لأن تُرى من مسافة بعيدة وبما يتفق والضوابط المحلية. تمتلك هذه الأنماط من المنارات سطوحاً جامعة للطاقة الشمسية لإعادة شحن البطاريات، وهي نسبياً لا تتطلب صيانة.

عادة ما تكون الطوافات الملاحية صفراء اللون، ولكن بعض المناطق تُوجِب استخدام طوافات ذوات ألوان أساسية معينة بحيث تأخذ كل طوافة تسلسلاً لونياً مختلفاً ليصار إلى تمييزها بسهولة.

الشكل 13
منارة بحرية بطول 1 م (الأعلى)، 2 م (الوسط)، 3 م (الأسفل)

تركيب المواد على اليابسة

يجب أن يتم تركيب مكونات الطوافة (الكتلة الاسمنتية، الأصفاد، السلسلة، الطوافة) على اليابسة. يُربط أحد أطراف السلسلة بواسطة صِفادٍ بعين رقعة الطوافة في القطب السفلي منها. تُحَمَّل الطوافة وسلسلتها سوية والكتلة الاسمنتية على سطح المركب. تُربط النهاية الحرة للسلسلة بعين رقعة الكتلة الاسمنتية بواسطة صِفادٍ ثانٍ.

قد تكون السلسلة ضخمةً صعبةَ المُتناوَل للتداول. إن إحدى الطرق لتداولٍ أسهل هي برزم السلسلة من خلال إيلاج حبلٍ قاسٍ في حلقات تفصل الواحدة عن الأخرى 20–30 حلقة من حلقات السلسلة كما هو موضح في الشكل 14، ما يُسفر عن عديد من الضفرات التي تقلص من طول السلسلة. يمكن استخدام هذه الطريقة لنشر أي سلسلة يأتي ذكرها لاحقاً في هذا الكُتَيِّب.

الشكل 14
يمكن أن تُحزَم السلاسل بإيلاج حبلٍ في حلقات تفصل الواحدة عن الأخرى 20–30 حلقة من حلقات السلسلة لإتاحة المجال لتداول أسهل بواسطة رافعة شوكية أو رافعة عمودية

النشر

حالما تُحدد بقعة النشر (بالاستعانة بجهاز GPS) يُزال الحبل الضام للسلسلة، ومن ثم تُتَّخَذ الخطوات التالية:

- تُنزَّل الطوافة بالرافعة إلى الماء ويبدأ المركب بالتحرك قُدُماً وهو يقطر الطوافة.
- عند بلوغ البقعة المحددة بدقة للنشر تُنشر السلسلة على سطح المركب وتُرفع الكتلة الاسمنتية بخطاف الرافعة باستخدام حبل الرفع وتُحمل خارجاً فوق الماء ثم يقطع حبل الرفع.
- سوف تغرق الكتلة الاسمنتية إلى أن تأخذ الطوافة مكانها (الشكل 15).

منظومة الشبيكة ومنظومة الإرساء

إن منظومة الإرساء المستخدمة لقفص دائري من البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE هي منظومة إرساء رباعية الشكل محمولة على قاع البحر بواسطة مصفوفةٍ من خطوط الإرساء.

إنها منظومة ديناميَّة بحيث تحافظ مكوِّناتُها كافةً على البُنى مُرساةً على قاع البحر، وهي مصممة لتُخَمِّدَ القوى الناجمة عن تحركات الأمواج.

تنقسم منظومة الإرساء إلى مجموعتين رئيستين من المكونات: خطوط الإرساء ومنظومة الشبيكة (الشكل 16):

- خطوط الإرساء وتتضمن المراسي والسلاسل الأرضية والحبال والأصفاد ذات العلاقة والطوافات.
- منظومة الشبيكة وتتضمن الحبال الإطارية (المحيطية) وطوافات الإرساء والحلقات أو الصفائح الجامعة والمكابح والأصفاد ذات العلاقة.

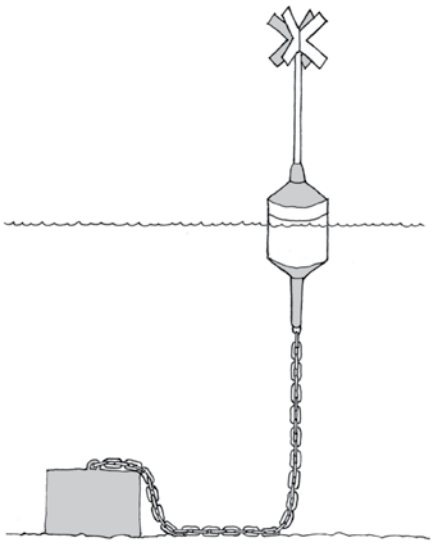
لا تُرسى الأقفاص فُرادَى في منظومة الشبيكة بل هي على العكس تُجمَعُ في ترتيب هندسي معين.

من أكثر الترتيبات الهندسية شيوعاً في مواقع عرض البحر هي تلك المؤلفة من 6 أو 8 إلى 12 قفصاً مركبة في رتلين متوازيين. تستخدم الترتيبات الهندسية الأكبر أيضاً في المواقع المحمية متضمنةً بعض الأنظمة الأكبر ولغاية 36 قفصاً في منظومة شبيكة من 3×12 قفصاً، ولكن قد تبرز مخاوفٌ من احتمال عدم كفاية الأوكسيجين وعِظَم الحمولة الإجمالية على مكونات الإرساء.

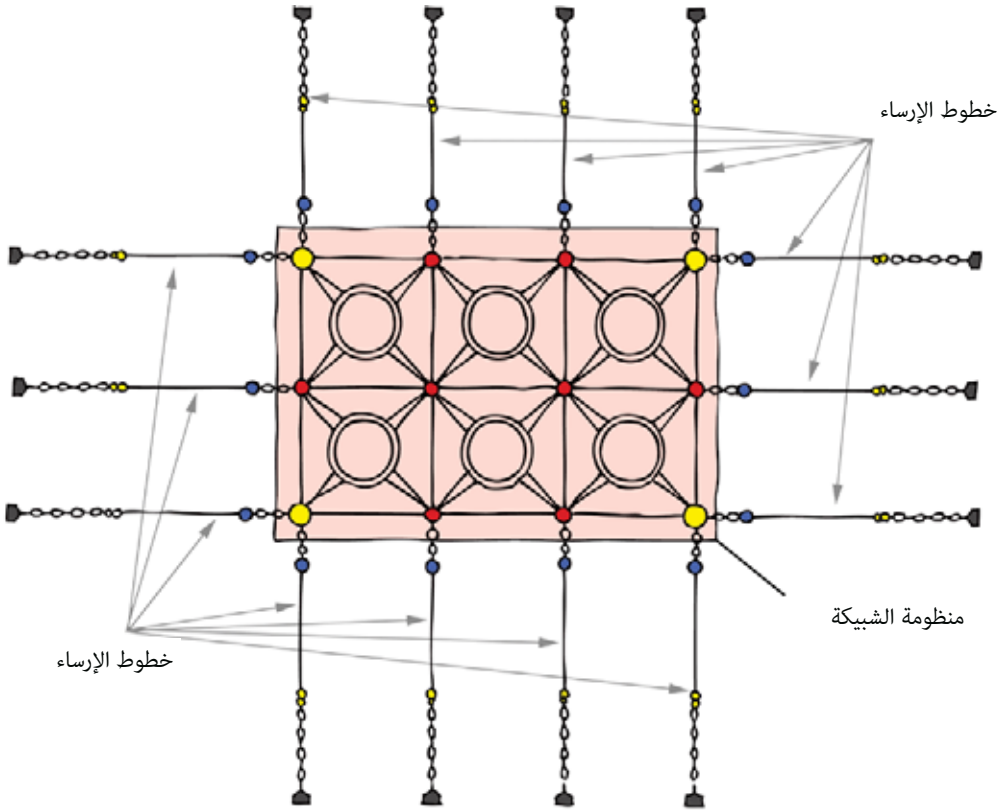
تُفَضَّل نظم الشبيكة السداسية أو الثمانية في المواقع المعرَّضَة ذوات التيارات والأمواج العاتية.

يتوقف تصميم المنظومة على عدد الأقفاص التي ستُرسَى وكذلك على عدد خطوط الإرساء. تُعتَبَرُ النسبة بين عدد الأقفاص وعدد الخطوط مؤشراً اعتيادياً على مدى أمن إرساء الأقفاص وعلى التكلفة النسبية. إن نظام تربية ذي عددٍ أقلَ من الأقفاص سيحتاج عدداً أكبر نسبياً من خطوط الإرساء بالنسبة للقفص الواحد (الجدول 10). وهذا يُفَضَّل في المناطق المعرضة بشدة، إذ أن عدداً أكبر من المراسي سوف يثبت كل

الشكل 15
مخطط إرساء الطوافة الملاحية: تُرسَى الطوافة إلى كتلة اسمنتية بواسطة سلسلة. يجب أن يمتد جزء من السلسلة على قعر البحر ليسمح بالحركة العمودية للطوافة استجابة للأمواج



الشكل 16
منظومة الشبيكة وخطوط الإرساء في أنموذج للتربية مؤلف من ستة أقفاص



قفص بشكل أكثر أمناً. من جهة أخرى، يمكن في المواقع المحمية استخدام نماذج أكبر حيث ستستفيد منظومة الإرساء من شريحة اقتصادية تتطلب عدداً أقل نسبياً من المراسي وما يتبع ذلك من نفقات تركيب أقل. إن الجدول 10 هو مجرد مؤشر ويمكن إضافة عدد آخر من الخطوط حسب الحاجة لتدعيم الترتيب الهندسي لأقفاص التربية ولاسيما تلك المتوضعة في مواقع مُعَرَّضَة.

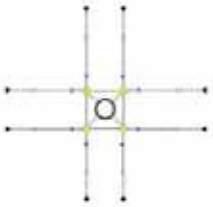
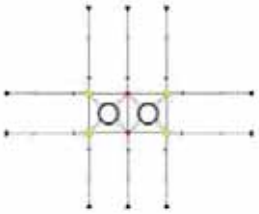
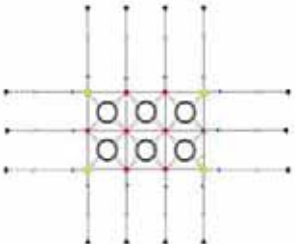
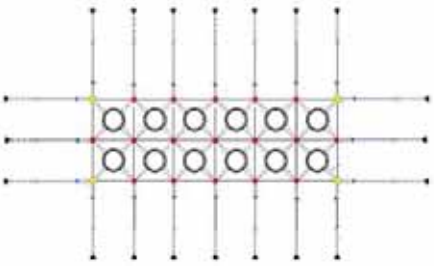
إن تضمنت منظومة الشبيكة أكثر من ثمانية أقفاص فإنه يمكن للقوى الناجمة عن التيار أو عن الأمواج أن تُعَرِّضَ الشبيكة للتوتر مُتَسَبِّبَةً في ارتخائها من الوسط (الشكل 17). لذلك إن لم يكن ممكناً خفض عدد الأقفاص فإنه يتوجب مضاعفة خطوط الإرساء الوسطى وربطها مُصالَبَةً، أي ما يتطلب تركيب مراسٍ إضافية (الشكل 18).

بالإضافة لذلك ومن أجل تدعيم نقاط زوايا منظومة الشبيكة، يمكن تركيب «مراسٍ زاوِيَّة» على جانب واحد أو أكثر (الشكل 19). إن خطوط الإرساء الإضافية هذه تخفض الجهد المترتب على زوايا الشبيكة والناجم عن التيارات والأمواج القادمة من تلك الاتجاهات.

يمكن تركيب منظومة الإرساء باستخدام طوافات إرساء مفردة أو مزدوجة. يُستَخدَم الخيار الأول أساساً في نظام الأقفاص العائمة، في حين يُستَخدَم الثاني في نظام الأقفاص المغمورة أو في حالة المواقع المتميزة بالطاقة الحركية المرتفعة.

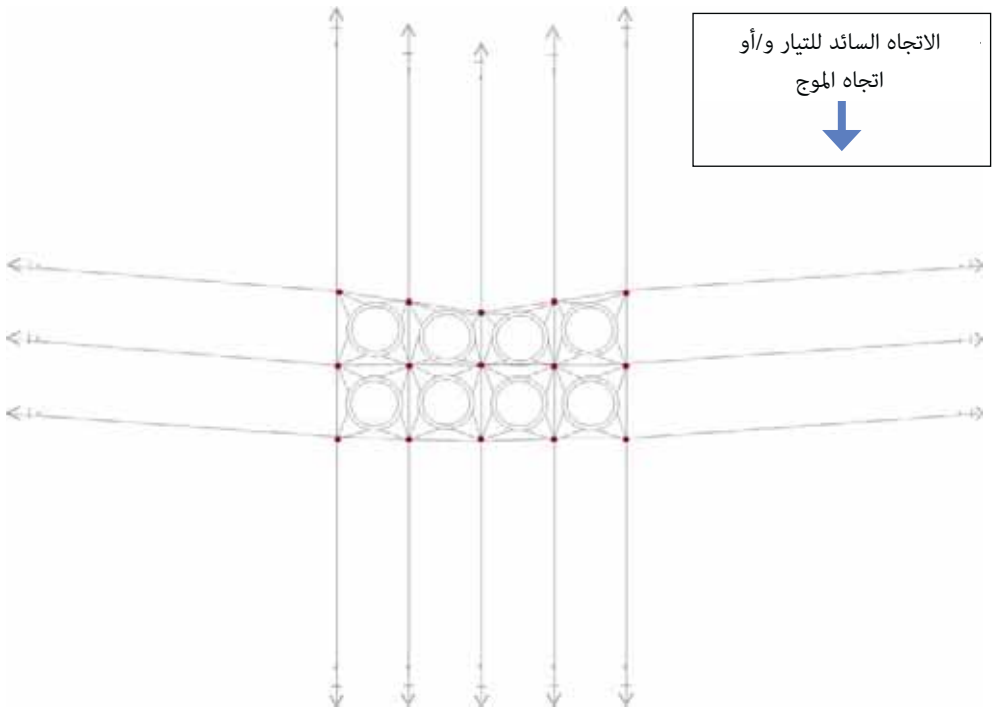
الجدول 10

منظومات الشبيكة المربعة وتُظهِر عدداً مختلفاً من الأقفاص ومن خطوط الإرساء (إن لم يتم إضافة خطوط إرساء إضافية لتدعيم المنظومة)

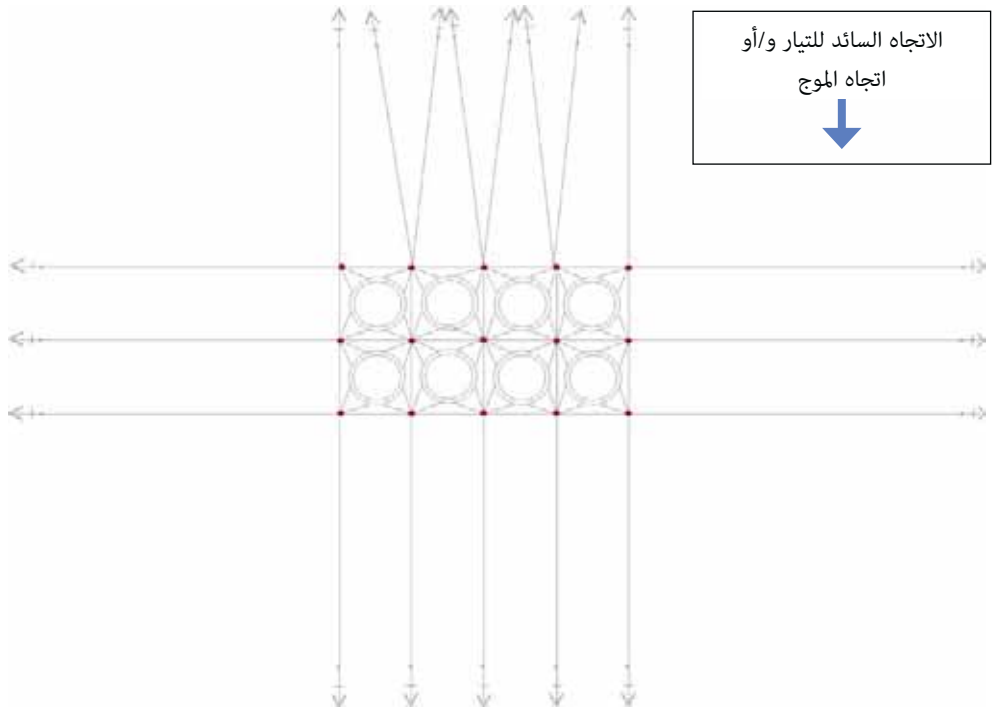
الترتيب الهندسي للمزرعة	عدد الأقفاص	عدد خطوط الإرساء	عدد خطوط الإرساء/قفص
	1	8	8
	2	10	5
	6	14	2.33
	12	20	1.66

في حالة نظام الأقفاص المغمورة، تَستَخدِم الأقفاصُ المغمورةُ الشبيكةَ كإطار للتَّعَلُّق أثناء كونها مغمورة، لذا ثمة حاجة لخط مزدوج من طوافات الإرساء (الأول على خطوط الإرساء والثاني على زوايا الشبيكة). يمكن لنظام طوافات الإرساء المزدوج أن يُستَخدَم مع الأقفاص الضخمة أو في المواقع المتميزة بالطاقة الحركية المرتفعة حيث تبرز الحاجة لمزيد من الطُّفُوّ.

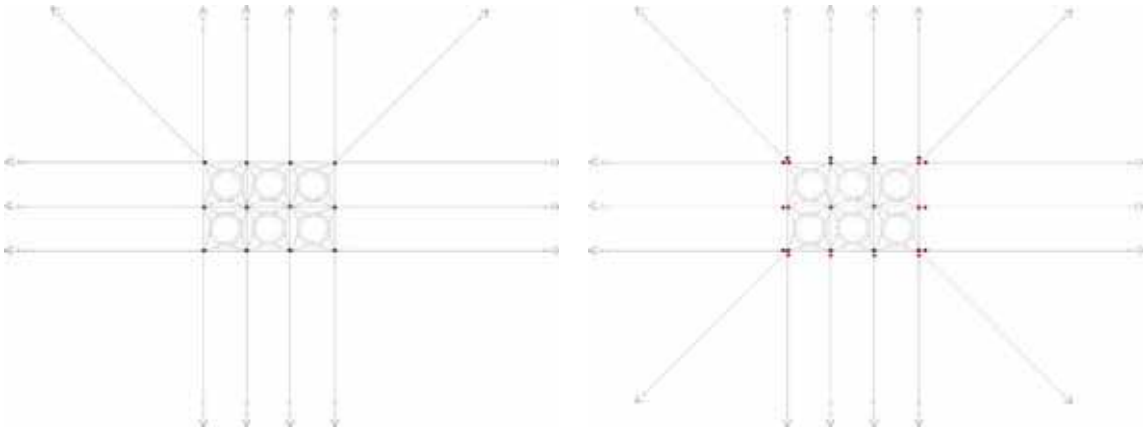
الشكل 17
منظومةُ شبيكةٍ مشوهة بواسطة القوى الناجمة عن التيار أو الأمواج



الشكل 18
منظومةُ شبيكةٍ ذات خطوطِ إرساءٍ وُسطى مُضاعَفَة



الشكل 19
منظومةُ شبيكةٍ ذات خطوطِ إرساءٍ إضافية زاوِيَّة

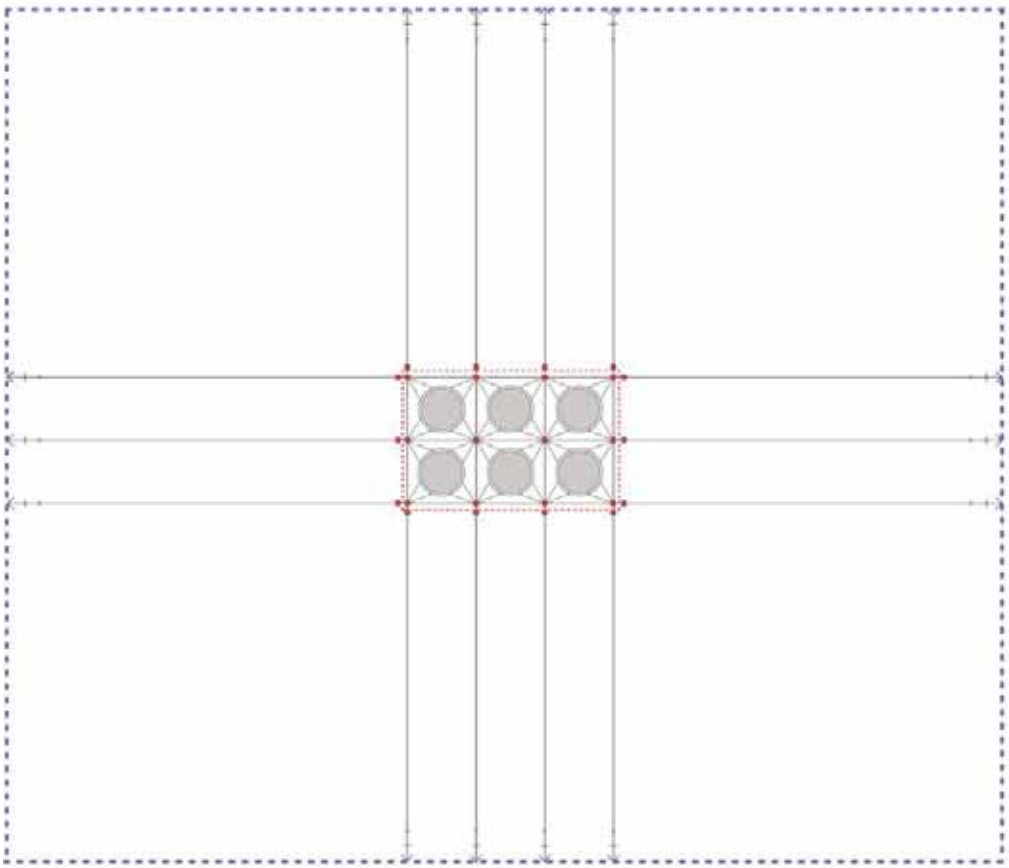


يعرض الملحق 1 أشكالاً تخطيطية وتفاصيل نظام الإرساء ذي الطوافة المزدوجة.

طبعة قدم المزرعة

تُسمَّى مساحة الرقعة التي تشغلها فعلاً منظومة مزرعة الأقفاص بطبعة قدم المزرعة (الشكل 20). إن المساحة الإجمالية لمنظومة أقفاص HDPE هي أكبر بكثير مما تبدو عليه المكونات العائمة المرئية.

الشكل 20
مساحة البقعة المشغولة بمنظومة مزرعة أقفاص



ملحوظة: مساحة البقعة المشغولة من قبل المكونات العائمة (المنطقة المنقطة الحمراء) وطبعة القدم الفعلية للمزرعة (المنطقة المنقطة الزرقاء). إن النسب مبنية على موقع مزرعة عمقه 30 متراً (وطول كل مربع من منظومته الشبيكة 30 متراً)

فالمكونات العائمة (الطوافات والأقفاص) ستشغل المساحة الأصغر من منظومة الشبيكة، في حين أن مساحةً أكبر بأشواط ستشغلها خطوط الإرساء تحت الماء.

إن هذا مهم في تقدير أبعاد البقعة المرخصة أو المستأجرة، ونطاق الأمان «نطاق منع الصيد» حول البقعة المرخصة.

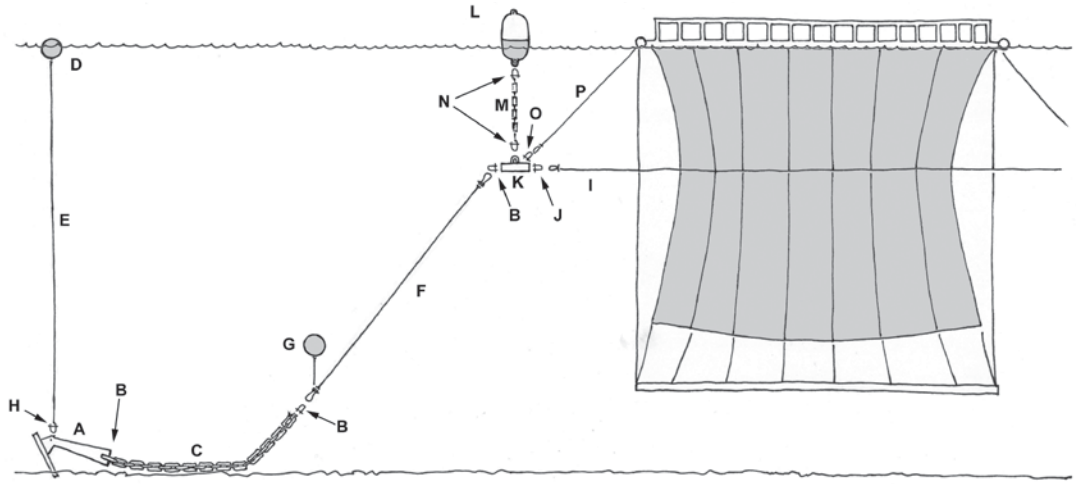
ولحساب طبعة القدم هذه، يجب استخدام خط إرساء ذي طول يعادل على الأقل 4–4.25 أمثال عمق الموقع. هذا لأن قوة الحمولة القصوى للمراسي تتولد بزاوية 9–12° بين المرساة وخط الإرساء. وهكذا فإن أبعاد منظومة الشبيكة، مُضافاً إليها 4–4.25 أمثال عمق الموقع (لكل جانب من جوانب منظومة الشبيكة) سوف تعطي الأبعاد الفعلية لطبعة القدم.

مكونات الإرساء والشَبيكَة

يبين الجدول 11 بالتفصيل مكونات خط إرساء مفرد، ويعرض الجدول 12 مكونات منظومة الشبيكة. في كلا هذين الجدولين ثمة دليل للشكل 21 لكل مكون.

الشكل 21

رسم تخطيطي للمكونات الداخلة في تركيب خط الإرساء ومنظومة الشبيكة في منظومة إرساءٍ تعتمد طوافةً مُفرَدَةً



ملحوظة: الشكل ليس مِقياسياً فهو يتصل فقط بالجدولين 10 و11 كمفتاحين للأحرف.

الجدول 11

جدول مكونات خط الإرساء المفرد (مثال أنموذجي فحسب، يمكن أن تختلف الأحجام والأبعاد تبعاً لتحليل الموقع والإرساء)

مكونات منظومة الإرساء	الكمية	المرجع (الشكل 21)
مِرساة: 800 كغ أنموذج للطمر (قاع رملي أو طيني)	1	A
صِفاد: النمط القوسي مع عقدة ودبوس يتحمل 12.5 طناً SWL[1]	3	B
سلسلة أرضية: قطر 38–42 مم. الوزن الكلي تقريباً 1 طن	1	C
الطوافة الدالَّة على المِرساة: طُفُو 10 ليتر	1	D
الخط الدالّ على المرساة (الخط التاجي أو الخط الرافع للمرساة): حبل بوليستيل Polysteel طوله 37 م وقطره 36 مم	1	E
حبل الإرساء: حبل بوليستيل2 قطره 48 مم، 3–4 جدائل، طوله 100 م. وكذلك حلقة جدل وحلقة حابسة وحلقة بيضاوية # 22 مم في إحدى النهايتين	1	F
طوافة مياه عميقة: طُفَو 10 ليتر	1	G
صِفاد: النمط القوسي مع عقدة ودبوس يتحمل 8.5 طن SWL	1	H

[1]: SWL = الحمولة الآمِنة للعمل

ملحوظة: يمكن احتساب العدد الإجمالي للمكونات المطلوبة بضرب الكميات المبينة أدناه بالعدد الفعلي لخطوط الإرساء (انظر أيضاً الجدول 10).

الجدول 12
قائمة بالتجهيزات لمنظومة شبيكة لأقفاص 3×2 (مثال أنموذجي فحسب، يمكن أن تختلف الأحجام والأبعاد تبعاً لتحليل الموقع والإرساء)

مكونات منظومة الشبيكة (لأقفاص 3×2)	الكمية	المرجع (الشكل 21)
حبل الشبيكة: حبل بوليستيل قطر 48 مم، 3–4 جدائل، طول 40 م. وأيضاً حلقة جدل وحلقة حابسة وحلقة بيضاوية # 22 مم في إحدى النهايتين	17	I
صِفاد: النمط القوسي مع عقدة ودبوس يتحمل 8.5 طن SWL[1]	34	J
صفائح زاويّة أو حلقة: قطر المقطع 28 مم	12	K
طوافة الإرساء: طُفُوّ 950 ليتر	12	L
سلسلة الطوافة: قطر 16 مم، طول 3 م	12	M
صِفاد: النمط القوسي مع عقدة ودبوس يتحمل 4.75 طن SWL	24	N
لوازم الوصل بالقفص	**الكمية**	**المرجع (الشكل 21)**
صِفاد: النمط القوسي مع عقدة ودبوس يتحمل 6 طن SWL	24	O
لِجام: حبل بوليستيل قطره 36 مم، 3–4 جدائل، طول 10 م. وأيضاً حلقة جدل وحلقة حابسة وحلقة بيضاوية # 16 مم في إحدى النهايتين	48	P

[1]: SWL = الحمولة الآمِنة للعمل

تنويه: الجدولان 11 و12 هما للاستخدام فقط كمرجع. إن حجم المكونات جميعها وأبعادها يجب أن تُحتَسَب بشكل مناسب تبعاً للخصائص الفعلية للموقع المختار للمزرعة. إن أطوال خطوط الإرساء في الجداول تناسب حصراً موقعاً عمق مياهه 25 متراً. يجب أن يعادل الطول الإجمالي لخط الإرساء 4–4.25 أضعاف عمق الموقع على الأقل، أو أطول من ذلك إن أُشير إلى ذلك من قبل مُوَرِّد الأقفاص. من الواجب احتساب حجم كلٍ من المكونات بالشكل المناسب ووفقاً لخصائص الموقع وحجم القفص وتصميم القفص.

إن أحجام المكونات محسوبة لأجل أنموذج (ترتيب هندسي) 3x2 لشبيكة الإرساء، وأقفاص قطرها 20 م في موقع ذي طاقة حركية معتدلة (Hs = 2.5 م)، وعمقها 25 م.

يُنصَحُ بأن تكون مكونات منظومة الإرساء كافةً مكفولة من قبل المُوَرِّد بأنها مشهود لها بالأمان حيال حمولة العمل (SWL).

نقاط الإرساء

صُمِّمَت الأنماط المختلفة من المراسي لتناسب الأنماط المتباينة من المُرتَكَزات. تُظهِر اللوحة 2 مراسي متعددة الأغراض مستخدمة للقيعان الرملية والطينية. تلك هي المراسي ذوات الاستخدام الأكثر شيوعاً في إرساء المزارع (الشكل 22). في حال قيعان البحر الصخرية أو في حال الظروف البيئية غير المناسبة

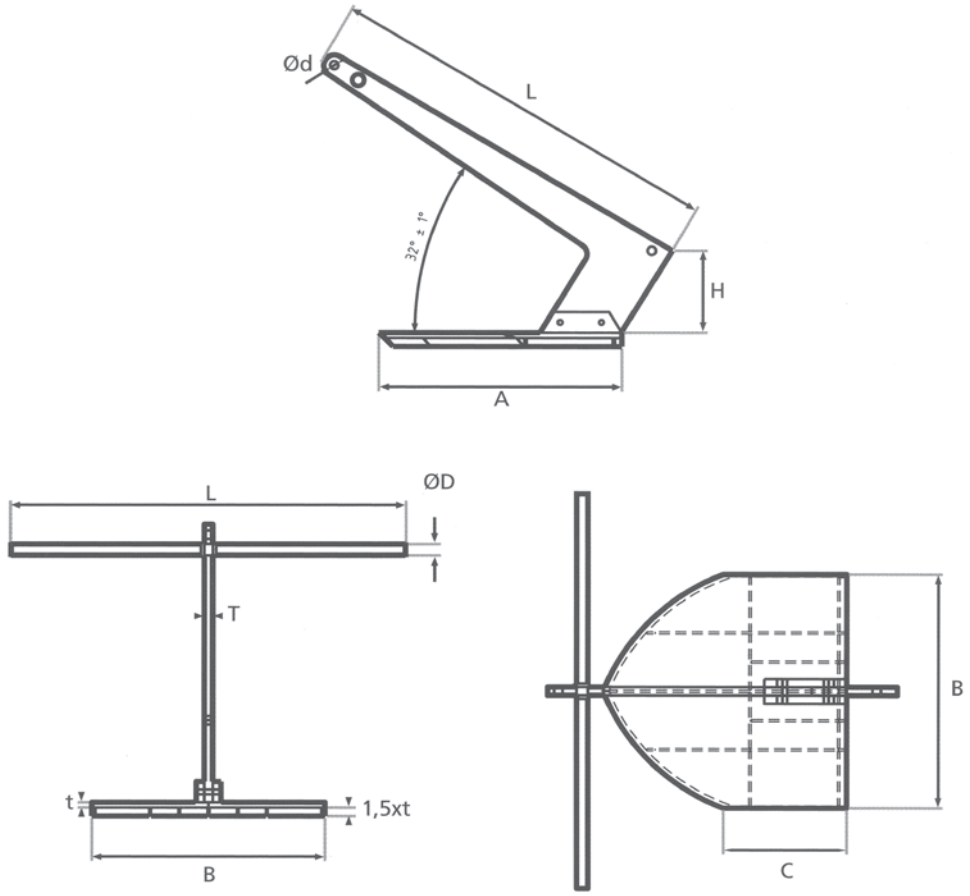
اللوحة 2
مرساة المِحراث

مجاملةً من قبل A. CIATTAGLIA

اللوحة 3
وتد صخري مثبت على شاطئ صخري

مجاملةً من قبل AKVA GROUP ASA

الشكل 22
مثال على مراسي المحراث - رسم وأبعاد تِقنِيَّة



عارضة المرساة	ساق المرساة				مِخلب المرساة				
ØD	Ød	H	L	T	t	C	B	A	الوزن
مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	مم	كغ
50	50	1 650	1 650	34	20	550	945	1 030	300
60	50	2 100	2 100	40	22	650	1 220	1 290	500
60	60	2 350	2 350	45	28	700	1 280	1 400	700
70	60	2 590	2 590	50	30	780	1 480	1 560	1 000
80	60	2 865	2 865	60	39	890	1 690	1 760	1 500
90	75	3 000	3 000	65	40	940	1 840	1 970	2 000
95	80	3 200	3 200	70	45	970	1 980	2 100	2 500
100	85	3 355	3 355	75	50	1 050	2 070	2 200	3 000

مجاملةً من قبل SOTRA MARINE AS

في موقع ما، يمكن اعتبار الأوتاد الصخرية بمثابة نقاط إرساء في حال تَعَذُّر استخدام المراسي أو الكتل الاسمنتية (اللوحة 3).

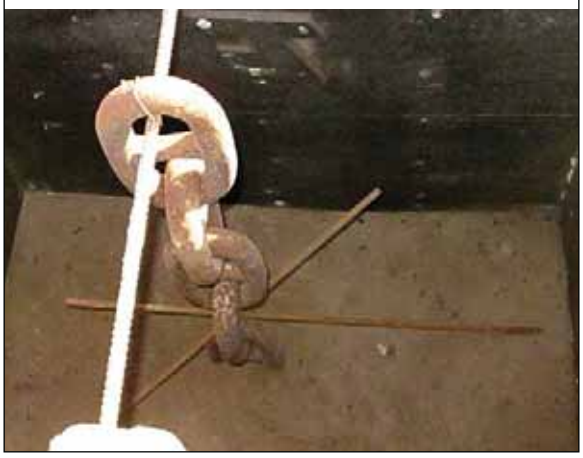
تتفاوت طاقة تحمل تلك المراسي من 20 إلى 50 ضعفاً من أضعاف وزنها عندما تركب في قاع طيني-سلتي أو رملي متراصّ.

كحل بديل أو بالترافق مع المرساة يمكن استخدام الكتل الاسمنتية (اللوحات 4-8). كَمَراسٍ، ويجب أن يكون وزن الاسمنت متناسباً وقوى الشد التي تتعرض لها المرساة. يمكن لهذه المراسي أن تتدرج في الوزن من عدة مئات من الكيلوغرامات إلى 10-20 طناً.

اللوحة 4
تشكيل حديدي مستخدم لإنشاء كتلة صناعية من الاسمنت المسلح

اللوحة 5
قالب خشبي («هيئة») لإنشاء كتلة من الاسمنت في الحقل

اللوحة 6
تفصيلٌ لسلسلة الدعامة المِسمارية المستخدمة في القالب الخشبي. لاحظ القضيبين الحديديين المُضافين على المِربط الأسفل



اللوحة 7
بمجرد أن يمتلئ القالب الخشبي بالإسمنت وتقسو الكتلة يمكن إزالة القالب وترك الكتلة لتجف لبضعة أيام

اللوحة 8
إغراق الكتلة الاسمنتية. ترفع الكتلة الاسمنتية إلى المكان باستخدام رافعة المركب أو الرافعات

في بعض الأحوال قد تتمتع الكتلة الاسمنتية بثقبٍ نافذٍ لإيلاج سلسلة أمان لرفع الكتلة والمناورة بها، وكذلك لضمان أمن إضافي في الإرساء. ستكون الحلقة الفولاذية العليا عموماً ثخينة 30–40 مم كما ستكون عُرضَةً للسَّحج بسبب الاحتكاك المستمر بصِفاد الإرساء. إن حصل أن سقطت الحلقة يكون بإمكان سلسلة الأمان الاستمرار بإمساك وسيلة الإرساء في مكانها.

إن شكل الكتلة الاسمنتية هام أيضاً، ومن المفضل دائماً استخدام كتلة اسمنتية أعرض في حال طبعة القدم الأضيق، ذلك لتحسين الالتحام بقاع البحر. إن كان للكتلة قاعدةٌ محدبةٌ فسوف يزيد ذلك من قوة الالتحام بقاع البحر من خلال تأثير قوى السحب والامتصاص التي ستتولد، ولاسيما في المرتكزات الرملية أو الطينية الطرية.

السلاسل

يستخدم نمطان مختلفان من السلاسل في تربية الأحياء المائية في أقفاص: السلاسل العديمة الدعامة المِسمارية وسلاسل الدعامة المِسمارية. يختلف النمطان في وجود دعامة (الدعامة المِسمارية) في وسط كل من الحلقات (الشكل 23) من عدمه.

الجدول 13
خصائص السلاسل العديمة الدعامة المِسمارية (تأشيرية)

القطر (Ø) (مم)	A × B (مم)	الحمولة الآمنة للعمل (أطنان)	الحمولة الكاسرة (أطنان)	الوزن (كغ/ متر)
7	21 × 10.5	1.2	6.1	1.1
10	40 × 15	2.6	12.6	2.2
13	52 × 19.5	4.3	21.2	3.7
16	64 ×24	6.4	32.2	5.6
19	76 × 28	9.0	45.4	7.1
22	88 × 33	12.0	60.0	10.0

يُشار عادة إلى مقياس السلسلة باستخدام قطر مقطع الحلقة معبراً عنه بالمليمترات (مم)، Ø في الشكل 23. تُستخدم هذه القيمة في هذا الكُتَيِّب للدلالة على مقياس السلسلة.

تستخدم السلاسل العديمة الدعامة المِسمارية كعناصر وصل ما بين مكونات الإرساء كالطوافات والصفائح الزاوية أو حلقات منظومة الشبيكة. في هذه الحالات ليس ثمة من حاجةٍ عادةً لأن يتجاوز قطر مقطع الحلقة 14–16 مم.

يُوصَى باستخدام السلاسل الحديثة من الفولاذ الشديد القوة (كالدرجة 60 أو 80). يقدم الجدول 13 بعض الخصائص التقنية للسلاسل العديمة الدعامة المِسمارية المختلفة الأقطار.

تمتع سلاسل الدعامة المِسمارية بحمولة عمل آمنة (SWL) أكبر، وهي عموماً أثقل من السلاسل العديمة الدعامة المسمارية باعتبار طولٍ وقطرٍ واحد (انظر الجدولين 13 و14).

عادة ما تكون السلسلة الأرضية من النمط ذي الدعامة المسمارية. وهي تُختار غالباً لضمان عمر مديد لها في البيئة البحرية. يمكن لمقياس ثخانتها أن يتراوح بين 38 و42 مم (ووزن يقارب 30–35 كغ/م)، إلى 50 مم (ووزن يقارب 50–60 كغ/م).

تُستَخدَمُ السلسلة الأرضية الواصلة بين المرساة وحبل الإرساء أساساً لإعطاء مزيد من الوزن لخط الإرساء للمحافظة على الزاوية ما بين أرضية البحر وسلك الإرساء في المدى المرغوب ما بين 9° و12°.

الأصفاد

تُستَخدَم الأصفاد للوصل ما بين حبال الإرساء والسلاسل والمراسي (الشكل 24).

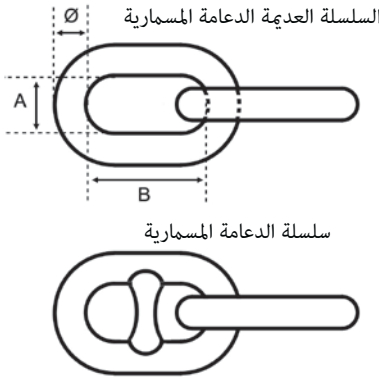
تُستَخدَم عادةً طاقة حمولة العمل الآمنة بالأطنان لتحديد حجم الأصفاد.

يمكن أن تكون الأصفاد ذات شكل الحرف اللاتيني يو U أو ذات شكل الحرف اليوناني أوميجا Ω (الشكل 24). إن الأصفاد أوميجا Ω هي الأكثر شيوعاً إذ أن بإمكانها جمع عددٍ أكبر من الوصلات.

يمكن إقفال الأصفاد وفقاً لإحدى تلك النظم الرئيسة:

- مِشبك المثقوبة وسن لولبية حيث يُقفَل المِشبك بسلك أو يُلحَم إغلاقاً لمنع العزقة من الارتخاء (الشكل 24أ والشكل 25).

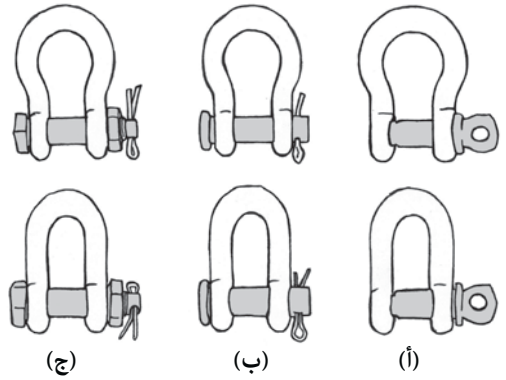
الشكل 23
السلاسل العديمة الدعامة المسمارية وسلاسل الدعامة المسمارية (Ø = القطر)



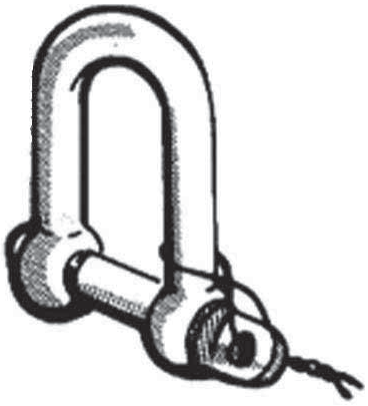
الجدول 14
سلاسل الدعامة المِسمارية: الوزن للمتر الواحد (تأشيري)

القطر (Ø) (مم)	الوزن (كغ/م)
16	6.0
19	7.9
22	10.9
25	14.2
29	17.9
32	22.3
33	24.6
34	26.9
38	32.1
42	37.0
44	42.8
48	49.3
51	55.5
54	62.7
58	70.3
60	78.2

الشكل 24
أنماط الأصفاد. الصف العلوي: نمط أوميجا Ω. الصف السفلي نمط U. (أ) أصفاد ذوات مِشبك المثقوبة وسن لولبية. (ب) أصفاد ذوات مِشبك دون سن لولبية ومع دبوسٍ وُتَيدي. (ج) أصفاد ذوات رِتاج وعزقة بالإضافة لدبوسٍ وُتَيدي



الشكل 25
أصفاد ذوات مِشبك مثقوبةٍ تُقفَل بسلك



- مِشبك مبروم دون سن لولبية ولكن مع دبوس وُتَيدي (الشكل 24ب).
- رِتاج وعزقة بالإضافة لدبوس وُتَيدي لمنع ارتخاء العزقة (الشكل 24ج).

يُوصى بشدة استخدامُ الدبوس الوُتَيدي الفولاذي المُغَلفَن. إن نظام الإغلاق الثاني المذكور أعلاه هو الأقل تفضيلاً لوصلات الإرساء، إذ يمكن للدبوس الوُتَيدي أن يتآكل نتيجة للتيار الكيميائي الناشئ عن التفاعلات الكيميائية في أوساط المنظومة.

طوافات المياه العميقة

تُصَنَّع طوافات المياه العميقة من مواد قاسية بالاعتماد على البولي إيثيلين والبولي فينيل كلورايد (PVC). تُستَخدَم هذه المكونات لرفع نقاط الالتحام بين السلسلة والحبل في خط الإرساء تجنباً لاحتكاك السلك عندما يصبح على تماس مع قاع البحر (اللوحة 9).

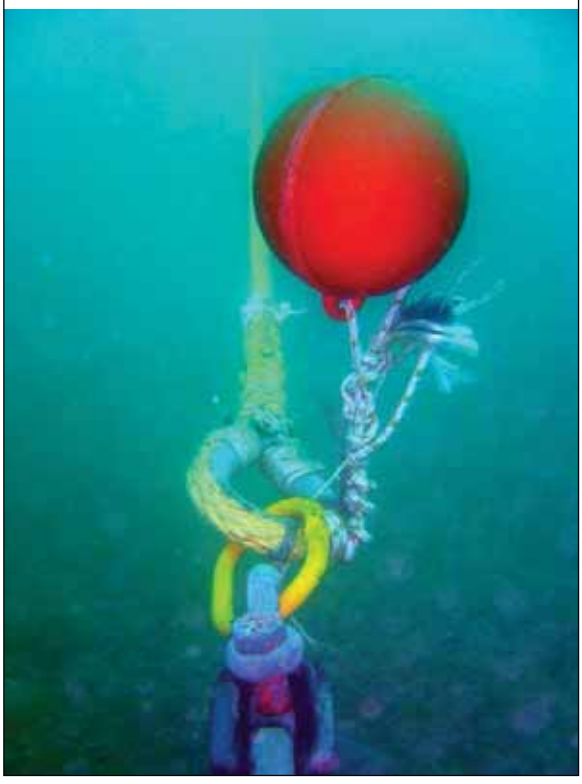
يمكن أيضاً استخدام هذه العوامات للدلالة على المراسي على النهاية السطحية لسلك رفع المرساة.

الحلقات المعدنية

تُصَنَّع الحلقات المعدنية عموماً من الفولاذ المغلفن بالغمس الحار، وتُستخدم لتقوية أنشوطة الحبل (وصلة العين) في الأماكن المتصلة بالتجهيزات المعدنية (الأصفاد والحلقات وغير ذلك.)، أي حيث تكون عُرضَةً لاحتكاك شديد. وبذلك تخفف الحلقات من تآكل الحبال بشكل واضح.

عادة ما تكون الحلقات المستخدمة للإرساء من «النمط الأنبوبي» أو «النمط المفتوح» (اللوحتان 10 و11). تخفف الحلقاتُ الأنبوبيةُ النمط من احتمال انفكاك الوصلة المجدولة مع مضي الزمن، وتؤمن حماية أكبر لحبل الوصلة المجدولة. ولكنها أثقل وزناً وأعلى قيمةً.

اللوحة 9
طوافة المياه العميقة مركبة على خط إرساء



مجاملة من F. CARDIA

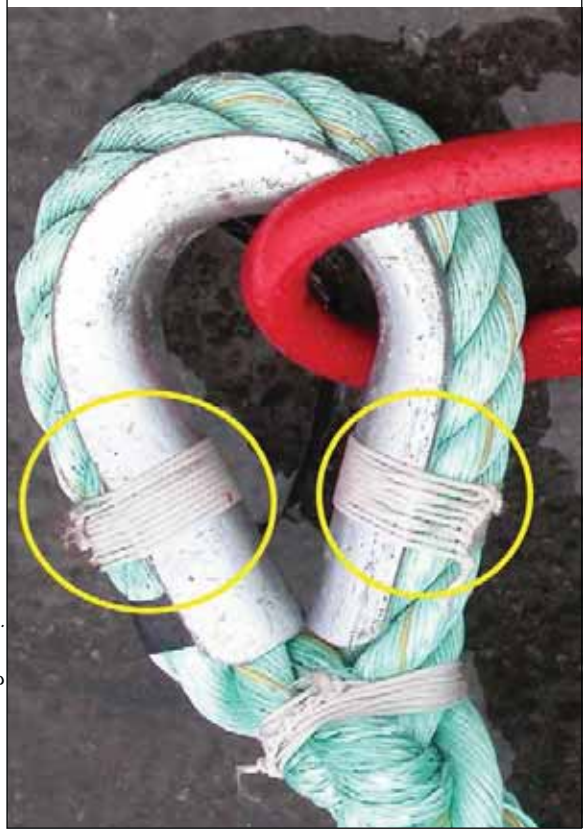
اللوحة 10
حلقة - النمط الأنبوبي

مجاملة من A. CIATTAGLIA

اللوحة 11
حلقة – النمط المفتوح

مجاملة من A. CIATTAGLIA

اللوحة 12
حلقة من النمط المفتوح يُظهِر الرباط لمنع دوران الحلقة إلى داخل عين الأنشوطة



مجاملة من A. CIATTAGLIA

تُثبَّت الحلقات على الحبل عبر وصلةِ جديلةٍ عينية. إن الوصل بالجدْل هو عملية عقدٍ بين طرفين يضمن حداً أدنى من الضياع في مقاومة شد الحبل (توتر الحبل). إن كل عقدة تضعف الحبل، فمن شأن عقدة بسيطة أن تخفض من الحمولة الكاسرة الفعالة بمقدار 55 في المائة مقارنة بالخصائص الأصلية للحبل، في حين أن وصلة الجديلة تتسبب فقط في خفضٍ مقداره 5 في المائة (Prado, 1990). في معرض إجراء وصلةِ جديلةٍ عينيةٍ لسلك الإرساء تُجدَل الخيوط المكونة للحبل على بعضها أربع مرات على الأقل لتأمين أكبر قوة ممكنة للعقدة.

يجب أن تُثبت الحلقات المفتوحة برباطين، كما هو مبين في اللوحة 12. سوف يمنع هذا دوران الحلقة إلى داخل عين الأنشوطة بمجرد أن يتوتر الحبل بفعل الجهد.

الصفائح الزَّاويَّة

تُستَخدَم الصفائح الزَّاويَّة لوصل الأجزاء المختلفة لمنظومة شبيكة الإرساء، وهي تتوفر بأشكال وأحجام مختلفة. تمثل الصفائح الزَّاويَّة نقاط الربط الرئيسة لِبُنيَةِ الشبيكة بكاملها حيث تجتمع

اللوحة 13
صفيحة زاوية ذات 12 ثقباً. أربعة ثقوب تستخدم لربط خطوط الإرساء الرئيسة، وثمانية ثقوب تستخدم لربط لُجُم إرساء الأقفاص

مجاملةً من F. PICCOLOTTI

اللوحة 14
صفيحة زاوية ذات 8 ثقوب. أربعة ثقوب تستخدم لربط خطوط الإرساء الرئيسة، وأربعة ثقوب تستخدم لربط أربعة لُجُم مزدوجة لإرساء الأقفاص

مجاملةً من AD.AQ. SRL

المكونات كافة سويةً وتُقفَل بأصفاد: منظومة الشبيكة وخطوط الإرساء وسلاسل الطوافات ولُجُم القفص (اللوحتان 13 و14).

عادة ما تكون الصفائح مربعة الشكل ومزودة بثقوب كافية لإقحام مشابك الأصفاد. وفي بعض الأحيان تُستَخدَمُ الحلقات الفولاذية عوضاً عن الصفائح الزَّاويَّة كما هو مبين في اللوحة 15 (انظر المقطع التالي).

الحلقات الفولاذية

تُستَخدَم الحلقات الفولاذية المُغَلفَنَة بالغمس الحار في نقاط التقاطع في منظومة الإرساء. تُستَخدَم الحلقات المستديرة الشكل في مواضعِ تقاطعِ أسلاكِ إرساءٍ مختلفة (اللوحة 16).

تُشبَكُ خواتم بيضاوية الشكل أو إهليلجية الشكل (اللوحة 17) في الحلقات الفولاذية عند وصل عناصر ذوات حمولات كاسرة متماثلة، وذلك لتجنب استخدام عناصر أكبر وأعلى كلفةً (مثلاً أصفاد وحلقات). تُظهِر اللوحة 18 وصلات ضمن نظام الإرساء.

تستخدم منظومات الإرساء غير المعتمدة على الأصفاد في المواقع المحمية. تمتلك مثل هذه المنظومات حلقات حديدية كبيرة (اللوحة 19) على زوايا الشبيكة، حيث توصل الشبيكة بحبال الإرساء من خلال عقدة «رأس القُبَّرَة» أو «المرساة القوسية» (اللوحتان 20 و21). يمنع هذا تآكل وتمزق المعادن ويخفض من نفقات الصيانة. من الضروري استخدام الحبال الرفيعة النوعية حصراً التي يمكن إحكام شدها بشكل آمن، لذا يوصى باستخدام الحبال المصنوعة من البولي إستر أو النايلون. ويمكن لحبال بوليستيل أن تكون ناعمةً زَلِقةً بما فيه الكفاية لهذه الأغراض.

الطوافات

ثمة طيف واسع من الأحجام والأشكال من طوافات الإرساء المتوفرة في السوق (اللوحة 22). تُوَصَّف الطوافات من خلال

اللوحة 15
حلقة فولاذية تُستخدم في شبيكة الإرساء عوضاً عن الصفيحة الزَّاويَّة

مُجامَلةً من A. CIATTAGLIA

اللوحة 16
خاتم فولاذي دائري مستخدم كأداة وصل في منظومة الشبيكة

مُجامَلةً من F. CARDIA

اللوحة 17
خاتم فولاذي إهليلجي

مُجامَلةً من A. CIATTAGLIA

اللوحة 18
خواتم فولاذية مستخدمة لوصل حبلين ذوي جديلة عينية بحلقاتٍ من خلال زوج من الأصفاد. صفادٌ آخر يربط الخاتم الدائري بالصفيحة الزَّاوِيَّة

مُجامَلةً من A. CIATTAGLIA

اللوحة 19
خاتم فولاذي مستخدم كصفيحة زَاوِيَّة. يسمح هذا المُكَوِّن بربط الحبل مباشرة على الخاتم الفولاذي دون استخدام الأصفاد

مُجامَلةً من F. CARDIA

اللوحة 20
خطوط الشبيكة موصولة بواسطة عُقَدِ مرساة بخاتم فولاذي. الحبل العلوي متصل بالطوافة

مُجامَلةً من N. KEFERAKIS

معيار طُفُوِّها مُعَبَّراً عنه بالكيلوغرامات أو بالحجم (باللِيترات). إن طُفُوَّ طوافة ما بالكيلوغرامات يساوي تقريباً حجم السائل المزاح منقوصاً وزن الطوافة نفسها.

تتكون المادة الخارجية من الطوافة غالباً من البولي إيثيلين الملحوم بعناية، والحشوة عادة من البولي يوريثان أو البوليستيرين.

ثمة قضيب فولاذي في أغلب الطوافات (تقارب ثخانته 30–40 مم) وهو ممتد عبر الجسم الرئيس للطوافة ليصل ما بين حلقتي الربط في قطبيها ويؤمن قوة إضافية. وقد أنتِجَت مؤخراً طوافات HDPE بلاستيكية صِرفَة للخفض من مشاكل تآكل المعادن بالتفاعلات الكيميائية.

الحبال

إن الحبال هي المكونات الرئيسة لمنظومة الشبيكة وتُستخدَم لكل من خطوط الإرساء وخطوط منظومة الشبيكة.

إن أكثر مواد الحبال شيوعاً هي البوليستيل polysteel أو الدانلاين danline، وهي مزيج مؤلف من بولي بروبيولين والبولي إيثيلين المُنبَثِق. تؤمن هذه التوليفة خطاً بوزن خط البولي بروبيلين وبسعره، ولكنه ذو مقاومة شدٍ أعلى بأكثر من 25 في المائة.

يمكن أيضاً استخدام حبال البولي إستر أو النايلون ولكنها أعلى كُلفةً، وتبدي قابليةً أكبر بكثير للتمطُّط عندما تتعرض للجهد. إن تمطط الخطوط يمكن أن يسبب مشاكل هامة في منظومة الشبيكة.

اللوحة 21
خاتم فولاذي موصول بخطوط الشبيكة ولُجُمِ القفص

مُجامَلةً من F. CARDIA

اللوحة 22
طوافات من أحجام مختلفة مخزنة على رصيف مرفأ

مُجامَلةً من A. CIATTAGLIA

تركيب منظومة الإرساء

يصف هذا الفصل إجرائية مُمكنَة لتركيب منظومة إرساء لـ 3×2 قفص.

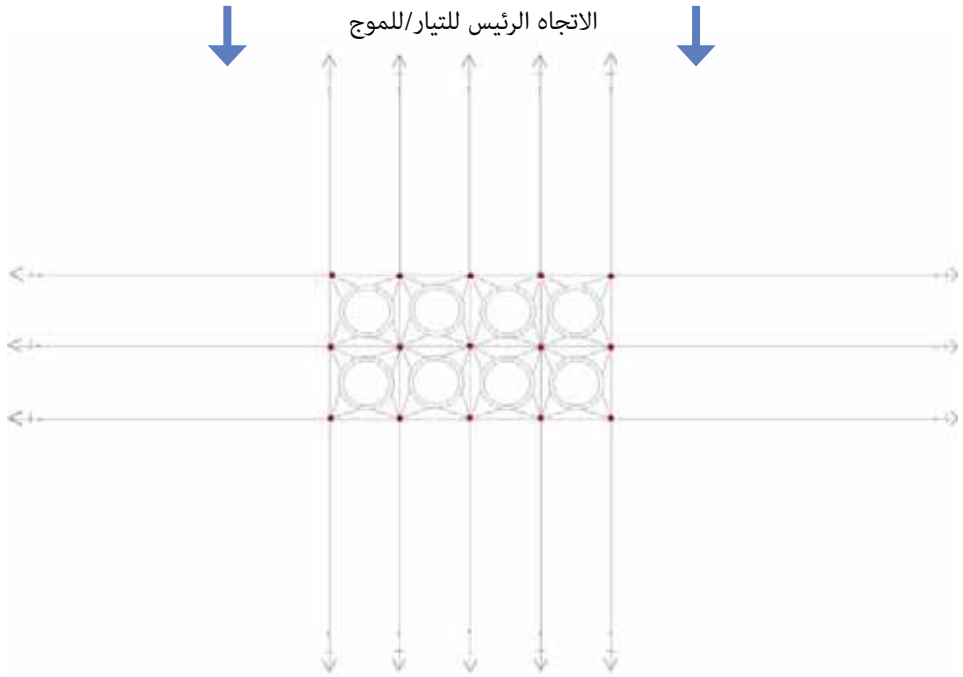
تنويه: إن القصد من الإجرائية التالية هو حصراً تقديم المثال. إن أي عملية نشر تتطلب أخذ الترتيبات المختلفة بالاعتبار وذلك تبعاً لفريق العمل ومَركب الخدمة المتوفر وأبعاد الإرساء.

يَعُدُّ المثال المقدم أن منظومة الشبيكة تستخدم صفائح زاويَّة وأصفاداً (انظر اللوحتين 13 و14)، ما يعني أن إجرائية نشر منظومة شبيكة تستخدم الخواتم (انظر اللوحة 15) قد تحتاج خطوات مختلفة وتسلسلَ عملٍ مختلف.

قبل التركيب يجب تحديد التوجيه الصحيح لمنظومة الإرساء. إن هذا عامل حاسم في تحقيق أفضل أداء ممكن من قِبَل تجهيزات الإرساء. يُخطَّط للتوجيه عموماً وفقاً للتيار الرئيس أو السائد و/أو اتجاه الموج. إن

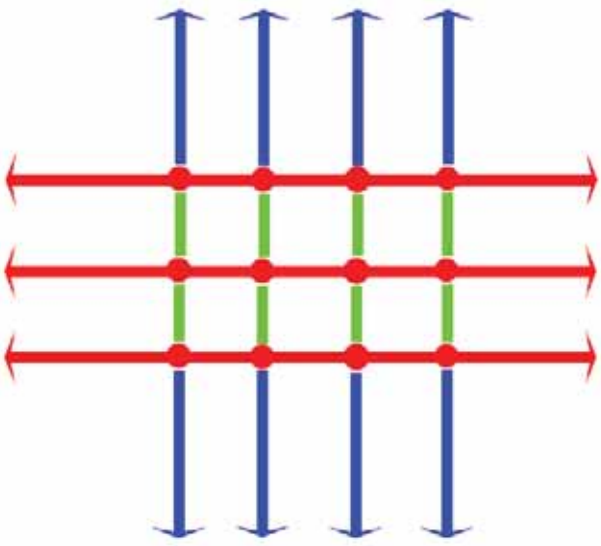
الشكل 26

التوجيه المفضَّل لمنظومة الإرساء بالنظر للتيار السائد و/أو اتجاه الموج



الشكل 27

منظومة الإرساء: الخطوط الرئيسة المتوسطة (الحُمر) وخطوط الإرساء الجانبية (الزُرق) وحبال الشبيكة (الخُضر)



لم يتوفر سبب آخر يجب توجيه الشبيكة بما يضمن تزويد السمك المربى بأكبر إمداد بالأوكسيجين وبما يضمن أيضاً أكبر عدد من خطوط الإرساء لتثبيت المزرعة أمام التيارات والأمواج السائدة (الشكل 26).

في توصيف تركيب منظومة الإرساء، يُستَخدَم أنموذجُ مزرعةٍ قفصية سداسية مكونةٍ من ثلاثة أزواج من الأقفاص مثالاً على ذلك (الشكل 27):

- ثلاثة خطوط رئيسة متوسطة (الخطوط الحُمر)
- ثمانية خطوط شبيكة (الخطوط الخُضر)
- ثمانية خطوط إرساء جانبية (الخطوط الزُرق)

سَتُنشَر كلٌ من تلك المجموعات بالتعاقب ومن ثم تُجمَع سويةً في البحر.

سيتكون كل خط من الخطوط الوسطى الرئيسة كما هو موضح في الشكل 28 من خَطَّي إرساء (المكونات 1–3–5 و 2–4–6)، بالإضافة لجزء من منظومة الشبيكة (المكونات 7–21).

يتم الربط ما بين العناصر المختلفة على الدوام بواسطة أصفادٍ من أحجام مناسبة.

تجميع المكونات على اليابسة

تبدأ أعمال التركيب على اليابسة

يجب أولاً فك الحبال ونشرها بالطريقة الصحيحة. إن جرى بسطُ لفَّةٍ دون اتباع الإجراء المضبوط سيلتوى الحبل ويتعقد وهذا يضعف الحبل. يكمن الإجراء الصحيح في وضع اللفة على مِحورٍ أو مِلَفٍ ما يجعلها قابلةً للدوران بحرية، ثم أخذ الطرف السائب من الحبل (النهاية الحرة للفة) في اليد والمشي بعيداً عن اللفة فينفرط عقدها دونما التواء. يجب نشر الحبال كافة بهذه الطريقة، بما في ذلك خطوط الإرساء وخطوط الشبيكة وخطوط اللجام.

يبدأ التجميع بتوصيل العناصر المختلفة للخط الأوسط الأول (المشار إلى أرقامها في الشكل 28).

1– يربط الحبل (5) بالصفيحة (7)، ثم توصل ثلاث من أربع صفائح (7–9) عبر حبال الشبيكة (11)، (12) و (13). ثم تربط العناصر كافة ببعضها البعض كما في الشكل 28.

بهذه الطريقة تكون قطعة من الخط الرئيس قد جُمِّعَت وأُفرِدَت في لفةٍ على منصة نقالة. يجب أن تُترَك الصفائح (أو الخواتم) خارج اللفة لضمان سهولة الوصول إليها.

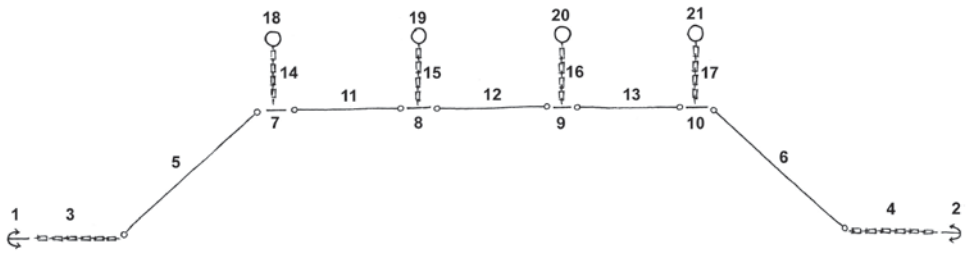
يجب الانتباه إلى ضرورة لف الخط على المنصة النقالة بترتيب تراجعي بحيث يكون العنصر الأول الذي سيُنشَر في نهاية اللفة. سيضمن ذلك سهولة النشر.

2– الصحيفة الفولاذية (10) تربط بحبل الإرساء (6) وتُلَف هذه القطعة على منصة نقالة ثانية.

تُحمَّل المنصتان النقالتان على ظهر مركب النشر.

الشكل 28

خط أوسط رئيس ومكوناته (رسم مُبَسَّط)



1، 2: مِرساتان

3، 4: سلسلتان قاعيتان

5، 6: حبلان 48 Ø مم لخط الإرساء (مزودان بحلقات في نهايتيهما)

7، 8، 9، 10: خواتم أو صفائح

11، 12، 13: حبال شبيكة 48 Ø مم (مزودة بحلقات في نهايتيهما)

14، 15، 16، 17: سلاسل للطوافات

18، 19، 20، 21: طوافات

تلك هي العناصر التي ستؤلِّف سويةً مع مرساتين وسلسلتيهما القاعيتين خط إرساء رئيس.

مثل ما ذُكِرَ في البند 1، توضع المكونات المُجَمَّعَة في لفاتٍ على منصة نقالة.

تُربَط الطوافات السطحية الاثنتا عشرة كل مع سلسلتها ومن ثم تُحَمَّل على سطح مركب النشر. يمكن جمع السلاسل بواسطة حبل، كما سبق وصفه بالنسبة لتركيب الطوافة الملاحية (الشكل 14).

تتضمن المرحلة الأخيرة على اليابسة إعداد المراسي وسلاسلها الأرضية والتي سوف تُجمَع بطريقة مماثلة.

التحميل على المركب

مثالياً، يجب تجهيز مركب النشر برافعة ذات أسطوانة هيدروليكية على أن تتمتع بقوة رفع مناسبة. تأتي السرعة كاعتبارٍ ثانٍ.

إن المواصفة الأشد أهمية لأبعاد مركب النشر هي مساحة العمل المتوفرة على سطحه. إذ يُفتَرَض بالسطح أن يؤمن متسعاً لحمل المكونات التالية:

- مِرساتين،
- سلسلتي توازن،
- خطين لرفع المرساة،
- مِنصات نقالة (كما هو مبين في المقطع السابق)،
- طوافات سطح مع سلاسلها.

من الأهمية بمكان ترتيب العناصر أعلاه على سطح المركب. إذ بمجرد نشر المرساة الأولى سوف تسحب خلفها العناصر الأخرى كافةً. لذلك يجب أن يكون كل من المكونات التي سيتم نشرها حر الحركة دون أن يتشابك أو يصطدم بتركيبات المركب. وبمجرد ما توضع المكونات على متن المركب سيتم توصيلُ بعضها ببعض، وكل خط رئيس يُجَمَّع في جزأين لتسهيل النشر:

الجزء الأول من الخط الرئيس:

- صِل السلسلة القاعية (3) بالمرساة (1).
- صِل خط رفع المرساة بالمرساة.
- صِل نهاية السلسلة القاعية بحلقة الحبل (5)، والتي هي على قمة المنصة النقالة مع الخط.
- صِل سلاسل الطوافات الثلاث بالصفائح الثلاث المرئية على المنصة النقالة المُكَوَّم عليها الخط.

الجزء الثاني من الخط الرئيس:

- صِل سلسلة القاع (4) بالمرساة (2).
- صِل خط رفع المرساة بالمرساة (2).
- صِل نهاية سلسلة القاع بحلقة الحبل (6) التي هي على قمة المنصة النقالة المُكَوَّم عليها الخط.
- صِل سلسلة الطوافة (17) بالصفيحة (10).

يتوجب إجراء هذه التوصيلات كافة باستخدام أصفادٍ ذوات أحجام مناسبة.

بمجرد إنجاز هذه العمليات تصبح مكونات الخط الرئيس الأول اعتباراً من المرساة (1) إلى المرساة (2) موصولة في جزأين منفصلين جاهزين للنشر.

التركيب في البحر

تركيب الخط الرئيس

من المفيد للتركيب في البحر الاستعانة بقارب إضافي أصغر كمركب دعمٍ لإعادة ضبط مواقع الطوافات واستعادة أكياس الرفع والغطاسين والمساعدة في ضبط اصطفاف طوافات السطح.

يتوجب وضع منظومة الإرساء في موقع محدد مسبقاً ضمن البقعة المرخصة. وهذا يعني أن المراسي يجب أن تُرَكَّب في نقاطٍ سبق تحديدُها، ذلك لضمان الهيئة الصحيحة لتَوَضُّع منظومة الشبيكة. يُستَخدَم جهاز تحديد الموضع الجغرافي GPS لتمييز الموضع الدقيق لتَوَضُّع المراسي. وهذه تُحَدَّد بواسطة طوافات دالَّة مؤقتة. تتألف كل واحدة من تلك الدَّالاَّت من: (1) ثِقَل صغير الحجم (5–10)، (2) حبل يعادل طولُه عمقَ الماء، و (3) عوامة صغيرة (تسهل رؤيتها على السطح). يمكن تحديد موضع هذه الدَّالاَّت لاحقاً كما يمكن إزالتها ببساطة إن بدا ذلك ضرورياً.

تُحرَّر الطوافة الأولى (الطوافة 1) فوق الموضع المحدد مسبقاً ويتحرك المركب قُدُماً بسرعة معتدلة بحيث يتَوَضَّع خط الإرساء في مكانه بما فيه من طوافات مرتبطة بالصفائح التي تأخذ أمكنتها تباعاً في الماء.
من ثم يتحرك المركب قريباً من الخط السابق تمديده في البحر قادماً من الاتجاه المعاكس. ثم يُنشَر الخط الرئيس الثاني ابتداءً من المرساة.

لإنهاء تركيب الخط الرئيس الأوسط الأول يوصل الخطان سويةً بربط حبل الشبيكة (13) بالصفيحة (10). من الأهمية بمكان أن تبقى المسافة بين المرساتين أقل من المسافة التي ستشغلانها بعد انتهاء التركيب. بهذه الطريقة يبقى الخط رخواً (غير متوتر) بما يُمَكِّن من إجراء عملية الوصل الأخيرة (بين حبل الشبيكة [13] والصفيحة [10]) بسهولة.

بذلك تكون مكونات الخط الرئيس الأول بكاملها قد جُمِّعَت.

تُتَّبَع الإجرائية ذاتها لتركيب الخطين الرئيسين المتوسطين الآخرين اللذين سيتوضعان موازيين للخط الأول.

قبل المباشرة بتركيب الخطوط الجانبية توضع الخطوط الثلاثة تحت التوتر بجذب خط المرساة التاجي أو خط سحب المرساة بحيث تأخذ المراسي مواضعها النهائية.

تنويه: يجب عدم إسقاط مرساة شفرة المحراث إلى قاع البحر (سقوطاً حراً) بل يتوجب تنزيلها بعناية باستخدام مِرفاع لتَجَنُّب خطر رسو المرساة رأساً على عقب.

تركيب خطوط الشبيكة وخطوط الإرساء الجانبية

بمجرد تركيب الخطوط الرئيسة الثلاثة توصل الصفائح بخطوط إرساء الشبيكة (الخطوط الخضر في الشكل 27). يُستَخدَم الغواصون لهذه الغاية. يمكن للمركب أن يسهل من هذا العمل بشد الخطوط للتقريب بين الصفائح لتيسير التوصيل بين الخطوط.

ومن أجل إنجاز نشر منظومة الشبيكة تُرَكَّب نهايةُ خطوط الإرساء الجانبية (الخطوط الزُرق في الشكل 27).

لقد سبق وحُدِّدَت نقاط نشر الطوافات بواسطة «طوافات دالَّة مؤقتة». ويمكن تحميل مكونات الخطوط (المرساة، السلسلة، خط رفع المرساة، الأصفاد والحبل) بشكل منفصل وتجميعها على ظهر المركب قبل إطلاقها.

إجرائية نشر المراسي:

- حَرِّر كلاً من المراسي في النقاط المحددة مسبقاً.
- حَرِّك المركب باتجاه طوافة منظومة الشبيكة إلى حيث يتوجب توصيل خط الإرساء.
- عند الوصول للطوافة يُربَط المركب بالطوافة ويقوم الغواصون بربط الصِّفاد الكائن في نهاية الخط بالصفيحة.
- تُكرَّر العملية للخطوط الجانبية الأخرى على الجانب ذاته، ثم لخطوط الإرساء على الجانب المقابل.

عمليات إحكام الشَّد والتفقد عقب التركيب

إن شد الخطوط عقب نشرها هامٌ لضمان أن الشبيكة راسخةٌ متوازنة وأن المراسي جميعها تتشاركُ الجهدَ بشكل متساوٍ.

من أجل عملية إحكام الشد يمكن تأمين حبل شد على شكل V على الكَوثَل (مؤخر المركب).

من ثم يمكن شد حبال رفع المراسي كلها بواسطة حبل الشد هذا.

يجب أن تحظى المراسي الثلاث للخطوط المتوسطة الرئيسة الكائنة على جانب منظومة الشبيكة ذاته بأولى عمليات الشد.

نتيجة لسحب المرساة تبدأ طوافة السطح ذات العلاقة بالتحرك ومع تزايد التوتر تبدأ بالغرق على التدريج.

يمكن التأكد من الاصطفاف الصحيح للطوافات بالاستعانة بمركب الدعم المُرسَى على الطوافات ذاتها بتقديم التوجيهات للمركب الرئيس أثناء إحكام الشد.

يُمكِنُ من خلال مراقبة طفو الطوافات تخمين التوتر الفعلي الواقع على المرساة بفعل القارب والطلب إلى القارب التوقف عن السحب بمجرد أن تأخذ الطوافة موضعها الصحيح. إن كان الخط رخواً جداً ستطفو الطوافة وتعلو أكثر مما ينبغي، وإن كان مشدوداً جداً ستغرق الطوافة وتنغمر أكثر مما ينبغي.

تكرر هذه العملية على الطوافات الأُخريات للخطوط الوسطية الرئيسة على الجانب القريب المقابل من الشبيكة ومن ثم على خطوط الإرساء الجانبية الأخرى.

قبل المباشرة بتركيب القفص يتوجب إجراء التفقدات التالية بواسطة الغواصين أو من الأفضل بواسطة مركبات (غاطسة) مُتَحَكَّمٍ بها عن بُعد (ROV) وهذا ما يوصى به بشدة:

- المراسي ليست منقلبة وهي مدفونة بالشكل الصحيح.
- الحبال مصفوفة بالشكل الصحيح وهي ليست مبرومة أو معقدة، وهما الحالتان المسببتان لإضعاف قوتها.
- الأصفاد الرابطة مركبة بالشكل المضبوط وهي في الوضعيات الصحيحة.

من المفيد لإدارة المزرعة، عقب النشر، أن تُرَقَّم صفائح الشبيكة جميعها بِرُقَعٍ بلاستيكية. هذا سوف يساعد العاملين على الاحتفاظ بسجلات واضحة للحالات الشاذة أو المشاكل المحتملة التي تتطلب متابعة.

إن من شأن صفائح الشبيكة المرقمة أن تُبَسِّط أيضاً حفظ السجلات لأغراض الصيانة.

قبل تركيب طوق القفص تُربط خطوط اللجام بالصفائح.

إن منظومة الإرساء ومنظومة الشبيكة مركبتان بالشكل المضبوط وجاهزتان لكي يُصار إلى نشر الأقفاص.

4. مُكَوِّنات قفص البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE

تُستَخدَمُ أنابيب البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) على نطاق واسع كمادة رئيسة في بناء الأقفاص العائمة. إن البولي إيثيلين العالي الكثافة هو ضرب من مماثلات اللَّدائِن (البلاستيك) المُتَحَصَّل عليها من بَلمَرَة غاز الإيثيلين. تتوفر الأنابيب المصنعة من HDPE على نطاق واسع نظراً لشيوع استخدامها في نقل السوائل والغازات (نظم الري، شبكات أنابيب الغاز، وغير ذلك). علاوة على ذلك فإن أنابيب HDPE تشكل مادة ممتازة لبناء الأقفاص لأنها مُعَمِّرَة ومرنة ومقاومة للصدمات ومقاومة للأشعة فوق البنفسجية وتتطلب صيانة ضئيلة نسبياً إن جرى تركيبها بالشكل الصحيح.

خصائص قفص HDPE

أنابيب HDPE

أنماط *HDPE*

ثمة عديد من المواد المختلفة من HDPE المستخدمة في تصنيع الأنابيب، أما الأنابيب المستخدمة لبناء القفص فهي مصنعة أساساً من PE 80 أو PE 100. تتعلق هذه الرموز، وفقاً لمعايير ISO 4427، بالقوة الدنيا المطلوبة (MRS) للأنبوب مُقاسة بعد 50 عاماً في حرارة 20 °م مُعَبَّراً عنها بالبار (Bar):

- PE 80 (= MRS 8.0)؛
- PE 100 (= MRS 10.0).

تشير PE 80 إلى درجة من البولي إيثيلين العالي الكثافة حيث يتمزق الأنبوب إن تَعَرَّض لضغط أقله 8.0 نيوتن/مم على مدى 50 سنة من الاستخدام تحت حرارة 20 °م. وفي حالة الأنبوب PE 100 سيعادل الضغط 10.0 نيوتن/مم. يعني هذا أنه على فرض أن لدينا أنابيب من المعايير ذاتها فإن الأنابيب المصنعة من PE 100 يمكنها العمل تحت ضغط عمل أكبر من تلك المصنعة من PE 80.

إن كثافة الدرجة PE 80 أقل بقليل من تلك الخاصة بالدرجة PE 100، وهما ذواتا وزن نوعي 0.945 غ/سم^3 و 0.950 غ/سم^3 على التوالي.

لذلك فإن قفصاً مبنياً من HDPE PE 100 سيكون أشد صلابةً وأشد قوة من قفص مبني من HDPE PE 80، على فرض أن الأنبوبين هما من المقاييس ذاتها، كما سيكون أقل مرونة بقليل بالنسبة للحمولات الدينامية أثناء التداول.

قطر الأنابيب

يُعبَّر عادة عن القطر الخارجي لأنابيب HDPE المستخدمة في بناء القفص بالمليمترات. إن قطر الأنابيب سوف يقرر طُفُوّ طوق القفص. وكلما ازداد مدى تَعَرُّض الموقع ازدادت الحاجة لطفو أكبر (أي ستظهر الحاجة لوزن أكبر للنهوض بحجم القفص) ولذلك ستبرز الحاجة لاستخدام أنبوب ذي قطر أكبر. وسوف يتحدد حجم الأَهِلَّة تبعاً لقطر الأنبوب (أنظر العنوان الخاص بالأَهِلَّة أدناه).

لا يُعَدُّ الضغط من الخصائص ذات العلاقة ببناء القفص. إلا أن أنابيب HDPE تُنْتَجُ بدرجات متباينة من مقاومة الضغط (درجات PN)، والتي تشير إلى ضغط الماء، بوحدة البار، الذي بإمكان الأنبوب أن يحتمله في درجة حرارة 20 °م إن درجة PN مختلفة تعني ثخانة مختلفة لجدار الأنبوب، وبالتبعية تعني اختلافاً في وزن القفص وقوته ومقاومته ومرونته. لذلك كلما ازدادت قيمة PN الخاصة بالأنبوب كلما ازدادت ثخانة جداره.

يعتمد كثير من منتجي أنابيب HDPE "نسبة الأبعاد القياسية" (SDR) كطريقةٍ لتدريج الأنابيب. تمثِّل نسبة الأبعاد القياسية SDR نسبة قطر الأنبوب إلى ثخانة جداره، ويمكن التعبير عنها كالتالي:

$$SDR = D / s$$

حيث:

D = القطر الخارجي للأنبوب (مم)،

s = ثخانة جدار الأنبوب (مم).

مثال: إن أنبوباً ذو SDR يساوي 9 وقطرٍ يساوي 250 مم ستكون ثخانة جداره 27.8 مم.

وبالتالي فإنه مع ارتفاع نسبة SDR سيصبح جدار الأنبوب أقل ثخانةً. بناءً عليه فإن أنبوباً ذو نسبة SDR عالية له تصنيف أدنى من احتمال الضغط، وأنبوباً ذو نسبة SDR منخفضة له تصنيف أعلى من احتمال الضغط.

عندما تستخدم أنابيب HDPE لبناء أقفاصٍ دائرية تكون الأنابيب مرهونة بعزمها المضاد. عموماً، إن نصف القطر الأدنى الممكن إغلاق دائرته ولحمها في قفص دائري يعادل قرابة 25 ضعفاً من القطر الخارجي للأنبوب. هذا يعني أن أنبوباً قطره 250 مم يمكن ثَنيُهُ في دائرة لا يقل نصف قطرها عن 6.25 م قبل أن يلتوي (250×25 = 6 250 مم). يختلف هذا الحساب تِبعاً لثخانة جدار الأنبوب وحرارة الجو. يقدم الجدول 15 نصف قطر الثَّني لأنبوب HDPE وفقاً لنسب أبعاد قياسية (SDR) مختلفة.

الجدول 15
نصف قطر الثَّني لأنابيب HDPE

نسبة الأبعاد القياسية (SDR)	نصف قطر الثَّني (الحد الأقصى المُوصى به)
9	20 × نصف القطر الخارجي
11	23 × نصف القطر الخارجي
13	25 × نصف القطر الخارجي
21	27 × نصف القطر الخارجي

يقدم الجدولان 16 و17 بعض التفاصيل التقنية كثخانة جدار الأنبوب ووزن المتر الواحد من الأنبوب وطُفُوّ المتر من أنبوب HDPE 80 PE و PE 100 لأرقام PN تلك وأقطار الأنبوب ذوات الاستخدام الأكثر شيوعاً في بناء الأقفاص.

الجدول 16
خصائص أنبوب HDPE 80 PE

أنابيب HDPE 80 PE												
قياس الأنبوب Ø (مم)	PN 6.3			PN 10			PN 12.5			PN 16		
	SDR 21			SDR 13.6			SDR 11			SDR 9		
	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)
110	–	–	–	8.1	2.6	6.9	10.0	3.2	6.3	12.3	3.8	5.7
125	–	–	–	9.2	3.4	8.9	11.4	4.1	8.2	14.0	4.9	7.4
140	–	–	–	10.3	4.2	11.2	12.7	5.1	10.3	15.7	6.1	9.2
160	7.7	3.7	16.4	11.8	5.5	14.6	14.6	6.7	13.4	17.9	8.0	12.1
180	8.6	4.7	20.7	13.3	7.0	18.4	16.4	8.5	17.0	20.1	10.1	15.3
200	9.6	5.8	25.6	14.7	8.6	22.8	18.2	10.4	21.0	22.4	12.5	18.9
225	10.8	7.3	32.4	16.6	10.9	28.8	20.5	13.2	26.6	25.2	15.9	23.8
250	11.9	9.0	40.1	18.4	13.5	35.6	22.7	16.3	32.8	27.9	19.5	29.6
280	13.4	11.3	50.2	20.6	16.9	44.6	25.4	20.4	41.2	31.3	24.4	37.1
315	15.0	14.3	63.6	23.2	21.3	56.6	28.6	25.7	52.2	35.2	30.9	47.0
355	16.9	18.1	80.8	26.1	27.0	71.9	32.2	32.6	66.3	39.7	39.3	59.6
400	19.1	23.0	102.6	29.4	34.2	91.4	36.2	41.5	84.1	44.7	49.8	75.8
450	21.5	29.0	130.0	33.1	43.4	115.6	40.9	52.5	106.4	50.3	63.0	96.0
500	23.9	35.9	160.4	36.8	53.5	142.8	45.4	64.8	131.5	–	–	–

ملحوظة: Ø = قطر الأنبوب مم، T = ثخانة الجدار مم، W = وزن الأنابيب كغ/م، B = الطُفُوّ كغ/م، SDR = نسبة الأبعاد القياسية، PN = الضغط الاسمي.

الجدول 17
خصائص أنبوب HDPE 100 PE

أنابيب HDPE 100 PE												
قياس الأنبوب Ø (مم)	PN 6			PN 10			PN 16			PN 25		
	SDR 26			SDR 16.8			SDR 11			SDR 7.3		
	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)	T (مم)	W (كغ×م)	B (كغ×م)
110	–	–	–	6.6	2.2	7.3	10.0	3.2	6.3	15.1	4.5	5.0
125	–	–	–	7.4	2.8	9.5	11.4	4.1	8.1	17.1	5.8	6.4
140	–	–	–	8.3	3.5	11.9	12.7	5.1	10.3	19.2	7.3	8.1
160	6.2	3.0	17.1	9.5	4.5	15.6	14.6	6.7	13.4	21.9	9.5	10.6
180	6.9	3.8	21.7	10.7	5.7	19.7	16.4	8.5	16.9	24.6	12.1	13.4
200	7.7	4.7	26.7	11.9	7.1	24.3	18.2	10.5	20.9	27.4	14.9	16.5
225	8.6	5.9	33.9	13.4	8.9	30.8	20.5	13.3	26.4	30.8	18.9	20.9
250	9.6	7.3	41.8	14.8	11.0	38.1	22.7	16.4	32.7	34.2	23.3	25.8
280	10.7	9.1	52.5	16.6	13.8	47.8	25.4	20.5	41.0	38.3	29.2	32.4
315	12.1	11.6	66.3	18.7	17.5	60.4	28.6	25.9	52.0	43.1	36.9	41.0
355	13.6	14.6	84.3	21.1	22.2	76.7	32.2	32.8	66.1	48.5	46.8	52.1
400	15.3	18.6	107.1	23.7	28.1	97.5	36.3	41.7	83.9	54.7	59.5	66.1
450	17.2	23.5	135.5	26.7	35.6	123.4	40.9	52.8	106.2	61.5	75.3	83.7
500	19.1	28.9	167.3	29.7	44.0	152.2	45.4	65.1	131.1	–	–	–

ملحوظة: Ø = قطر الأنبوب مم، T = ثخانة الجدار مم، W = وزن الأنابيب كغ/م، B = الطُفُوّ كغ/م، SDR = نسبة الأبعاد القياسية، PN = الضغط الاسمي.

مثال: قفص ثنائي الأنبوب قطره 60 م مبني من أنابيب قطرها 250 مم من نمط HDPE PE 100 وPN 16، سيكون طُفُوُّها (دون الأخذ بالاعتبار وزن الأهِلَّة والسياج) معادلاً 3 924 كغ (60 م × 2 أنبوب = 120 م × 32.7 كغ = 3 924 كغ).

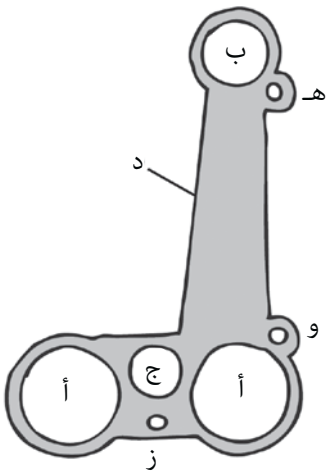
الأَهِلَّة

الهلال عنصر بُنيوي بالنسبة لطوق القفص يربط الأنابيب معاً لتشكيل الطوق (الشكل 29). إن قوة الهلال عامل أساسي في موثوقية القفص. قد يشتمل تصميم الهلال على مُرتكزين أو ثلاثة (أو حتى أربعة أحياناً) للأنابيب العائمة الرئيسة كما هو موضح في (أ) في الشكل 29. وقد تكون فجواتٌ (مُرتَكَزاتٌ) أخرى متوفرةً لأنابيب الممشى (ج). وفي أعلى الركيزة العمودية (د) ثمة مُرتَكَزٌ (ب) حيث يُقحَمُ السياج. وقد تكون الأهلة مجهزة بنقاط ارتباط مخصصة للشبك (هـ و و) وأخرى لمنظومة الإغراق (ز)، التي يمكن تأمينها بخطوط أو حبال. يمكن استخدام هذه النقطة الأخيرة (ز) أيضاً لربط سلسلة الأمان المحيطية التي تمثل ضماناً إضافياً لمنع انفراط عقد الطوق في حالات هِياج الموج.

يتوفر طيف واسع من الأهِلَّة لدى مُصنِّعي الأقفاص الشبكية، لذا يتوجب لدى اختيار التصميم الأخذ بالاعتبار مدى تَعَرُّض الموقع والقوة المطلوبة للقفص.

ثمة أربع فئات رئيسة من الأَهِلَّة: لدائن (بلاستيك) ملحومة، لدائن القالب الدوار، لدائن قالب الحقن، وأهِلَّة معدنية.

الشكل 29
شكل تخطيطي للهلال (أنبوبان عائمان، مقطع جانبي)



ملحوظات: أ) مُرتكزا الأنبوبين العائمين الرئيسين، ب) مُرتكز أنبوب السياج، ج) مُرتَكَز إضافي لأنبوب الممشى، د) ركيزة عمودية، هـ) نقطة ربط حبل السياج العلوي/الدرابزين/شبك القفز، و) نقطة ربط حبل خط الماء، ز) نقطة ربط المُغْرِقات أو ربط أنبوب الإغراق أو مُرتَكَز سلسلة الأمان المحيطية.

الأهِلَّة من اللدائن الملحومة تُصنَع مع أنابيب HDPE ومكونات HDPE ملحومة معاً (اللوحة 23). يكون هذا النوع من الأهِلَّة شديد الصلابة، مع أنه يجب أن تُلحَمَ المكونات كافةً بالشكل الأفضل لضمان ديمومتها. إن كانت الأقفاص ستُرَكَّب في موقعٍ مُعَرَّضٍ يجب أن يتجنب التصميم نقاط لحامِ المُناكَبَة على الركائز العمودية (انظر ركائز السياج – اللوحة 24)، ذلك

اللوحة 23
هلال HDPE مصنوع مع أنابيب HDPE ملحومة ومُدَعَّمٌ على قاعدة الركيزة العمودية

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 24
أهِلَّة HDPE مصنوعة مع أنابيب HDPE مركبة على القفص. لاحظ نقاط لحامِ المُناكَبَةِ على الركيزة العمودية (الأسهم الحُمر)، والتي هي أقل صلابةً

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 25
أهلة بولي إيثيلين PE مصنوعة بتقانة القالب الدوار

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 26
أهلة بولي إيثيلين PE مصنوعة بتقانة القالب الدوار قبل التركيب

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

أن تلك النقاط تصبح نقاط ضعف على عناصر الركائز العمودية التي تتعرض للإجهاد نتيجة للحركة المستمرة للأمواج.

قد تكون الأَهِلَّة اللَّدَنِيَّة المُقَولبَة بالقالب الدوار الأَهِلَّة الأكثر شيوعاً في أقفاص HDPE (اللوحتان 25 و26). إنها تُنْتَجُ باعتمادِ تِقانة التصنيع بـ "القالب الدوار"، حيث يُملأ قالبُ هلالٍ مفردٍ باللدائن (PE أو HDPE) ثم يُحمى إلى نقطة ذوبان اللدائن. وبدوران القالب تنتشر وتندفع اللدائن الذائبة بالتساوي إلى جدران القالب. عندها يُبَرَّد القالب ثم يُفتَح ويُحَرَّر الهلال اللَّدَنِي ويصبح جاهزاً. هذه الأنواع من الأَهِلَّة ليست لدائن مُصمَتَةً صَمَّاء، وتبقى ثخانة اللدائن والتصميم ذاته هما الخاصتان البنيويتان المفتاحيتان المؤثرتان في صلابتها. بالاعتماد على التصميم، يمكن أن يتفاوت وزن تلك العناصر من 15–20 كغ (للأنماط الخفيفة) إلى 50 كغ (للأنماط الأشد قساوة). تُملأُ بعض الأنماط بأشباه البولي يوريثان الممدد لزيادة القساوة ومنع التشوهات.

تُنْتَج الأَهِلَّة اللَّدَنِيَّة المقولبة بالحقن (اللوحة 27) بإجرائية مغايرة لما ذُكِر أعلاه. تُصَنَّع الأَهِلَّة اللَّدَنِيَّة المقولبة بالحقن بإقحام لدائن البولي إيثيلين (PE أو HDPE) في برميل مُسَخَّن حيث تُخلَط ومن ثم تُحقَن في قالب حيث تبرد وتقسو. إن الأَهِلَّة اللَّدَنِيَّة المقولبة بالحقن مُصمَتَةٌ صَمَّاء وهي لذلك شديدة الصلابة ولكنها أثقل وزناً من تلك المُقَولبَة بالدوران.

كانت الأهلة المعدنية واسعة الاستخدام في الماضي، ولكن مع تزايد استخدام الأهلة اللَّدَنِيَّة اقتصر استخدام الأهلة المعدنية أساساً على المواقع الأكثر حمايةً (اللوحة 28). إلا أن أهلة فولاذية متينة شديدة التَّحَمُّل تُنتَجُ من قبل بعض المصنعين (مثلاً: Aqualine, Norway). تصنع الأهلة المعدنية عادةً من الحديد المُغَلفَن (المطلي بالزنك) إما بِلَحْمِ مكوناتها أو بتبشيمها. يمكن أن تكون الأهلة المعدنية أرخص من الأهلة اللَّدَنِيَّة، ولكن لا يُنصَح باستخدامها في المواقع المُعَرَّضة وذلك بسبب عائقين رئيسين. يمكن للصدأ (تآكل الغلفنة) أن يؤثر على موثوقيتها على مدى الزمن، كما أن الأنابيب اللَّدَنِيَّة قد تتلف نتيجة الاحتكاك المستمر بالمكونات المعدنية.

ثمة بعض الأهلة المصممة خصوصاً للاستخدام كعناصر تدعيم مؤقت لتحل محل هلال أصيل عندما يتَهَتَّك. يمكن تركيب هذه الأَهِلَّة الداعمة مباشرة في الموقع من خلال إحاطتها بالأنابيب أثناء كون القفص قيد التشغيل (اللوحتان 29 و30).

إن الأهلة القابلة للإزالة هي حل داعم ومؤقت، إذ أن الهلال الأصلي يجب أن يُستَبدَل بأسرع ما يمكن. ويجري إحلال أَهِلَّة أصلية محل الأهلة التالفة عادة على اليابسة، فالإجرائية تتضمن قص أنابيب HDPE وإزالة الهلال المكسور وإقحام هلال بديل ومن ثم إعادة لحم الأنبوب في طوق كامل.

اللوحة 27
هلال لَدَنِي (بلاستيكي) مُقولَب بالحقن

مُجامَلَةً من *AKVA GROUP AS*

اللوحة 28
مكونات مفكَّكة لهلال فولاذي مغلفن

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 29
هلال قابل للفك – مفكوك

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

اللوحة 30
هلال قابل للفك – مُجَمَّع

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

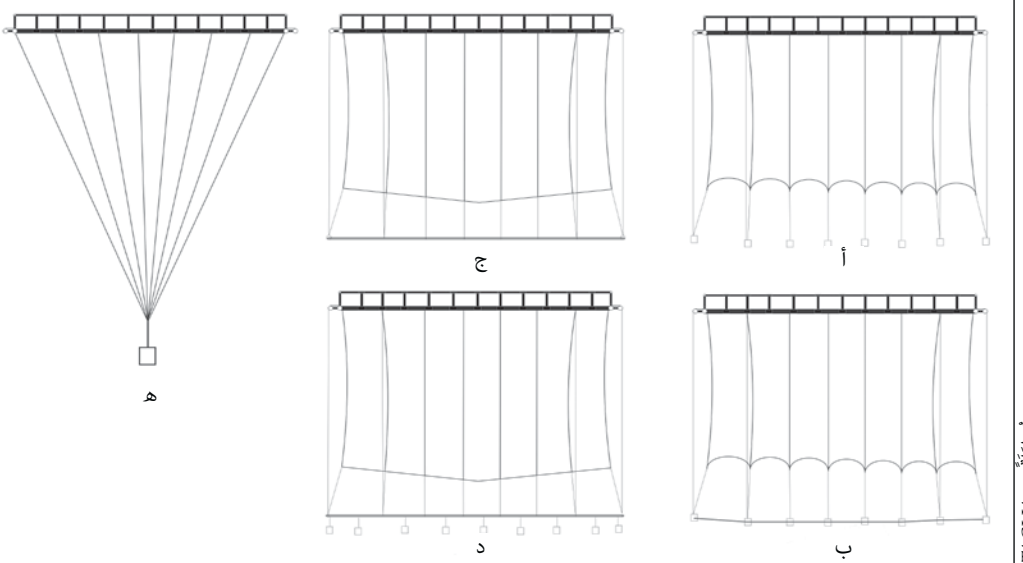
المُغْرِقات وأنبوب الإغراق

تحتاج الأقفاص الشبكية إلى أثقال إغراق للمحافظة على حجم القفص مع تغير التيارات. ثمة طريقتان رئيستان لتثقيل الشبك: أ) استخدام مُغْرِقات عدة (أو أثقال)، أو ب) استخدام أنبوبِ إغراقٍ مُفرد. كما تستخدم أيضاً بعض طرق الجمع والتعديل بين هاتين الطريقتين (انظر الشكل 30).

إن تَعَدُّد المُغْرِقات طريقة مُعتادة لتثقيل الشبك (انظر اللوحات 31–36). تُثَبَّت مُغْرِقات عِدَّة، وعادة مُغْرِقٌ واحد لكل هلال، على الأنبوب الخارجي لطوق القفص بحبل. يمكن ربط هذا الحبل إما بالأنبوب أو بالهلال (إن كان تصميم الهلال يحوي نقطة ربط). ويجب أن يكون الحبل أطول ببضعة أمتار من جدار شبك القفص. ويكون الشبك مربوطاً إما إلى المُغْرِقات (اللوحة 31) أو إلى حبال المُغْرِق (اللوحة 35) بخطوط تجري من الحبل الرئيس للقفص الشبكي.

يعتمد وزن كل من المُغْرِقات على حجم الشبك وقياس العين والخصائص البيئية للموقع، فالتيارات الأسرع والأمواج الأكبر تتطلب مُغْرِقات أكبر وزناً.

الشكل 30
نظم إغراق مختلفة



مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

ملحوظات: أ) مُغْرِقٌ مفرد، ب) مُغْرِقاتٌ مفردة متصلة من خلال حبل جامع، ج) أنبوب إغراق، د) أنبوب إغراق مع أوزان إضافية، هـ) شبكة مستدقة الطرف مع مُغْرِقٍ واحد.

اللوحة 31
مُغْرِقات اسمنتية – تركيب صحيح

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 32
مُغْرِقات اسمنتية مركبة بشكل غير صحيح: حبل المُغْرِق العمودي قصير جداً والشبكة معلقةٌ على المُغْرِق

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

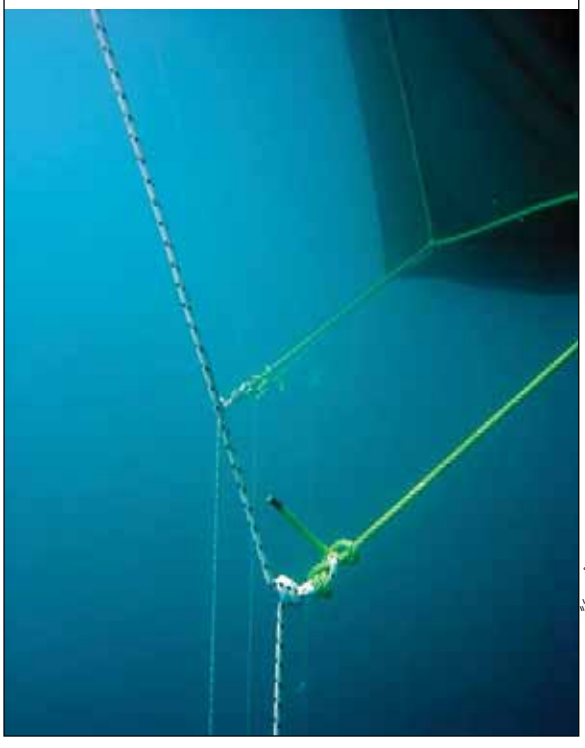
اللوحة 33
أكياس شبكية مملوءة بالرمل والحصى أو الأحجار الصغيرة للاستخدام كمُغْرِقات موازنة

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 34
سلاسل دعامة مسمارية مستخدمة كمُغْرِقات. تُفَضَّل السلاسل في الاستخدام لموازنة توتر الشبك بسبب الوزن الأكبر للفولاذ في الماء مقارنة بالإسمنت والحجارة أو المواد لأخرى

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 35
الشبك مثبت على حبل المُغْرِق



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

عادة ما تصنع المُغْرِقات من الاسمنت المسلح (اللوحات 31 و32 و36). يمكن صنع هذه المُغْرِقات بسهولة من خلال ملء قطعة من أنبوب PVC بالإسمنت بعد إدخال قطعة من سلسلة فيه بحيث تبرز الحلقة الأعلى من السلسلة لمسافة كافية خارج الأنبوب ليصار إلى ربطها بحبل المُغْرِق أو بالشبك. (ملاحظة: يفقد الاسمنت 50 في المائة من وزنه عندما يُغمرُ في الماء).

يمكن إعداد مُغْرِقات رخيصة للغاية باستخدام أكياس شبكية مملوءة بالحصى والرمل (اللوحة 33). إلا أن هذه الأكياس، وإن كانت غير مكلفة، مُعَرَّضَة للتمزق ما يؤدي إلى فقدان التوازن.

اللوحة 36
منظر عام لمنظومة الإغراق ذات العديد من المُغْرِقات

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 37
عنصر HDPE لوصل أنبوب الإغراق. يُظهِر هذا الأنموذج كيف يُثَبَّت أنبوب الإغراق (ممثلاً بقطعة من الأنبوب) على حبل المُغْرِق (بالأصفر مع حلقة لَدَنِيَّة)، وكيف يمكن إضافة مُغْرِقات أخرى (كالسلسلة كما هو موضح). يمكن استخدام الثقب الحر المتبقي كنقطة ربط للشبك

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

يمكن أيضاً استخدام قطع من سلاسل الإرساء الكبيرة (40 كغ وزن المتر) كمُغْرِقات (اللوحة 34).

من الأهمية بمكان أن لا تُعَلَّق المُغْرِقات مباشرة على الشباك أو على الخطوط–الدُّنيا (الحبال العمودية) المحبوكة في الشبك. بل يجب أن يُحمَل وزن المُغْرِق مباشرة من قِبَل طوق القفص.

يجب أن يكون حبل المُغْرِق طويلاً بما يكفي لِتَجَنُّب حدوث تماسٍ ما بين المُغْرِق والشبك. يجب الانتباه إلى "التيار السفلي" جانب الشبك حيث يمكن لقاعدة الشبك أن تُدفَعَ إلى المُغْرِقات وتَتلَف نتيجة الاحتكاك. يمكن منع هذا من الحدوث من خلال: 1) إطالة حبال المُغْرِق، أو 2) تغطية المُغْرِق بشباك احتياطية.

إن الطريقة الأخرى لإغراق الشبك هي باستخدام "أنبوب إغراق". إن أنبوب الإغراق هو منظومة إغراق دائرية مصنوعة من أنابيب HDPE الملحومة مُناكَبَةً وبداخلها سلسلة أو حبل فولاذي أو حَصَى. يكون طول السلسلة أو الحبل الفولاذي مماثلاً لطول الأنبوب، ومن المفضل أن يكون مُؤَمَّناً لمنع الانزلاق. تكون مواد الإغراق عادة هي تلك المُتَيَسِّر شراؤها ونقلها بأقل التكاليف، والتي هي عادةً مواد مستعملة من أقرب المصادر.

يختلف وزن أنبوب الإغراق مع اختلاف حجم القفص ويُحتَسَب أساساً بالاعتماد على تيار الماء المتوقع. على سبيل المثال من 40 إلى 70 كغ/م في أقفاص ذوات محيط 90–160 م (مثلاً تلك المستخدمة في مزارع السالمون salmon) ومن 15 إلى 40 كغ/م في الأقفاص الأصغر (محيطها 60–90 م) المستخدمة في البحر المتوسط لاستزراع القاروس الأوربي والقجاج.

إن طولَ أنبوبِ الإغراقِ أقَلُّه يعادل طولَ طوقِ القفصِ (ويُفَضَّل أحياناً اعتماد خيار أن يكون المُغْرِقُ أطول ببضعة أمتار)، وعادة ما يُعمَلُ من أنبوب ذي قطر داخلي متباين تبعاً لتصميم القفص (مثلاً من قرابة 120 مم وحتى 400 مم) (انظر اللوحة 39). وهو يُعَلَّق مع مُغرِقاته اعتباراً من طوق القفص بحبال تُثَبَّت على الأنبوب الخارجي (اللوحة 37)، أو على قاعدة كلٍ من الأَهِلَّة (اللوحة 38). يمكن ربط الشبك بخطوط من الخط القاعدي للشبك إما مباشرة على الأنبوب نفسه أو على الحبال الدنيا للمُغرِق.

على الرغم من كون أنبوب الإغراق أعلى كُلفةً من المُغْرِقات، فإن الأنبوب سيحافظ بشكل أفضل على شكل قاعدة الشبك وعلى حجم القفص كونَ بنيةُ الأنبوب متماسكةً نسبياً وتُبلي بلاءً حسناً عندما تتعرض للتيارات (اللوحة 39).

يمكن لاستخدام أنبوبٍ إغراق لشدِ قاعدة الشبك أن يكون مفيداً جداً في حالات إرساء الأقفاص في مواقع ضحلة للغاية (ولو أنه لا يُنْصَحُ بذلك أبداً)، وبما يُمَكِّن من الإبقاء

على قاعدة الشبك متوترةً مشدودةً لضمان أقصى مسافة ممكنة بين قاعدة الشبك وقاع البحر. (ملاحظة: لا يُنْصَح باستخدام مواقع بهذه الضحالة).

اللوحة 38
مثال على حبل المُغْرِق موصولاً بقاعدة الهلال

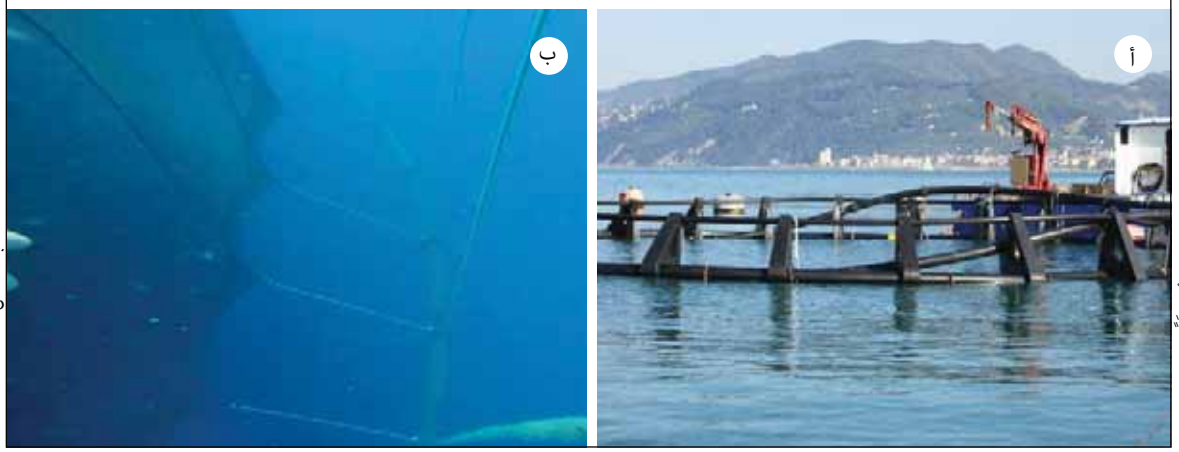
مُجامَلةً من AD.AQ. SRL

بناء الطوق

تختلف إجرائية بناء طوق القفص باختلاف أنموذج القفص المُراد بناؤه.

يحتاج بناء طوق القفص مساحةً مفتوحةً قريبة من البحر بما يكفي للسماح بإطلاقٍ سهلٍ للقفص عند إنجازه، وفسيحة بما يكفي لاحتواء المكونات المختلفة جميعها اللازمة لهذه الغاية (أنابيب، أهِلَّة، أسطوانات البوليستيرين، وغير ذلك) وللسماح لأنابيب الطوق بالتوصيل معاً. إن باستطاعة رافعة شوكية أو آلية مماثلة أن تسهل كثيراً عملية البناء. ومن الضروري أيضاً توفُّر مصدرٍ للطاقة لتشغيل آلة اللحام، ولذلك يجب توفر مولدة كهربائية إن لم يتوفر مأخذ للكهرباء.

اللوحة 39
أنبوب الإغراق. أ) أنبوب إغراق مثبت مؤقتاً على سياج القفص، لتسهيل عملية النقل من المرفأ إلى الموقع، ب) أنبوب إغراق مُرَكَّب



مُجامَلةً من AQUA SRL

مُجامَلةً من A. CIATTAGLIA

تجميع مكونات القفص

تجمع أنابيب HDPE معاً بآلة لِحامٍ مُناكِبٍ. يشمل لِحامُ المُناكَبَة تسخين نهايتي الأنبوب إلى درجة الانصهار ومن ثم جمع النهايتين سوية بالقوة. تتم عملية التجميع كما يلي:

- يُملأ كل من أنابيب HDPE بأسطوانات البولي ستيرين (اللوحتين 40 و 43). إن لأسطوانات البولي ستيرين هذه قطراً أصغر بقليل من القطر الداخلي للأنابيب. سوف يضمن وجود البولي ستيرين طُفُوَّ القفص إن تعرضت الأنابيب للتلف ووجد الماء طريقه لداخلها. وفي بعض أنماط الأقفاص التي تتمتع باحتياطي طُفُوٍ عالٍ يُملأ فقط الأنبوب الداخلي بالبولي ستيرين.
- تُجمَع أنابيب HDPE معاً بالتتابع بآلة لِحامٍ مُناكِبٍ لإنتاج أنبوبين طول الواحد منهما معادلاً للمحيط النهائي للقفص.
- ومن ثم تُقْحَمُ الأَهِلَّة في كلا الأنبوبين (اللوحة 41).
- ثم يُرَكَّب الدرابزين ويُقحَم في الفوهة العليا للركائز العمودية (انظر اللوحة 43).
- تُوَزَّع الأَهِلَّة على مسافات محددة مسبقاً على امتداد نصف أطوال الأنابيب.

اللوحة 40
إقحام أسطوانات البوليستيرين داخل الأنابيب

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

- تُثْنى الأنابيب بمساعدة رافعة شوكية وبكرات مناسبة للجمع ما بين نهايتي كل منها تمهيداً لإجراء عملية اللحامِ المُناكِبِ الأخيرة للأنابيب الرئيسة والسياج (اللوحات 42–44).
- تُوزَّع من ثم الأَهِلَّة المتبقية على امتداد أطوال الأنابيب كافة، وتُضبط المسافات فيما بينها لضمان أنها على مسافات متساوية بعضها عن بعض (اللوحة 45).
- عندها تُثَبَّت الأَهِلّة في مواضعها بلحام كوابح من HDPE على أسطح الأنابيب (اللوحة 46). كحل بديل يمكن استخدام سلسلة تمتد حول طوق القفص وتُثَبَّت على كلٍ من الأَهِلَّة.
- ثم يُرَكَّب أنبوب الإغراق (إن كان سّيُستَخدَم) ويربط مؤقتاً على ممشى طوق القفص، لتسهيل نقل الطوق إلى الموقع (انظر اللوحة 39).

تكمن نقطة الضعف الرئيسة في أقفاص HDPE في رداءة نوعية اللُّحمات المُناكِبَةِ. وإن السبب الأكثر شيوعاً لرداءة نوعية اللُّحمَةِ المُناكِبَةِ هو عدم انتباه القائم بالعملية للتوقيت والحرارة والضغط اللازمين لاندماج اللحام بالشكل المناسب، أو إجراء عملية اللحام خلال ظروف غير ملائمة. على المُشَغِّل القائم بعملية اللحامِ المُناكِبِ أن يتأكد مُسبقاً من أن آلة اللِّحام قد وُضِعَت للتشغيل في منطقة جافة. يجب ألا تتعرض التجهيزات للمطر أو الغبار، ويجب التوقف عن عملية اللحام في الأحوال المُغبَرَّة أو العاصِفةِ أو الماطِرة.

اللوحة 41
الأنبوبان الرئيسان عقب بنائهما. الأنبوبان قد أُقحِما عبر الأَهِلَّة الموزعة على مدى نصف طول الأنبوب. السياج قد أُقحِم أيضاً

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

اللوحة 42
الأنابيب مَثْنِيَّة في دائرة كاملة

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

اللوحة 43
تفاصيل نهاية الأنبوب: إن أسطوانات البولي ستيرين مرئية. وقد أُدخِل السياج أيضاً في الفجوات العليا من الركائز العمودية

مُجامَلَةً من *AD.AQ. SRL*

اللوحة 44
عملية اللحام المُناكِب الأخيرة لنهايتي الأنبوب، وعقب عملية اللحام هذه يكون الأنبوب الأول من طوق القفص قد أُغْلِق

مُجامَلَةً من AD.AQ. SRL

اللوحة 45
توزيع الأهِلَّة بالتساوي على امتداد الأنبوب

مُجامَلَةً من AD.AQ. SRL

تركيب الطوق

بمجرد إنجاز طوق القفص يمكن إطلاقه بالانزلاق إلى الماء (اللوحة 47). يتوجب أداء هذه العملية بعناية فالأنابيب قد تلتوي أو تنهار إن ثُنِيَت إلى الحد الذي يتجاوز الحد الحَرِج. يمكن لمكونات القفص أيضاً أن تتعرض للتلف أثناء انزلاقه عبر الرصيف.

وبغية الإقلال من مخاطر التلف يمكن تدعيم طوق القفص ببعض خطوط التثبيت المشدودة قطرياً التي سوف تحافظ على الشكل الدائري للطوق ومنع الانثناء المفرط للأنابيب.

يمكن إطلاق طوق القفص إما باستخدام عربةٍ رافعةٍ شوكية أو قارب العمل أو بالجمع ما بين الخيارين. يقدم الشكل 37 منظراً تخطيطياً لإطلاق طوق القفص – حبل القطر والحبال المتوضعة قطرياً مُعَبَّراً عنها بخطوط زُرق.

اللوحة 46
تثبيت الأهِلَّة في مواضعها بواسطة مكابح HDPE على الأنبوب الداخلي (السهم الأحمر)، أما الأنبوب الخارجي فهو غير مزود بمكابح. تُلحَم المكابح على أنبوب القفص باستخدام آلة لِحامٍ HDPE محمولة باليد

مُجامَلَةً من AD.AQ. SRL

اللوحة 47
طوق القفص مُنْجَزٌ، لاحظ الألوان المختلفة للأهِلَّة: تشير الأهِلَّة السوداء إلى مواضع ربط لُجُم الإرساء

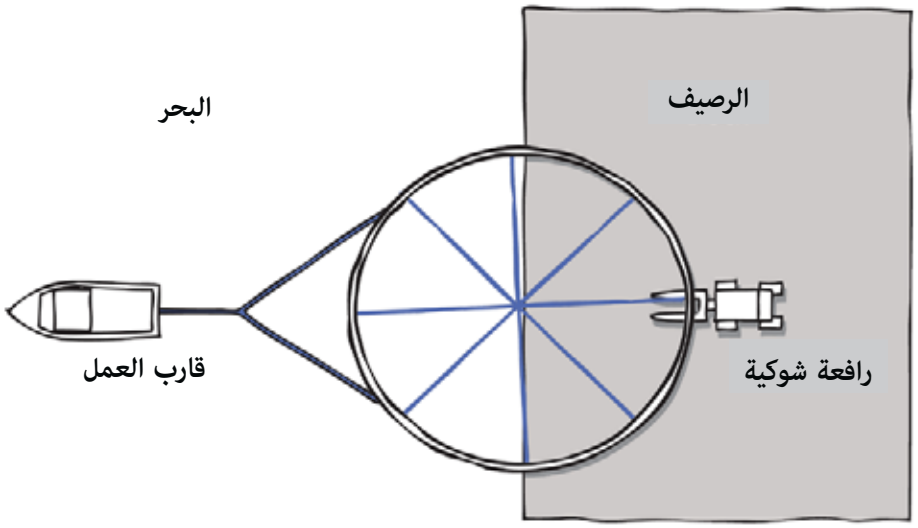
مُجامَلَةً من AD.AQ. SRL

تنويه: تختلف على الدوام مواقع الإطلاق، والشيء الهام الواجب تذكره هو عدم إلحاق أي أذًى جدي بالقفص. فعلى سبيل المثال إن توجب سحب الطوق عبر منطقة صخرية (دَكَّة) قبل دخوله الماء يُنصَحُ بوضع بعض المواد (أنابيب أو روافد) تحته بما يُسَهِّل من انزلاقه.

يمكن قطر القفص بسهولة بواسطة قارب من حجم مناسب ذي محرك خارجي.

من الهام تركيب حَبْلَي قَطْرٍ أو لِجامَين "بشكل V" لتوزيع قوة السحب على نقطتين من القفص على الأقل (الشكل 31).

الشكل 31
إطلاق طوق القفص من الرصيف



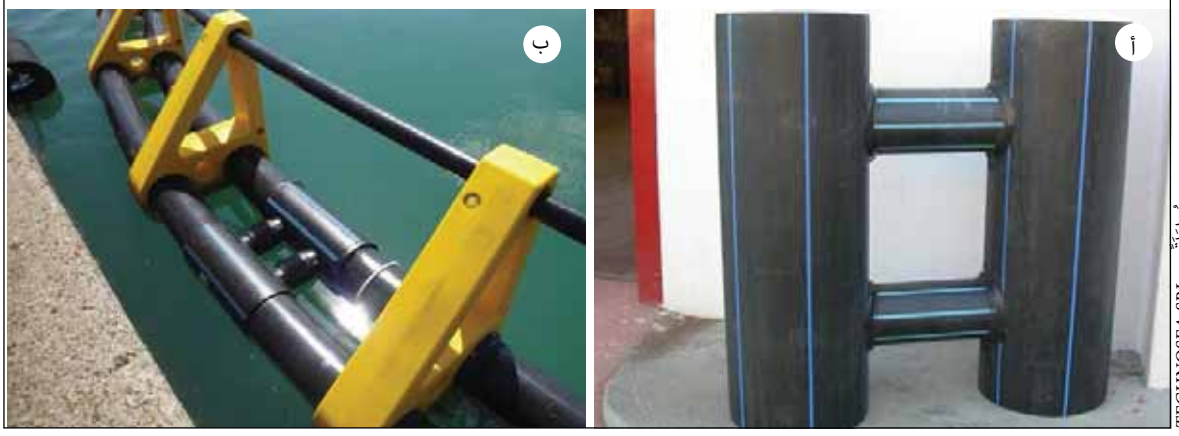
ملحوظة: منظر علوي: قارب عمل يسحب القفص إلى الماء على اليسار، في حين تدفع عربةُ رافعةٍ شوكية على اليمين. الحبال ملونة بالأزرق (الأَهِلَّة غير مُشارٍ إليها هنا).

يجب أن تكون نقاط ارتباط الحبال بالقفص مركبةً على أنبوبه الداخلي. كما يجب أن تكون المسافة بين نقطتين 4 م على الأقل بالنسبة لقفص يصل قطره إلى 70–80 م.

قد تحتوي بعض نماذج الأقفاص هلالَ إرساءٍ مصمم خصوصاً لتَحَمُّل قوى توتر عالية. إن كان هلال الإرساء متوفراً فيمكن ربط الحبل عليه (اللوحة 48).

تركب هذه الأهلة إن كان القَطْر سيتم عبر مسافات طويلة (مثل ذلك في أقفاص قَطْر التونة).

اللوحة 48
يُرَكَّب هلال الإرساء على أنابيب القفص أثناء تجميع القفص على اليابسة. إنه مصمم لتَحَمُّل قوى كبيرة على نقاط الإرساء.
أ) عنصر نقطة إرساء قبل التركيب، ب) نقطة إرساء مركبة على القفص



مُجامَلَةً من TECHNOSEA SRL

يمكن لهلال الإرساء أن يضاعف ثخانة الأنبوب، كما أنه يمنع اللجام أو حبل القَطْر من أن ينزلق حول أنبوب HDPE، وبذلك يُتَجَنَّب احتكاك الحبال على مكونات القفص اللَّدَنِيَّة.

إنه من الأفضل تركيب خطوط التثبيت القُطرِية الداخلية قبل المباشرة بقَطْرِ القفص.

إن كانت عملية القطر تتم والشبك مركب على القفص فإنه يجب المحافظة على مسافة بين القفص والقارب أدناها 50 م لمنع مروحة المحرك من أن تُقحَمَ في الشبك. كما يجب مضاعفة هذه المسافة إلى 100 م إن كان ثمة من سمك في الشبك.

إن سرعة قطرٍ مرتفعة سوف تُحدِث قوىً باتجاه الأسفل على الحافة المتقدمة من أنابيب الطوق على الجهة المقابلة للقارب (أي الحافة الداخلية من الجزء المقطور من الطوق). لذلك يُنْصَح بربط عوامات (واقيات صدمات، طوافات أو أي مواد طافية أخرى) على هذه الأجزاء من الأنبوب.

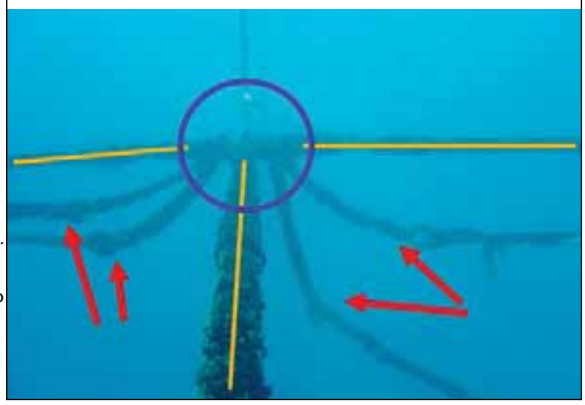
عند موقع المزرعة يُرسَى كل طوق من أطواق الأقفاص على منظومة الشبيكة من خلال خطوط اللجام المربوطة إلى صفائح الإرساء (اللوحة 49). وعادة ما يتوفر خطان من كل صفيحة لكل عمليةِ إرساءٍ للطوق، ولما كان من المتوجب أن يُرسَى كل قفص على أربع صفائح فإن ما مجموعه ثمانية خطوط سوف تُستَخدَم لكل قفص. وقد يكون من الضروري استخدام ثلاثة خطوط لكل صفيحة (بمجموع من 12 خطاً للقفص)، للأقفاص الكبيرة (بقطرٍ > 25 م) أو في المواقع الأكثر تَعَرُّضاً.

إن تصميم وصلات خط اللِّجام بالطوق موصوف في الشكل 32. أربعة أزواج من خطوط اللجام (الخُضر) تربط الصفائح الزَّاوِيَّة (الزُّرق) بالطوق. يجب أن تكون نقاط الربط على القفص متناظرة. يمكن تمييز نقاط ربط اللُّجُم بسهولة باستخدام أَهِلَّةٍ من لون مختلف (انظر اللوحة 47). ومن الأهمية بمكان التَّوضُّع المُنْتَظَم لِلُّجُم على الطوق لضمان توزعٍ متساوٍ للوزن. لاحظ أن كل خط من خطوط اللُّجُم مربوط على الجانب الأبعد من الهلال، وأن لكل زوج من خطوط اللُّجُم واحداً منهما على الجانب الأيسر من الهلال في حين أن الآخر كائن على الجانب الأيمن منه.

إن اللُّجُم مكونات حَرِجَة ويمكنها أن تؤثر على وحدة الأقفاص وتماسكها إن لم تركب بالشكل المناسب. لذا فإنه من الأهمية بمكان أن تُصَمم منظومة اللُّجُم مسبقاً وتُقاس مسبقاً وأن تُعَلَّم لتَجَنُّبِ أي خطأ في مرحلة التركيب.

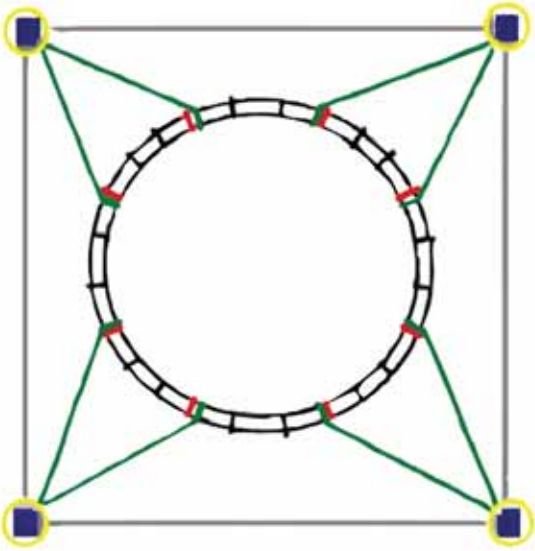
ثمة طرق عدة مختلفة يمكن استخدامها لربط خط اللِّجَام بطوق القفص (انظر اللوحات 50–52 والشكل 33). إن العقدة المستخدمة الأكثر شيوعاً موضحة في اللوحة 50 والشكل 33. يُمَرَّر خط اللجام فوق الأنبوب الخارجي أولاً ثم يُلَفُّ حول الأنابيب بالتناوب عدة مرات قبل أن يُعقَدَ على خط اللجام الجاري من صفيحة الشبيكة.

اللوحة 49
صفيحة الإرساء (في الدائرة الزرقاء) مع زوجين من خطوط اللُّجُم (الأسهم الحُمر) الموضحة في كل زاوية.
الخطوط البرتقالية تُقابل خطوط الشبيكة.
ملاحظة: إن الزوجين من خطوط اللُّجُم مرتبطين بقفصين مختلفين



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

الشكل 32
مخطط الأهِلّة وخطوط اللِجام على قفص ذي 24 هلالاً



اللوحة 50
خط اللجام مربوط إلى أنابيب طوق القفص. هذه العقدة موضحة في الشكل 33

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

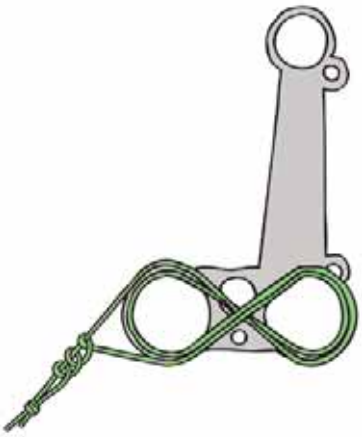
اللوحة 51
عقدة بديلة لتثبيت خط لجام على الطوق - عقدة الوتد على الأنبوب الخارجي والطرف الحر المتبقي مثبت على أنبوب المشى. العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام موضحة في الشكل 33

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 52
طريقة لجام بديلة لتثبيت خط اللِجام. الحبل الأزرق هو أنشوطة ذات عينين مجدولتين (مغطاة بأنبوب لَدَنِي لمنع الحك). يُحكَم شد الأنشوطة على الهلال ومن ثم يُربَط خط اللجام على العيون المجدولة. إن العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام موضحة في الشكل 33

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

الشكل 33
العقدة المفضلة لتثبيت خط اللجام (تخطيطية) على طوق قفص ثنائي الأنبوب



اللوحة 53
مُغْرِقات مُرَكَّبَة على اللُّجُم

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

إن كانت خطوط اللجام قابلة للطُفُوّ (مثلاً بولي بروبيلين) فإنها ستعيق تحركات القارب ويمكن لها أن تتشابك ومروحة المحرك أو أن تحيط بالدَّفَّة. ولمنع ذلك يمكن إضافة ثقل إغراق صغير (كتلة اسمنتية صغيرة أو قطعة من سلسلة) لكل خط من خطوط اللجام (اللوحة 53).

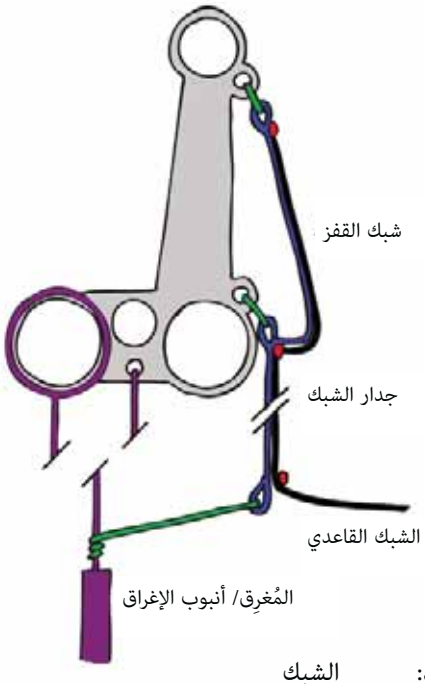
تركيب الشبك

تصف الاجراءات التالية العملية العامة لتركيب الشبك (خصائص الشبك موصوفة في الفصل 5). يمكن لإجراءات تركيب شبكٍ جديد أن تختلف من مزرعة لأخرى، وهي على الدوام قيد التحسين "في الحقل" عاماً بعد عام من قبل كل من فرق العمل.

- يُفرَد الشبك على الأرض ويُتَفَحَّص بعناية للتأكد من عدم وجود أية عيوب في التصنيع.
- إن كانت نقاط ربط الشبكة عيوناً مجدولة تراكُبِيَّاً فيجب تحضير عدد مناسب من خطوط التوصيل (الخطوط الخُضر في الشكل 34) وجمعها إلى جانب الشبك. يجب أن يكون عدد خطوط وصل الشبك بالأَهِلَّة ضِعفي عدد خطوط الشبك العمودية، وكل منها يجب أن يكون قرابة 1.5–2 م طولاً (يعتمد الطول الفعلي على تصميم الأَهِلَّة). أما عدد الخطوط اللازمة لوصل الشبك بمنظومة الإغراق سيكون مساوياً لعدد الخطوط العمودية، وهذه ستكون بطول عديد من الأمتار. إن طول هذه الحبال متباين ويتوقف على طول الشبك وأنموذج منظومة الإغراق.
- يُرفَع الشبك إلى داخل طوق القفص برافعة قارب. يُثَبَّت حبله العلوي على الأَهِلَّة على مستوى السياج، ويُثَبَّت حبل خط الماء على قاعدة كل من الأَهِلَّة.
- يربط الغواصون الحبل القاعدي إلى منظومة الإغراق من خلال خطوط الوصل.

تنويه: يجب أن يُتْرَكَ شبك القفز (الجزء من الشبك الكائن بين الحبل العلوي وحبل خط الماء) سائباً. يجب أن يتوزع وزن الشبك بكامله على امتداد كل من وصلات حبال خط الماء.

الشكل 34
مخطط تركيب الشبك (مقطع جانبي)



الأسود:	الشبك
الأزرق:	خط عمودي ذو نهايتين بعين مجدولة
البنفسجي:	منظومة الإغراق، التي يمكن تركيبها إما على الأنبوب الخارجي أو على نقطةِ ربطٍ على الركيزة
الأخضر:	الخطوط التي تصل الشبك بالأَهِلَّة وبمنظومة الإغراق
النقاط الحُمر:	الحبال الأفقية (مقطع نهاية الخط العلوي وخط الماء والخط القاعدي)

5. الألياف والشباك والحبال

الألياف

كان التطور الصناعي لمواد ومُماكِبات (بوليميرات) polymers جديدة بمثابة دافعٍ كبير للتوسع الحديث العهد في التربية في أقفاص. إن البحوث الجارية على الألياف المُتَماكِبَة (البوليميرية) الجديدة تقدم باستمرار مواد مبتكَرَة لشباك وحبال جديدة.

تلعب الألياف التركيبية دوراً رئيساً في القطاع الفرعي لصناعة تربية الأحياء المائية في أقفاص، كونها تُستَخدَم في صناعة كل من الشباك والحبال. يمكن استخدام المُماكِبات نفسها لكل من الأقفاص الشبكية ونظم الإرساء، ما يُوَحِّدُ القضايا المتعلقة بالقساوة والصيانة والموثوقية.

إن المُماكِبات التركيبية الأكثر شيوعاً للشباك والحبال هي النايلون أو البولي أميد (PA)، البولي إستر (PES)، البولي بروبيلين (PP)، والبولي إيثيلين العالي الأداء (Dyneema™ أو Spectra™). يمكن أن تُجْدَلَ ألياف البولي إستر والبولي بروبيلين سويةً لابتِداعِ نسيج شبكي يجمع ما بين خصائص كلٍ من المُماكِبَين. إن هذه المُماكِبات كلها غير ذوابة في الماء وذوات مقاومة كيميائية جيدة ولذلك فهي مناسبة للاستخدام في البيئة البحرية وتؤمن ديمومة وموثوقية ممتازتين.

الكثافة

يُظهِر الجدول 18 الكثافات المختلفة للألياف الرئيسة المستَخدَمَة في الاستزراع السمكي مُبَيِّناً سلوكها الطافي أو الغارق.

يختلف وزن جسم ما باختلاف المادة التي يُغمَرُ فيها. ووفقاً لدافعة أرخميدس يمكن أن يغرق الجسم أو يطفو بالاعتماد على الكثافة النسبية للجسم ذاته وللمادة المحيطة. تُستَخدَم مُعامِلات الضرب الواردة في الجدول 18 للوقوف على الوزن الفعلي للنُسُج في الماء.

الجدول 18
الألياف النسيجية وكثافتها ومعامل الضرب لتقدير الوزن في الماء

المادة الأساسية	الكثافة (غ/سم^3)	معامل الضرب	
		المياه العذبة	مياه البحر
بولي فينيليدين Polyvinylidene	1.70	(+) 0.41	(+) 0.40
قطن	1.54	(+) 0.35	(+) 0.33
قِنَّب سِيام	1.51	(+) 0.34	(+) 0.32
الكتان	1.50	(+) 0.33	(+) 0.32
السيزال Sisal	1.49	(+) 0.33	(+) 0.31
القِنَّب الهندي	1.48	(+) 0.32	(+) 0.31
قِنَّب مانيلا	1.48	(+) 0.32	(+) 0.31
بولي إستر (PES)	1.38	(+) 0.28	(+) 0.26
بولي فينيل كلورايد (PVC)	1.37	(+) 0.27	(+) 0.25
بولي فينيل الكحول (PVA)	1.30	(+) 0.23	(+) 0.21
أراميد (كيفلار)	1.20	(+) 0.17	(+) 0.15
نايلون، بولي أميد (PA)	1.14	(+) 0.12	(+) 0.10
بولي إيثيلين (PE)	0.95	(−) 0.05	(−) 0.08
بولي بروبيلين (PP)	0.90	(−) 0.11	(−) 0.14
بولي ستيرين (مُمَدَّد)	0.10	(−) 9.00	(−) 9.26

على سبيل المثال:

- باعتبار أن معامل الضرب لشباك النايلون يساوي: 0.12 (+) في المياه العذبة ويساوي 0.10 (+) في مياه البحر (انظر الجدول 18)، فإن شبكاً من النايلون وزنه في الهواء 25 كغ سيكون ذو وزن نهائي:
  - في الماء العذب: 25 كغ × 0.12 (+) = 3.0 كغ،
  - في ماء البحر: 25 كغ × 0.10 (+) = 2.5 كغ.

إن الأنسجة التي كثافتها < 1 تطفو، وإن ضرب الوزن بمُعامِل الضرب يشير إلى الطُفُوّ.

كمثال آخر: إن للبولي ستيرين مُعامِل ضرب 9.26 (–) في مياه البحر لذلك فإن 1 كغ من البولي ستيرين المغمور في مياه البحر سيكون وزنه النوعي 9.26– كغ، أو طُفُوّ يعادل 9.26 كغ.

البولي أميد (PA) أو النايلون

- يغرق (الكثافة = 1.14)
- مقاوم جداً للكسر
- مقاوم جداً للحك
- استطالة كبيرة (تَمَطُّط)
- مرونة ممتازة
- سعة كبيرة لامتصاص مماثلات مختلفة

إن ألياف النايلون هي الألياف الأكثر شيوعاً في تربية الأحياء المائية في أقفاص. فشباك الأقفاص وخطوط الإرساء والخطوط المستخدمة لربط الشبك بالطوق عادةً ما تكون مصنوعة من النايلون.

إلا أن للنايلون مقاومة ضعيفة للضوء فوق البنفسجي ما يعرضه للتَّدهور، لذلك فإن المكونات كافة المصنوعة من هذا الليف يجب أن تُخَزَّن بشكل مناسب بعيداً عن ضوء الشمس المباشر. فكلما طالت فترة تعرض شباك النايلون أو حباله للضوء فوق البنفسجي كلما ازداد النقص في حمولته الكاسرة وقوته الكلية ما يُسفِرُ عن خطر أكبر مُتَمَثِّلٍ في كُسُورٍ بُنيَويَّة.

إن النايلون شديد المرونة (23 في المائة عند الحمولة الكاسرة) ما يؤهله لزيادةٍ في طولِ كلٍ من مكوناته عقب فترة عمل من بضعة أشهر بما يقارب 10 في المائة. لذلك فإن منظومةَ إرساءٍ من النايلون تتطلب شداً ثانياً عقب نشرها ببضعة أشهر. وسوف يزداد عمق الأقفاص بمعدل 5–10 في المائة نتيجة لاستطالة الحبال والشباك المعرضة لحمولة المتعضيات البحرية النامية عليها أو قوى شد مُغرِقات الشبك.

يمكن لألياف النايلون أيضاً أن تتقلص مُسببةً مشاكل في الشبك. فمن الممكن، عقب عدة عمليات غسيل للشباك، أن تنقص الأبعاد الأفقية للشبك بمعدل 3–5 في المائة. ولدى تركيب الشبك يجب على الدوام أخذ هذا العامل بالاعتبار وتوفير مقدار إضافي من الشبك في التصميم لإتاحة المجال لهذه الظاهرة.

البولي إيثيلين (PE)

- يطفو (الكثافة = 0.94–0.96)
- مقاوم جيد للحك
- مطاطية جيدة

غالباً ما تُستَخدَمُ شباك البولي إيثيلين والبولي إيثيلين العالي الكثافة كشباك مانعة للطير / مانعة للمفترسات نظراً لِخِفَّةِ وزنها ومقاومتها للحك. تُستَخدَمُ الشباك المعقودة المجدولة أو المعقودة المبرومة في التربية اللاحقة للسالمون في المناطق حيث يُمنَع استخدام الشباك المقاوِمة لنمو المُتَعَضِّيات البحرية وحيث يتطلب الأمر عمليات تنظيف متكررة للشباك في الموقع ذاته.

البولي إستر (PES)

- يغرق (الكثافة = 1.38)
- مقاوم عالٍ للكسر

- مطاطية جيدة
- استطالة منخفضة
- مقاومٌ عالٍ للتعرض للأشعة الفوق بنفسجية

يُبدي البولي إستر مقاومة جيدة جداً للضوء فوق البنفسجي، لذا يشيع استخدامه للشباك التي يتوجب تَعَرُّضُها لضوء الشمس كشباك الطير التي تركب فوق الأقفاص وشرائح الشبك المانع للاحتكاك حول خط الماء في الأقفاص.

بالمقارنة مع النايلون يُعَدُّ البولي إستر أثقل بقرابة 20–25 في المائة (لبلوغ الحمولة الكاسرة ذاتها)، إلا أن البولي إستر يمتاز بعدم امتصاصه للماء في حين يمكن للنايلون أن يمتص الماء إلى حد أقصاه 10 في المائة.

يمكن للخصائص الأثقل للبولي إستر أن تمنحه مَيِّزَةً بالنسبة للشباك المعرضة لتيارات قوية، إذ أن انخفاض قابلية المادة للاستطالة يضمن أن يحافظ الشبك على شكله بشكل حسن نسبياً.

البولي بروبيلين (PP)

- يطفو (الكثافة = 0.92)
- مقاوم للكسر
- مقاوم كبير للحك

لا يشيع استخدام شباك البولي بروبيلين في تصنيع شباك القفص، ولكنه غالباً ما يُستَخدَمُ لشباكِ منعِ المفترسات (عادة لشباك الحماية من الطير). تُستَخدَمُ شباك البولي بروبيلين ذات القياس الكبير للعين والجَدْلَة الكبيرة كَمُرْتَكزات لجمع بيوض بلح البحر وصغاره في معرض استزراعه، ذلك أن طُفُوَّ أليافِهِ يقابل وزن الأحياء المُلتَحِمَة بالشبك.

البولي إيثيلين العالي الأداء (HPPE)

- يطفو (الكثافة = 0.91)
- مقاوم ممتاز للكسر
- مقاوم للحك

في تسعينات القرن الماضي ابتُكِرَت ألياف البولي إيثيلين العالي الأداء مثل Dyneema™ أو Spectra™ المنتجة من قبل DSM (قسم من NV DSM المَلَكِيَّة في هولندا) أو من قبل Honeywell (الولايات المتحدة الأمريكية). وقد تزايد استخدام هذه الألياف في تربية الأحياء المائية بشكل مُطَرد، ولاسيما في إنتاج الشباك. ومن أهم خصائص هذا الشبك هي الاستطالة المنخفضة (3.5 في المائة عند حمولة الكسر) وحمولة الكسر الاستثنائية مقارنة بالألياف الأخرى من الثخانة ذاتها.

تمتلك الأقفاص الشبكية المصنعة باستخدام HPPE عدة ميزات:

- إن قوة HPPE تسمح بجدلةٍ ذات قطر أصغر وبالتالي شباك أخف وزناً وأقوى وأكثر فاعلية.
- إن شباك HPPE أكبر مقاومةً من الألياف الأخرى تجاه عَضَّات السمك والاختراقات ومكامن التلف الأخرى (وخصوصاً مع الأنواع المَيَّالَة للعَضّ كالقجاج *Sparus aurata*).
- تُعَمِّرُ شباك HPPE ضِعفَي عمر شباك النايلون.

إلا أن سعر شباك HPPE أعلى بمرتين إلى ثلاث من سعر شباك النايلون التقليدية، وأن سعر حبال HPPE يمكن أن تبلغ حتى عشرة أضعاف سعر الحبال التقليدية.

قد تبدو الألياف متشابهة جداً للوهلة الأولى، ولكن يمكن الاعتماد على بعض المعايير المُلاحَظَة من خلال التجربة والاختبار الحقلي السريع في التمييز الصحيح (الجدول 19). يقدم الجدول 20 الخواص الكيميائية والفيزيائية لتلك الألياف التركيبية التي يكثُرُ شيوعُ استخدامِها في تربية الأحياء المائية والتي يمكن أن تساعد في التمييز التجريبي.

الجدول 19
معايير التجربة الحقلية لتمييز الألياف التركيبية

عناصر التمييز	نوع الليف				
	PA	PE	PES	PP	HPPE
يطفو	لا	نعم	لا	نعم	نعم
الاحتراق	انصهار مَتْبوع بلهب قصير الأمد مع إطلاق قطيرات منصهرة	يميع ويحترق ببطء مع لهب أزرق شاحب	انصهار مَتْبوع باحتراق بطيء مع لهب أصفر بَرَّاق	انصهار مَتْبوع باحتراق بطيء مع لهب أزرق مُعتِم	يميع ويحترق ببطء مع لهب أزرق شاحب
الدخان	أبيض	أبيض	أسود مع سُخام	أبيض	أبيض
الرائحة	شبيهة بالكرفس مع شذا السمك	شمعة مُطفأة	زيت مَحمي	شمع مَحمي	شمعة مُطفأة
البقايا	قطيرات دائرية قاسية مُصفَرَّة	قطيرات قاسية	قطيرات قاسية مُسوَدَّة	قطيرات قاسية بنية	قطيرات قاسية

الجدول 20
الخواص الكيميائية والفيزيائية للألياف التركيبية

الخواص الكيميائية والفيزيائية	نوع الليف				
	PA	PE	PES	PP	HPPE
التماسك / اللزوجة (غ/den*)	9	5.0–4.7	9	7	40
الاستطالة عند الكسر (%)	20	25	14	18	3.5
المقاومة للضوء فوق البنفسجي	ضعيف	مقبول	متوسط	متوسط	جيد
الكثافة (غ/سم3)	1.14	0.95	1.38	0.91	0.97
نقطة الانصهار (°م)	260–255	135–115	260–250	175–160	152–144
المقاومة للقِلي alkali	جيدة	جيدة	ضعيفة	جيدة	جيدة
المقاومة للحموض	ضعيفة	جيدة	جيدة	جيدة	جيدة
امتصاص الرطوبة (%) (رطوبة جوية 65% عند حرارة 20 °م)	4.5–3.4	0.1	0.5–0.2	0	0

* den = Denier

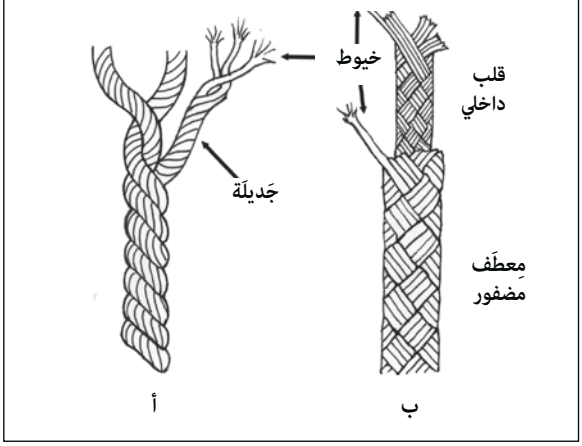
الحبال

تُعَدُّ الحبال مكونات هامة في تربية الأحياء المائية في الأقفاص، فهي تُستَخدَم لخطوط الإرساء ومنظومة الشبيكة وللأُطُر الشبكية (كخطوط اللُّحْمَة وخطوط السَّدى التي توزع القوى على شبك القفص).

تُقسَم الحبال عموماً إلى نمطين (الشكل 35):

- حبل مبروم – ذو لَيَّةٍ بشكل S أو Z (مَلويَّةٍ إما باتجاه عقارب الساعة أو عكسه)، ومؤلف عادة من 3 أو 4 أو 8 جدائل. تتألف كل جديلةٍ من عدة خيوط مبرومة. وكلما كان البرم مشدوداً أكثر كلما ازدادت المقاومة للحك وازدادت ديمومة الحبل. عموماً يُفَضَّل البرم الأقل شِدَّةً إن كان ثمة من حاجة للعَقْد. يُستَخدَمُ البرم الرخو–المتوسط غالباً في إنتاج شباك الأقفاص نظراً لقابليتها لأن تُخاطَ بالآلة بِيُسر.

الشكل 35
حبل مبروم (أ) وحبل مضفور (ب)



الجدول 21
الوزن والحمولة الكاسرة لحبل polysteel ثلاثي الجدائل

قطر الحبل (Ø) (مم)	الوزن (كغ/م)	الحمولة الكاسرة الدنيا (BL) (كغ)
4	0.008	311
5	0.011	436
6	0.017	680
7	0.023	917
8	0.030	1 190
9	0.038	1 495
10	0.045	1 780
12	0.065	2 590
14	0.089	3 540
16	0.116	4 490
18	0.148	5 720
20	0.181	6 830
22	0.221	8 340
24	0.263	9 780
26	0.303	11 300
28	0.356	12 800
30	0.411	14 600
32	0.453	15 300
34	0.517	17 333
36	0.573	19 270
38	0.638	21 411
40	0.719	24 200
42	0.798	26 060
44	0.876	29 000
46	0.957	31 247
48	1.040	33 700
50	1.130	36 903
52	1.220	43 000
56	1.420	49 000
60	1.630	56 000

- حبل مضفور – مؤلف من مِعطَفٍ مضفور ذو 12 أو 16 أو 24 أو 32 خيطاً، وقلب داخلي مصنوع من حبل مبروم أو خيوط مضفورة. يمكن أن تمتلك بعض الحبال المضفورة مِعطَفاً مزدوجاً بغية تحسين المقاومة للحك. عموماً تُستَخدَم الحبال المضفورة الخالية من أي قلب عندما يكون من الضروري توفر مطاطية جيدة ومقاومة للالتواء.

الحمولة الكاسرة التأشيرية وأوزان الأنماط الرئيسة للحبال

تُبَيِّن الجداول 21–24 الوزن (بالكيلوغرام للمتر الواحد) والحمولة الكاسرة (بالكيلوغرام) للأنماط الرئيسة لحبالٍ ذواتِ أقطارٍ مختلفة.

الجدول 22
الوزن والحمولة الكاسرة لحبل مبروم من البولي إستر العالي التماسك

قطر الحبل (Ø) (مم)	الوزن (كغ/م)	الحمولة الكاسرة الدنيا (BL) (كغ)
4	0.012	377
5	0.018	575
6	0.027	809
8	0.048	1 407
9	0.093	1 774
10	0.076	2 162
12	0.110	3 069
14	0.148	4 120
16	0.195	5 292
18	0.245	6 557
20	0.303	8 076
22	0.367	9 585
24	0.437	11 421
26	0.512	13 154
28	0.594	15 194
30	0.682	17 233
32	0.778	19 579
36	0.982	24 473
40	1.210	29 980

الجدول 23
الوزن والحمولة الكاسرة لحبل البولي أميد (PA) أو النايلون

قطر الحبل (Ø) (مم)	الوزن (كغ/م)	الحمولة الكاسرة الدنيا (BL) (كغ)
4	0.010	320
5	0.016	450
6	0.022	750
8	0.040	1 345
10	0.062	2 080
12	0.089	2 995
14	0.122	4 095
16	0.158	5 300
18	0.200	6 700
20	0.245	8 300
22	0.300	9 990
24	0.355	12 030
26	0.420	13 965
28	0.485	15 800
30	0.555	17 750
32	0.630	19 980
36	0.800	24 890
40	0.990	29 990
44	1.200	35 800
48	1.420	42 020
52	1.660	48 860
56	1.930	56 000
60	2.210	63 850

الجدول 24
الوزن والحمولة الكاسرة لحبال البولي إيثيلين العالي الأداء (Dyneema™ أو Spectra™)

قطر الحبل (Ø) (مم)	الوزن (كغ/م)	الحمولة الكاسرة الدنيا (BL) (كغ)
14	0.096	18 500
16	0.128	24 600
18	0.160	30 800
20	0.193	37 000
22	0.225	43 100
24	0.267	49 800
26	0.331	60 800
28	0.364	65 400
30	0.418	79 500
32	0.476	90 000
36	0.602	105 000
40	0.743	124 000

الشباك

يُعَدُّ شبك القفص المكون الأعلى قيمةً في أي منظومة أقفاص سمكية. تُصَمَّم شباك الأقفاص بإبداع وتتضمن عديداً من الميزات المختلفة للتركيب الآمن والعملي. يجب أن تُصَنَّع الشباك كافةً بأفضل نوعية ممكنة، ويتوجب أن تُتَفَحَّص كُلياً عقب كلِ عمليةٍ وهكذا تباعاً حتى الإنجاز الكامل للعملية.

إن خصائص الشبك وتصميم القفص يمكن أن تشكل فارقاً بين مزرعة سمكية ناجحة وأخرى فاشلة. إذ أن تصميم الشبك وتفاصيله ومميزاته وخصائصه يجب أن تتكيَّف وفقاً لاحتياجات كل مزرعة.

إنه من الجوهري امتلاك أقفاص عالية الموثوقية. يتطلب ذلك الانتباه لعديد من العوامل كتصميم القفص الشبكي وتصنيعه وقوة الشبك ومكوناته وفقدان القوة مع الاستخدام والتداول والفرز.

خصائص الشبك – المواد والحجم والشكل والثخانة

تُنْتَج الشباك على شكلين: شباك ذوات عُقَد وشباك عديمة العُقَد. لقد شاع استخدام شباك النايلون ذوات العقد في المراحل المبكرة من تربية الأحياء المائية في أقفاص ذلك أن الشباك ذوات العقد كانت مستخدمة تقليدياً في صناعة الصيد. إن للشباك ذوات العقد مقاومة جيدة للاهتراء ويمكن إصلاحها بسهولة. إلا أن العقد البارزة تؤذي السمك من خلال تسببها بخدوش على جلد السمك، ولاسيما عندما تزداد كثافة السمك (مثلاً خلال استبدال الشباك). بالإضافة لذلك فإن وزن الشباك ذوات العقد أكبر من وزن الشباك العديمة العقد. لقد حَلَّت الآن الشباك العديمة العقد محل الشباك ذوات العقد بالكامل تقريباً في التربية في أقفاص. يمكن للشباك العديمة العقد أن تكون أخف وزناً حتى 50 في المائة، كما أن كلفتها الإنتاجية أقل وتتمتع بمقاومة أكبر للسحج، وهي أخيراً أسهل في التداول وأقوى.

إن الخصائص الرئيسة الواجب أخذها بالاعتبار فيما يتعلق بالشباك هي طبيعة الألياف وخصائصها وقياس العين وشكلها وجَدل الشبك ولونه.

مُماكِبات الليف (البوليمير) *Fibre polymer*

كما سبق بحثه، فإن طيفاً من الألياف التركيبية يمكن استخدامه في تصنيع الشباك. تتباين المواد المختلفة من حيث الديمومة والتكلفة والصيانة والخصائص الأخرى.

إن المادة الأكثر شيوعاً في الاستخدام هي النايلون (PA) ذات الخيط المجدول 210 "denier". إن denier هو مصطلح نسيجي تقني للشباك، ويشير إلى وزن 9 000 متر من الخيط المفرد بالغرام.

تتسبب الأشعة فوق البنفسجية في تدهورِ البوليمير (فقدان البلمرة) وما ينتج عنه من فقدان طويل الأمد للقوة. إن النايلون والألياف البلاستيكية الأكثر شيوعاً يجب أن تتضمن على الدوام مُوازَنَةً للأشعة فوق البنفسجية من خلال إضافة المواد المناسبة خلال عملية تصنيع الألياف.

رقم الجَّدْل والحمولة الكاسرة

يُستَخدَم رقم الجَّدْل للإشارة إلى حجم جَدْلَة الشبك. إنه مؤلف من رقم "denier" و "الطاقة ply"، ويمثل هذا الأخير عدد الخيوط المجدولة سوية في كل جديلة.

ثمة مقياس نظامي شائع ومقبول على نطاق واسع لتمييز الشباك المعقودة، ولكن بالنسبة للشباك العديمة العُقَد فإن لكل مُنْتِجٍ عادة رموز الجَدْل الخاصة به. ولجعل ذلك ممكن الإدراك تَبَنَّى منتجو هذه الشباك

مصطلحات مشتركة كتلك المستخدمة في الشباك المعقودة (مثلاً 210/96)، ولكن ذلك لا يعني أن الوزن (كيلوغرام للمتر المربع) واحدٌ (أو متماثل) كما لا يعني أن الحمولة الكاسرة واحدة (أو متماثلة).

يمثل النايلون 210/72 شبكة مصنوعة من 72 خيط نايلون، كل واحد منها ذو 210 denier. ستكون هذه الشبكة أقوى من شبكة 210/60 المصنوعة من 60 خيطاً من الـ denier ذاته.

إن الطريقة الأكثر دِقَّةً لتقويم قوة شبكة عديمة العُقَد هي الحمولة الكاسرة للجَّدْلَة. هذا المعيار، اللازم تحديده في معرض طلب الشبك والمُوَثَّق من قبل مُزَوِّد الشبك، يمكن التأكد منه بسهولة بأداة معايرة قوة الشبك المؤلفة من رافعة ومِقْوى (مقياس القوة الميكانيكية) (ملاحظة: إن تدابير قياس الحمولة الكاسرة مُفَصَّلَة في مقاييس ISO 1806).

إن وزن وحدة من الشبك ذات مساحة قياسية (عادة 1 م^2) هو معيار آخر يشير إلى نوعية الشبك – فالشبك الأخف وزناً ذو قياس العين ذاته ونقطة الكسر ذاتها هو لا شك من نوعية من النايلون أفضل. يمكن حساب الوزن بالنسبة لوحدة المساحة بسهولة في الحقل.

لذا فمن خلال الجمع ما بين الوزن للمتر المربع والحمولة الكاسرة (BL) يمكن للمرء الحصول على نسبة لهاتين القيمتين والتي يمكن استخدامها كمعيار موضوعي للمقارنة ما بين الشباك (ذوات قياس العين ذاته ورقم الجَّدْل ذاته) المُقَدَّمة من قِبَل مُزَوِّدين مختلفين.

تُظهِر الجداول في الملحق 2 الأوزان والحمولات الكاسرة المختلفة لشباك مختلفة.

إن الوزن مُدرَجٌ بكونه وزن 1000 عين عرضاً × 1 م طولاً. ولاحتساب الوزن للمتر المربع الواحد:

$$\text{الوزن كغ/م}^2 = \frac{\text{(وزن 1000 عين عرضاً × 1 م طولاً)}}{\text{(نصف قياس العين)}}$$

التَّفَكُّك بالأشعة فوق البنفسجية

إن الألياف عُرْضَة للتفسخ بالأشعة فوق البنفسجية ما يتسبب مع مرور الوقت في انخفاضٍ في الحمولة الكاسرة للجَّدْلَة.

يبين الجدول 25 بواقي الحمولات الكاسرة للنايلون المعرض للضوء فوق البنفسجي.

الجدول 25
القوة الباقية لألياف النايلون المختلفة المعرضة للأشعة فوق البنفسجية (UV) – تَعَرُّض خارجي مقدرة بالنسبة المئوية

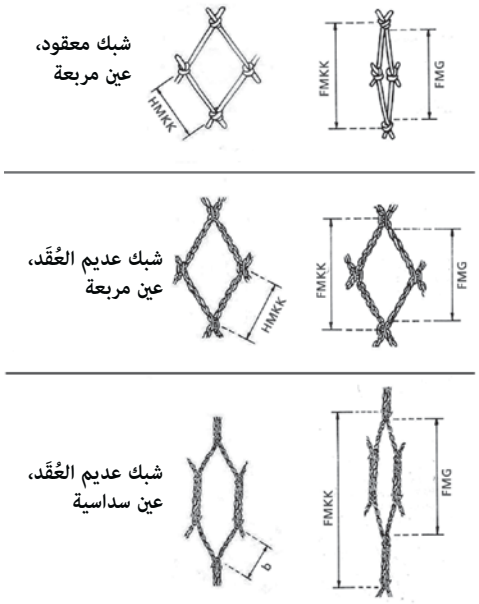
اسم الليف/التَّعَرُّض	المعالجة	اللون	مدة التَّعَرُّض (سنوات)						
			0.25	0.5	1	2	3	4	5	6
الهواء الطلق										
بولي أميد 6										
Enkalon 540T	مُتَوازِن حيال UV	بيج	–	80	70	55	25	20	–	–
Non-Akzo Nobel	–	بيج	–	40	35	25	10	–	–	–
Enkalon 149HR	–	ألياف مصبوغة بالأسود	95	85	80	70	65	50	40	–
بولي إستر										
Diolen 855T	–	بيج	90	80	75	65	55	45	30	–
Diolen 178T	–	ألياف مصبوغة بالأسود	100	95	85	80	65	60	55	50
التَعَرُّض من خلف الزجاج (4 مم)										
بولي أميد										
Enkalon 540T	مُتَوازِن حيال UV	بيج	–	–	60	45	35	25	–	–
Enkalon 149HR	–	ألياف مصبوغة بالأسود	95	–	85	75	70	65	60	55
بولي إستر										
Diolen 855T	–	بيج	95	95	90	85	75	75	65	60
Diolen 178T	–	ألياف مصبوغة بالأسود	100	–	95	95	90	90	90	85

المصدر: Akzo Nobel Business Unit, 1995.

عند استبدال الشبك يجب إجراء اختبارات دورية بأداة معايرةِ قوةِ الشبكِ على كل شبكٍ خضع للتنظيف أو الصيانة وذلك قبل إعادة تركيبه. ويجب أن تُسَجَّل النتائج في سجلٍ للشباك، كما يجب أن يُرمى الشبك إن كان للخيوط حمولة كاسرة لا تفي بالمقاييس المقبولة. فالقوة الباقية المقبولة لشبك ما تعتمد على مدى تَعَرُّض الموقع. على سبيل المثال، إن خيط الشبك المستعمل ذا القوة التي تقل عن 60 في المائة من قوته الأصلية بالنسبة لشبك القفز، وتقل عن 65 في المائة بالنسبة للشبك الجانبي والشبك القاعدي يجب أن يُستَبدَل.

يُمكِن لِطِلاءِ الشبك أن يؤثر على الحمولة الكاسرة. ففي حين أن بعض الطلاءات المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن قد تزيد من الحمولة الكاسرة إلى ما لا يتجاوز 5–8 في المائة، فإن أغلب الطلاءات يمكنها خفض الحمولة الكاسرة إلى ما يقارب 30 في المائة.

الشكل 36
قياس عين الشبك



ملحوظة: نصف عين من عقدة إلى عقدة (HMKK)، عين كاملة من عقدة إلى عقدة (FMKK)، السعة الكاملة للعين (FMG)، طول الشريط (b).

المصدر عن: Prado, 1990.

شكل عين الشبك

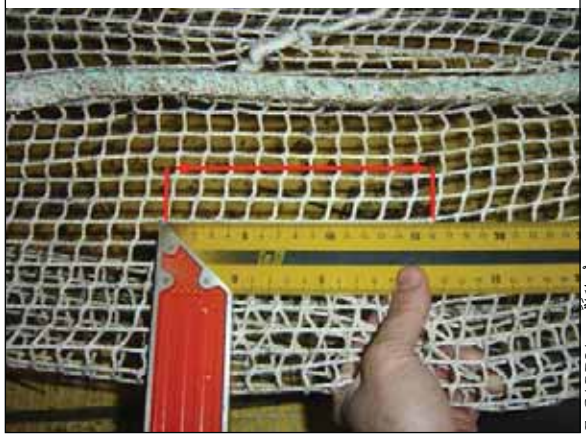
تتوفر الشباك المستخدمة للتربية في أقفاص بشكلين مختلفين بالنسبة لعين الشبك، إما بعين مربعة الشكل أو سداسية الشكل. لا تَمَيُّزَ واضحٌ في استخدام أي من الشكلين عوضاً عن الآخر، فالأمر لا يعدو كونه خياراً تقليدياً. ففي إيطاليا على سبيل المثال تُفَضَّل العين المربعة في حين يشيع استخدام العين السداسية على نطاق واسع في اليونان.

تعتمد الاعتبارات التالية على الخبرة عموماً، ويجب ألا تُعَدَّ على أنها حقائق أو توصيات:

- العين المربعة – الميزات:
  - يبقى شكل العين مفتوحاً على الدوام في التيارات القوية، مُتيحاً المجال لمرور الماء عبر العيون،
  - ديمومة أفضل في الماء لأن القوى العمودية تتوزع على جَدلات الشبك المُتراصفة،
  - صيانتها أسهل.
- العين المربعة – المثالب:
  - فُضالاتٌ أكبر في عملية تصنيع شباك القفص نظراً لأن تفصيل الشبك يتطلب عملية القص لعمل شرائح مربعة،
  - تمطط أقل تجاه الحركات العمودية الناجمة عن فعل الموج.
- العين السداسية – الميزات:
  - تمطط أكبر تجاه الحركات العمودية كون الأقفاص عُرضَةً لحركة الموج (تُعَدَّ هذه خاصِّيةً مفيدة للغاية في تصنيع شباك منخفضة التمطط كما هو حال HPPE)،
  - فُضالات أقل خلال عملية تصنيع الشباك.
- العين السداسية – المَثالب:
  - صيانتها أكثر صعوبةً،
  - ليس من السهل قياس حجم العين.

ليس ثمة من أفضلية مطلقة فالمميزات والمثالب لهذه العيون وخصائصها تبقى باستمرار موضع جدالٍ بين المربين.

اللوحة 54
قياس حجم عين الشبك. يشير السهم الأحمر إلى عرض عشر عيون، والذي هو قرابة 16 سم. وبالتالي فإن حجم عين (HMKK) هذا الشبك يساوي 16 مم



مُجاملَةً من *F. CARDIA*

حجم العين

يُعرَفُ حجم العين في صناعة الصيد بالمسافة بين عقدتين متقابلتين لعين مشدودة، ويُعَبَّر عنها عادة بالميليمتر. يمكن أن تُقاسَ هذه المسافة على أنها عين كاملة من عقدة إلى عقدة (FMKK)، والتي في هذه الحال تتضمن جدلة الشبك، في حين أن السعة الكاملة للعين (FMG) تمثل الطول الداخلي لعين مشدودة دون إدماجٍ للعُقَد.

في تربية الأحياء المائية في البحر المتوسط يُشير حجم العين (في الشبك المربع العيون) إلى نصف المسافة ما بين العقدتين عندما تكون العين مشدودة ومتوترة (أو HMKK – الشكل 36). أما بالنسبة للعين السداسية فإما أن يُشير حجم العين إلى طول الشريط، ومن الأفضل أن يُشير إلى سعة العين الكاملة (FMG).

يمكن الحصول على قياس سريع للعين بقياس عشر عيون مربعة في صف ما وتقسيم طولها الكلي على عشرة، فمن الجوهري أخذ المتوسط الحسابي. تتضمن هذه الطريقة ثخانة الجدلة وهي لذلك تمثل أسلوب القياس FMKK (اللوحة 54).

يشير حجم العين السداسية إلى FMG، لذا وتجنباً للإرباك يجب أن يُحَدَّد دائماً شكل العين (مربعاً كان أم سداسياً) إلى جانب حجم العين.

عند اختيار حجم العين من الجوهري الأخذ بالحسبان حجم السمكة وشكلها. يجب أن يكون لشباك القفص حجم عين أصغر للأصبعيات والأسماك اليافعة، في حين أن حجم عين الشبك يمكن أن يزداد حجماً مع عمليات استبدال الشبك اللاحقة طالما أن السمك ينمو. وكلما أصبح السمك أكبر كلما تطلب الأمر استخدام عين أكبر للشبك. ومع أن السمك الكبير يمكن أن يُؤْوَى في شبك صغير العيون فإن ذلك ليس بالممارسة الجيدة كون حجم العين يجب أن يكون أكبر ما يمكن بما يسمح بأفضل تدفق للماء إلى داخل شبك القفص. لكل نوع من الأنواع المُستَزرَعَة ثمة علاقة مُقَرَّرَة ما بين متوسط وزن السمك والحد الأدنى لحجم العين المطلوب. تُعرَضُ أحجام عين الشبك المناسبة للقاروس الأوربي (*Dicentrarchus labrax*) والقجاج (*Sparus aurata*) في الجدول 26.

من الواجب أيضاً الأخذ بالحسبان التوزع الحجمي في أي جماعة سمكية. وإن كان ثمة من تباينٍ واسعٍ في الحجم فإنه من الممكن أن تهرب الأسماك الصغيرة من الشبك الجديد.

عند اختيار حجم العين يتوجب أيضاً الأخذ في الحسبان كلاً من الشكل والمواصفات الشكلية للنوع السمكي المُستَزرَع. ففي بعض الأنواع قد يؤدي شكل الفم وخصائص الفكين (ولاسيما في السمك ذي الإنغماد الفموي) إلى الإيقاع بالسمك في الشبك، لذا يجب اختيار حجم مُتَحَفِّظٍ للعين.

الجدول 26
العلاقة حجم السمك/حجم العين (عين مربعة الشكل) للقاروس الأوربي والقجاج

حجم العين (HMKK) (مم)	مدى الجدلة	الحجم الأدنى للسمك (غ)		قياس مدى نصف العين (مم)
		القاروس	القجاج	
8	36/210	2	6	6.4
10	36/210	4	12	8.8
12	48/210	8	20	9.8
15	72/210	12	40	11.4
18	72/210	25	65	15.2
22	72/210	30	90	20.0
24	96/210	40	120	22.1

جَدْلُ الشبك

إن خاصية الجَّدْل هي من الصفات المميزة للشبك وتُعَرَّف بعدد الجدلات التي تنفذها آلة تصنيع الشبك على الخيط. عادة ما يُشار إلى هذه الخاصية على أنها رخوة أو متوسطة أو قاسية، إذ أن عملية الجدل تؤثر على طراوة الشبك. بفرض أن رقم الجدلة هو ذاته فإن الجدل الأقسى سيكون أقوى ويتمتع بحمولة كاسرة أكبر. إلا أن شبكة مصنَّعةً من جدل شديد القساوة تكون عُرضَةً للتلف إن هي نُظِّفَت في الغَسَّالة إذ أن الجدل قد يتجعد ويتشوه بالتالي شكل العين وتصغر سعتها. يمكن أيضاً للشباك المجدولة بطراوة أن تعاني من مشاكل التقلص ولكن لن تكون عُرضَةً للتَّجَعُّد.

اللون

عادة ما تكون شباك النايلون بيضاء اللون. إلا أن الألوان المغايرة قد تكون مفيدة إن أظهرت الأنواع المستزرعة ميلاً للعضّ. فالقجاج المُحتَجَز في أقفاص بيضاء، على سبيل المثال، سوف يعض الشبك ويحكّه. تشكل هذه النقاط المكشوطة مواضع جذبٍ لاحقٍ للسمك الذي سوف يستمر بإلحاح في عض البُؤر المُبيَضَّة متسبباً في تحويلها سريعاً إلى فجوات. في مثل هذه الأحوال يوصى باستخدام شبك أسود اللون. فمع الشباك السوداء اللون ينخفض عامل الجذب إلى مواضع العض وبالتالي تقل فرص تَشَكُّل الفجوات.

في معرض طلب الشبك يتوجب تحديد الخصائص الآنف ذكرها كافةً، كما يتوجب التأكد من تَوَفُّر تلك الخصائص عند الاستلام. يقدم الجدول 27 مثالاً على خصائص الشبك.

الجدول 27
مثال على خصائص الشبك

	البلمرة وسعة الجدلة	الحمولة الكاسرة	حجم العين (HMKK)	الشكل	اللون	الجَّدل
الخصائص	نايلون 72/210	86 كغ	15 مم	مربع	أسود	متوسط

تصميم القفص الشبكي

قد تُطَوِّر بعض المزارع الفردية تصاميمَ للشبك وهذه قد تكون فريدةً نوعاً. وتعتمد هذه التصاميم النوعية على التصميم الإجمالي للقفص وخصائص الموقع والخطة الإنتاجية وخبرة القائم بالتشغيل في ذلك الموقع.

يجب أن تُصَمَّم تفاصيل الشبك وفقاً للبنية المعتادة لمكونات القفص الرئيسة (الطوق العائم والركائز العمودية/الأهِلَّة والمُغرِقات وأنبوب الإغراق وغير ذلك) التي ستُثَبَّت الشبكة عليها. تتألف شباك الأقفاص العائمة الدائرية عموماً من جدار عمودي مُعْتَلِياً شبكةً قاعدية (أرضية القفص). ينقسم الجدار العمودي إلى جزء مغمور (يتماشى نوعاً مع عمق الشبك) وشبك القفز الذي هو الجزء من الجدار الكائن خارج الماء اعتباراً من مستوى الماء إلى السياج (الشكل 37).

يُنَفَّذ القفص الشبكي أساساً بتركيب الشباك مع الحبال، ويجب أن يكون مفهوماً أن القفصَ بنيةٌ إطاريةٌ من الحبال تحتوي الشبك (الشكل 37). إن وزن القفص بكامله يجب أن يُحمل على الحبال، في حين أن دور الشبك يقتصر على احتجاز السمك بداخله، ولا يُفتَرَضُ به أن يتولى أي وظيفة بُنيَويَّة. إن تماسك البنية بكاملها يجب أن يكون متناسباً وتَعَرُّض الموقع. فمن الواجب أن تتمتع الحبال بالطول والحجم والمادة البنيوية والنمط بما يتناسب وتلبية المتطلبات الخاصة للموقع.

وفيما يتعلق بالحبال، فإن الخصائص المميزة للشبك (كما هو موصوف أعلاه) يجب أن تُختارَ تبعاً لمواصفات الموقع وحجم السمك المُستَزرَع ونوعه. ففي المواقع الأشدّ تَعَرُّضاً يتطلب الأمر استخدام رقمِ جدلٍ للشبك (أو حمولةٍ كاسرةٍ) أكبر.

تقدم المقاييس النرويجية NS–9415 نصيحة حول الحدود الدنيا للمواصفات التقنية لشباك القفص تبعاً لحجم القفص. وفقاً لهذه المقاييس يُبَيِّن الجدول 28 تصنيفاً للأقفاص على أساس عمق القفص ومحيطه متدرجاً بدءاً من الفئة I (ضحل وضيق) وانتهاءٍ بالفئة VII (عميق وعريض). يُستَخدَم هذا التصنيف للتوصية بخصائص تقنية إضافية. يُستَخدَم مقياس الفئة 0 للأقفاص العميقة استثنائياً أو العريضة استثنائياً، التي تتمتع بِسِماتٍ حرجة حَدِّيَّة ويتوجب احتسابها بشكل منفصل. من الهام الانتباه في هذا الجدول إلى أن العمق اعتباراً من سطح الماء إلى الحبل القاعدي ينبغي ألا يتجاوز 40 في المائة من محيط الأقفاص الدائرية، على الرغم من أن 50 في المائة تُعَدُّ نسبة مقبولة بالنسبة للأقفاص المخروطية الشكل.

الجدول 28
الفئات الحجمية للأقفاص (NS–9415)

عمق الشبك اعتباراً من خط الماء (م)	المحيط (م)							
	≥ 49	69–50	89–70	109–90	129–110	149–130	169–150	170 <
15–0	I	II	III	IV	V	V	VI	0
30–15	II	II	IV	IV	V	VI	VII	0
40–30	III	III	IV	V	V	VI	VII	0
40 <	0	0	0	0	0	0	0	0

إن تصنيف الأقفاص باعتماد الفئات الحجمية يسمح بتحديد مقاييسَ ثابتةٍ لبعض المعايير البنيوية المفتاحية لشبك القفص، كالحمولة الدنيا الكاسرة (BL) للشبك وعدد الحبال العمودية والمُستعرِضة والحمولة الدنيا الكاسرة للحبال (الجدول 29).

الجدول 29
المواصفات التقنية للعناصر المفتاحية للقفص وفقاً للفئات الحجمية للقفص

	الفئات الحجمية							
حجم عين الشبك (HMKK)	**I**	**II**	**II**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**0**
	الحمولة الكاسرة الدنيا (كغ)							
≥ 6.0	21	21	25	25	25	25	25	25
8.0-6.1	25	31	31	39	39	39	39	39
12.0-8.1	31	39	47	55	55	55	55	55
16.5-12.1	39	47	55	63	71	71	79	79
22.0-16.6	47	63	79	79	95	95	95	95
29.0-22.1	63	71	95	95	117	136	136	136
35.0-29.1	95	95	117	117	136	136	151	151
المسافة القصوى بين الحبال العمودية (م)	7.5	7.5	6.5	6.5	5.0	5.0	5.0	غير متوفر
العدد الأدنى للحبال العمودية	4	8	8	16	16	24	32	غير متوفر
العدد الأدنى للحبال القاعدية المستعرضة	0	0	2	4	6	10	14	غير متوفر
الحمولة الكاسرة الدنيا للحبال (كغ)	1 900	1 900	2 800	3 400	4 100	4 100	5 000	غير متوفر

حبال الشبك

إن منظومة الحبال هي المكون البنيوي الرئيس للشبك. تضمن هذه الحبال قوة القفص الشبكي وتماسكه. تُستَخدَم أنماط مختلفة من الحبال وليس ثمة من توصيات نوعية. لقد اِكتُسِبَت الخبرة الأكبر مع حبال البوليستيل polysteel الثلاثية الجدائل. إن هذا النمط من الحبل هو مزيج من البولي بروبيلين (PP) والبولي إيثيلين (PE) المُنْبَثِق سبق وأن عولج حبال الأشعة فوق البنفسجية. يتمتع هذا الحبل بحمولةٍ كاسرةٍ وبمقاومةٍ للكشطِ، كلٌ منهما أكبرُ بما يتراوح ما بين 20–25 في المائة من حبال PP أو PE الأخرى. تم الحصول على نتائج جيدة أيضاً بحبال PES المجدولة. وهي حبال طرية للغاية تُجْمَع مع الشبك كرباط مسطح. إن الحمولة الكاسرة للحبال البنيوية للشبك يجب أن تحقق نسبة مع مدى تَعَرُّض الموقع. فعلى سبيل المثال: إن حبلَ 14 مم من البوليستيل (حمولته الكاسرة 3.4 طن) هو شائع الاستعمال كحبل بُنيوي في الأقفاص في المواقع المتوسطة التَّعَرُّض.

يتضمن تصميمُ قفصٍ شبكي قياسي الحبال الرئيسة التالية (انظر الشكل 37):

حبل الغطاء العلوي

يُستَخدَم هذا الحبل عموماً لإحكام الشبكة العليا أو شبك الغطاء العلوي في الأقفاص المغمورة، لمنع السمك من الهروب أثناء كون القفص الشبكي تحت الماء.

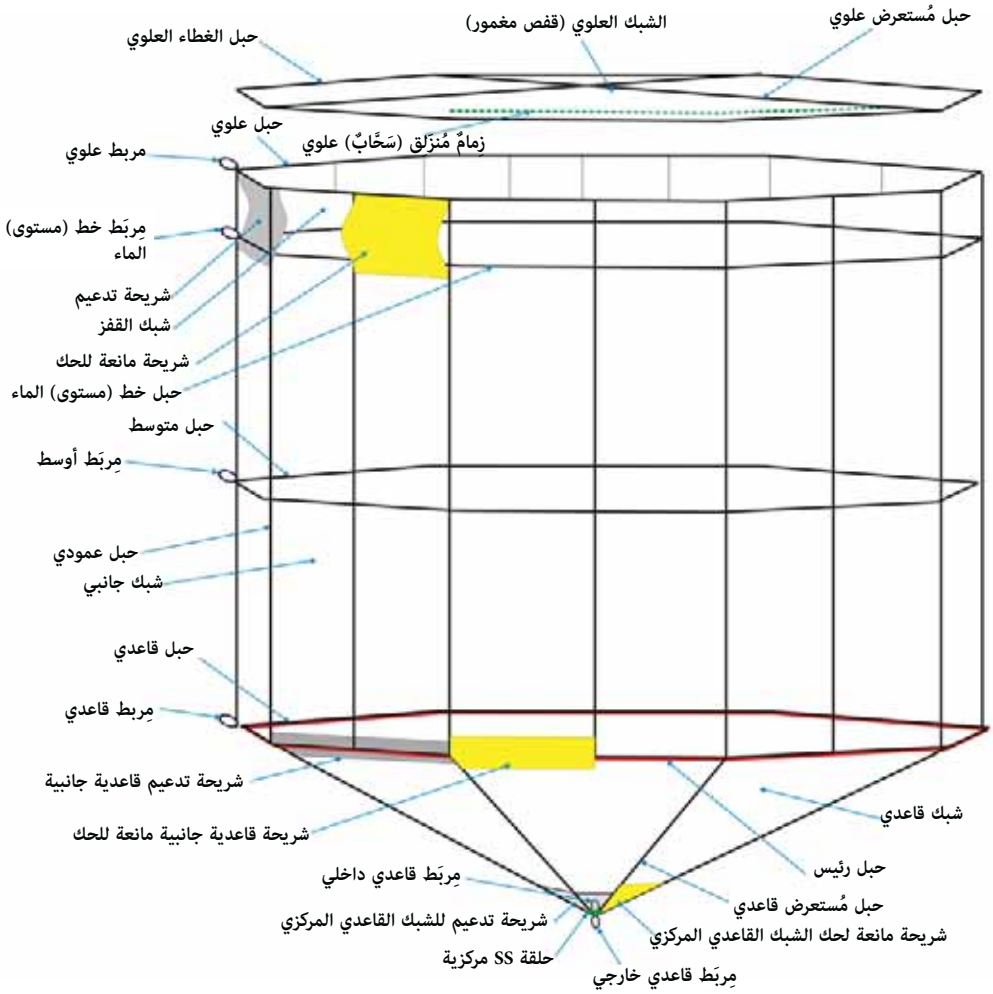
الحبل العلوي

إنه الحبل الأفقي الأعلى مستوًى على قمة شبك القفز ويرتبط بالسياج.

حبل خط الماء

إنه الحبل الأفقي الذي يحيط بالقفص عند مستوى الماء والطوق. يحوي هذا الحبل عُرًى حبليةً أو حلقاتٍ معدنيةً تُستَخدَم لتثبيت الشبك على طوق القفص. يجب أن تكون العُرَى الحبلية محمية بخرطوم مطاطي أو مجدولة مع حلقات أنبوبية لمنع الحك.

الشكل 37
الشكل التخطيطي للقفص والتفاصيل التقنية الرئيسة



المصدر: مجاملةً من Badinotti Group SpA

الحبل أو الحبال الأفقية الإضافية

حبلٌ أفقي واحد أو أكثر كائنٌ بين حبل خط الماء والحبل القاعدي، يستخدم لتدعيم البنية وخصوصاً للأقفاص الشبكية العميقة والأقفاص الشبكية المركبة في المواضع الشديدة النشاط.

الحبال العمودية

تربط الحبال العمودية الشبك إلى الطوق وتحمل وزنَ الشبكِ كُلَّهُ. من المعتاد أن يكون عدد الحبال بعدد الأَهِلَّة الكائنة على الطوق. يتعامد كل حبل عمودي مع الحبل العلوي وحبل خط الماء والحبل القاعدي. وتُقَوَّى كل نقطةِ تقاطعٍ بغرزات تُخاطُ يدوياً. ولكل حبل عمودي ثلاث عُرًى حبليةٍ مجدولةٍ مُقَوَّاةٍ بأنابيب حلقية (أو خواتم) لربط الشبك بالركيزة العمودية (على مستوى الحبل العلوي) وبطوق القفص (على مستوى خط الماء) وبمنظومة الإغراق (على مستوى الحبل القاعدي). تُعَدُّ عُرى خط الماء نقاط الربط الأكثر أهمية للشبك كون تلك النقاط ستتحمل القدر الأكبر من حمولة الشبك. ويمكن لبعض تلك الحبال العمودية أن تستمر كحبالٍ مُستَعرِضَة قاعدية، وهذه تُعْرَفُ أيضاً بالحبال الرافعة. إنه من التطبيقات الجيدة استخدام هذه الحبال لرفع الشبك عند تركيب الأقفاص الشبكية أو عند تفكيكها.

تنويه: تأكد من أن عُرى الحبل المجدول المزودة بحلقات على خط الماء مثبتةٌ كلُّها بشكل جيد على قواعد الأهِلَّة، وأن نقاط الارتباط هذه تدعم حمولة الشبك. إن الجزء الأعلى من الشبك – شبك القفز – يجب أن يكون سائباً، وإن السياج يجب ألا يُثْقَلَ بأي حمولة (انظر الشكل 34).

الحبل القاعدي

إنه حبل أفقي يوضع حيث يلتحم الشبك الجانبي بالشبك القاعدي.

الحبال المُستَعرِضَة القاعدية

إنها الحبال التي تعبر القاعدة، في منظومة شبيكة (الشكل 38)، مارَّةً عبر مركز القاعدة. (يُرَكَّبُ أحياناً في المركز خاتم إما من الحبل أو من الفولاذ.) تُثَبَّت نهايات الحبال المُستَعرِضَة القاعدية على الحبل القاعدي، وتتألف عادة من 6–12 حبلاً نصف قطري ينشأ كل منها عن مركز الشبك القاعدي. يمكن للتصميم العام أن يُكَيَّفَ بشكل مختلف ليناسب كل مزرعة. وقد تتطلب المواقع المعرضة لعوامل شديدة عدداً من الحبال القاعدية بعدد الحبال العمودية (الشكل 39)، وفي هذه الحال سوف يُعقَد كل حبل قاعدي مباشرة مع الحبل العمودي النظير، ما يؤمن مزيداً من القوة.

خطوط السحب (اختيارية)

خطوط رخوة تمتد خارج الشبك من العروة العليا على السياج إلى عروة الحبل القاعدي (على امتداد خطوط الرفع العمودية). تُستَخدَم هذه الخطوط لدعم عملية رفع القفص الشبكي و/أو تركيب منظومة الإغراق (عناصر التوازن).

خط جمع الوَفَيَات (اختياري)

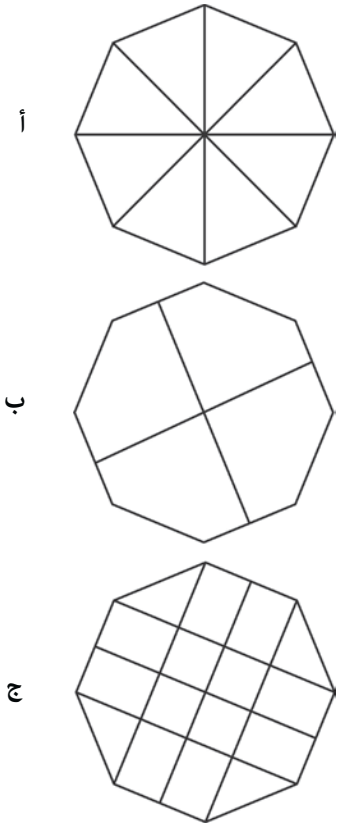
يرتبط هذا الخط بالشبكة الاختيارية لجمع النافق من السمك، وهي أداة شبكية صغيرة يمكن تشغيلها من السطح دون الاستعانة بغواصين. يُستَخدَم هذا الخط لاستعادة هذه الشبكة وجمع أي سمك نافق متوضع على قعر القفص الشبكي.

حبال خطوط الرصاص (اختيارية)

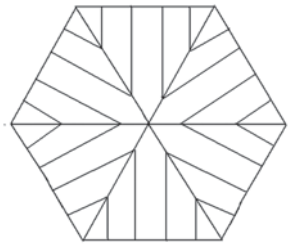
تُستَخدَمُ خطوط الرصاص كأوزان إضافية وتُخاطُ على الحبل القاعدي و/أو الحبال المُستَعرِضَة القاعدية. تُمكِّن حبال خطوط الرصاص الجزء القاعدي من الشبك أيضاً من أن يغرق بسرعة ما يسهل عمليةَ إنزال القفص.

تنويه: في النقطة النظيرة لكل من تقاطع الحبال العمودية/الأفقية يوصى بالتدعيم بقطبٍ يدوية باستخدام جدلةٍ من النايلون المضفور. يمكن ترك جزء من الشبك غيرِ مَخيطٍ مع الحبال عند تقاطع الحبال (انظر اللوحة 76).

الشكل 38
تصاميم مختلفة للحبال المستعرضة القاعدية



الشكل 39
الحبال القاعدية، مصممة لأقفاص مُعَرَّضةٍ في عُرض البحر في مواقع شديدة النشاط



ملحوظة: يتألف أنموذج القفص هذا من 30 خيطاً عمودياً على جدار الشبك، وكل نهاية من نهايات الحبال القاعدية الخارجية تتصل بالحبل العمودي النظير.

المصدر: Stuart Nets Ltd

الدُّرُوز

تُجْمَعُ الشباك والحبال سوية بدُروزٍ يمكن إجراؤها يدوياً أو باستخدام آلات الخياطة. هنالك نمطان مختلفان من الدُّروز في القفص الشبكي:

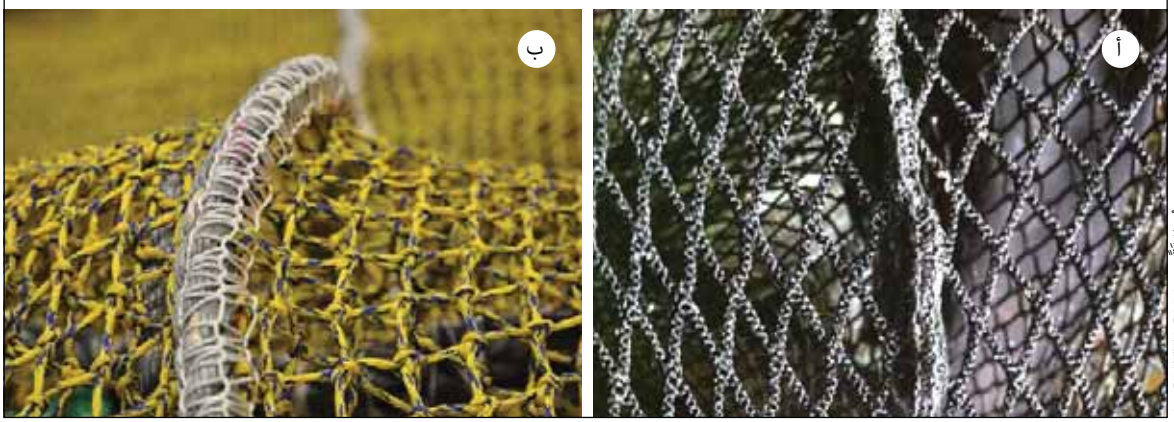
1– درزة شبك بشبك (اللوحة 55أ): تُعمَل هذه الدُّروز بالآلة باستخدام خيط من النايلون أو جدلة من النايلون/البولي إستر (210/36). يمكن إجراء هذه الدُّروز بتمرير الجدلة عبر المكان ذاته ثلاث مرات.

2- درزة شبك بحبل (اللوحة 55ب): يمكن إجراء تلك الدرزة باليد (اللوحة 56) وبالآلة (اللوحة 57). في الخياطة اليدوية ليس من حدٍّ لمقاييس جدلةِ الشبك أو لمقاييس الحبل (اللوحة 58). أما الخياطة بالآلة فهي عموماً محددة بحد أقصى من حبلٍ مبروم 24 مم على شبكٍ 96/210، أو حبلٍ 18 مم على شبك 210/400.

يمكن إجراء الدروز الرابطة ما بين شبك وحبل بالآلة على شكل:

- درزة مُفرَدَة، حيث تبني آلة الخياطة درزة حول الحبل كالجُراب (اللوحة 59).

اللوحة 55
الدُّروز في شبك القفص. أ) شبك إلى شبك، ب) شبك إلى حبل



مُجامَلَةٌ من A. CIATTAGLIA

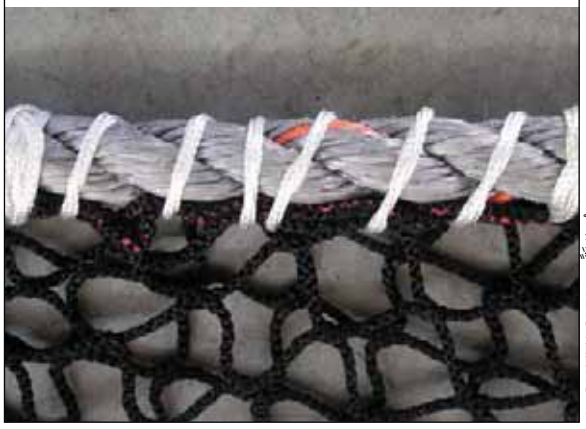
اللوحة 56
خياطة حبل إلى شبك يدوياً

مُجامَلَةٌ من A. CIATTAGLIA

اللوحة 57
خياطة حبل إلى شبك بآلة الخياطة

مُجامَلَةٌ من A. CIATTAGLIA

اللوحة 58
درزة يدوية لخياطة حبل إلى شبك



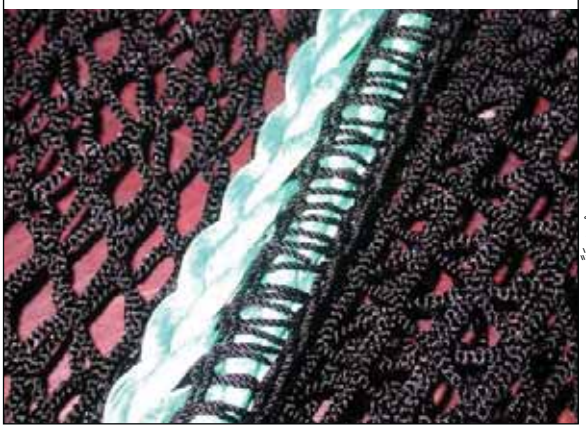
مُجامَلَةٌ من A. CIATTAGLIA

اللوحة 59
درزة مفردة خارج الحبل

مُجامَلَةٌ من A. CIATTAGLIA

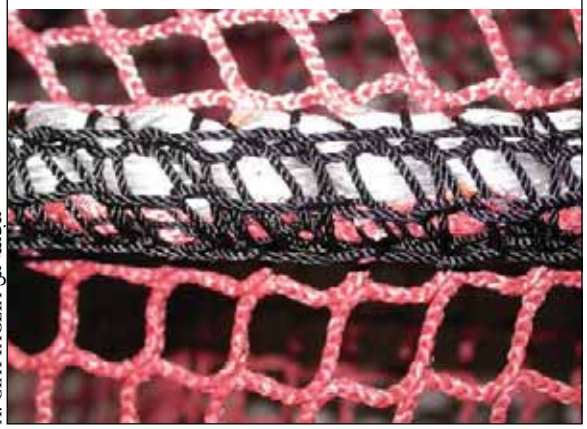
- درزة مزدوجة داخل الحبل، حيث تُنَفَّذ الدرزة بتمرير خيط الخياطة داخل الحبل. تثبت هذه الدرزة الشبك إلى الحبل مُتَجَنِّبَةً أي نقض محتمل لاقتران الحبل بالدرزة (اللوحة 60).
- درزة مزدوجة، منها درزة مفردة خارج الحبل وأخرى داخله (اللوحة 61).

اللوحة 60
درزة مزدوجة تمر عبر الحبل



مُجاملةً من A. CIATTAGLIA

اللوحة 61
اقتران ما بين الدُّروز الداخلية والخارجيةً



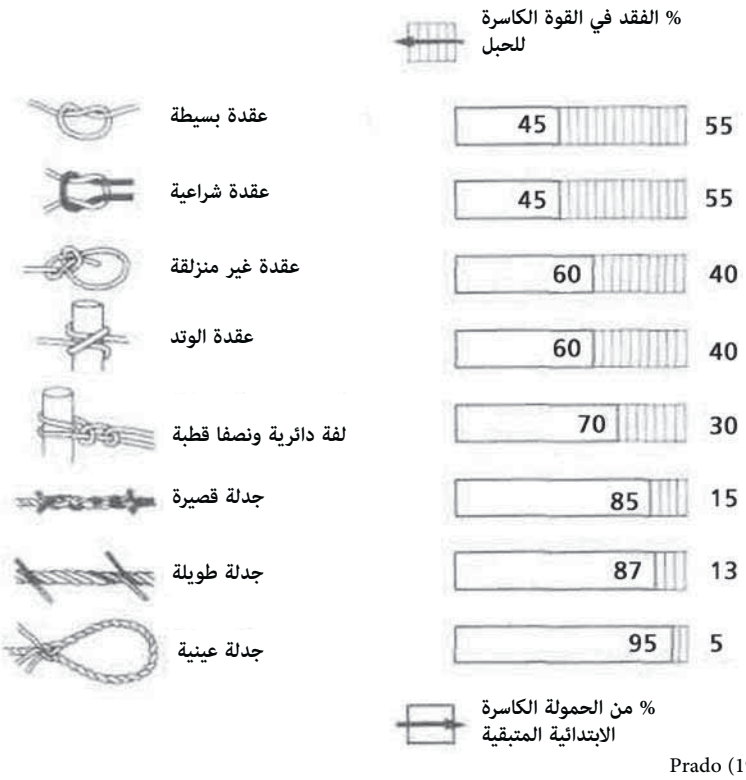
مُجاملةً من A. CIATTAGLIA

وسائل ربط الشبك – العُرى والحلقات والأَزِمَّة المُنزَلِقَة (السَّحابات)

إن أي عقدة أو جَدلَة في حبل ما، سوف تخفض من حمولته الكاسِرة (BL) (الشكل 40). إن الجدل هو الطريقة الأكبر موثوقية لربط حبلين مع الإبقاء على أكبر نسبة من حمولتهما الكاسِرة. لذلك يُوصى بالجَّدلِ لنقاط ارتباط الشبك جميعها.

تُزَوَّدُ حبال القفص الشبكي بعدد من نقاط الارتباط التي ستسمح بالتركيب المناسب للشبك على الطوق والسياج ومنظومة الإغراق وأي مُكَوِّنٍ آخر من مكونات القفص والذي يتوجب ربطه بشبك القفص. سوف يكون لكل من نقاط الارتباط هذه متطلباتٌ مختلفةٌ تتعلق بالقوة ومقاومة الحك.

الشكل 40
فقدان القوة للحبال المعقودة



المصدر: Prado (1990).

تُثَبَّت نقاط الرفع دوماً على الحبال ولا تُثَبَّت أبداً على شرائح الشبك. فالشبك بحد ذاته يجب ألا يحمل أي وزن وألا يكون عُرضَةً لأي جهد، وإن أي جهد على القفص الشبكي يجب أن يُحَمَّل على الحبال.

يمكن مشاهدة الأنواع المختلفة من الروابط في اللوحات 62–68 وتتضمن:

1– عروة حبل (أنشوطة) محمية بأنبوب مرن
2– حلقة لَدَنيَّة
3– خاتم لَدَني أو فولاذي
4– عروة حبل (أنشوطة) دون حماية
5– حبل حر

إن بعض المواضع المختلفة الكائنة على شبك القفص والتي تتطلب الربط سيرد ذكرها في الفصل القادم، وسيستخدم كل من تلك المواضع واحدةً من نماذج الربط المدرجة أعلاه.

العُرى العليا

تُستَخدَم العُرى العليا لربط شبك القفز إلى السياج (اللوحة 62). تُجدل هذه العُرى بالحبل العلوي أو على الحبل العمودي على مستوى الحبل العلوي. يجب أن تكون هذه العُرى محمية من الحك بواسطة حلقات أنبوبية أو لَدَنيَّة. ويمكن أن يُجدَل أو يُربَطَ حبل ربط إضافي ضمن العروة لتأمين الحبل العلوي على أنبوب السياج على المرتكزات العمودية (اللوحة 63).

اللوحة 62
عروة (أنشوطة) الحبل العلوي مجدولة بحماية أنبوبية

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 63
عروة (أنشوطة) عليا ذات حبلِ ربطٍ مجدول

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

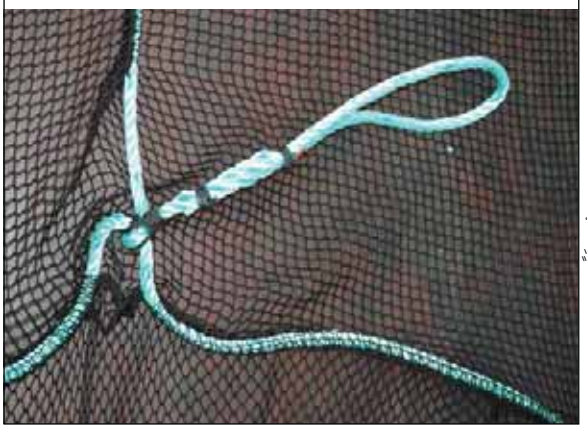
اللوحة 64
عروة (أنشوطة) حبل خط الماء ذات حمايةٍ أنبوبيةٍ مرنة

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 65
عروة (أنشوطة) حبل خط الماء ذات حلقة لَدَنِيَّة

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 66
عروة (أنشوطة) حبلٍ قاعِدي



مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 67
حبال قاعدية مُستَعرِضَة مجدولةٌ على الخاتم المركزي (مع عروة خارجية إضافية)

مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

عُرى خط الماء

تُستَخدَم عُرى خط الماء لربط الشبك إلى الطوق (اللوحتين 64 و65). تُجدَل هذه العُرى بحبل خط الماء أو على الحبل العمودي على مستوى خط الماء. وعادةً ما تكون العروة محميةً بأنبوب لَدَنِي. ويمكن أن يُجدَلَ أو يُربَطَ حبل ربط إضافي على العروة لربط حبل خط الماء إلى الطوق العائم على الأنبوب الداخلي أو على قاعدة المرتكز.

عُرى الحبل القاعدي

تتولى عُرى الحبل القاعدي الربط ما بين قعر الشبك ومنظومة الإغراق (اللوحة 66). تُجدَل عُرى الحبل القاعدي بالحبل القاعدي أو على الحبل العمودي على مستوى الحبل القاعدي. ومن هذه العُرى يُجدل أو يُربط حبل ربط ثانوي بالعروة بهدف إتمام الربط بالمُغرِقات أو بأنبوب الإغراق.

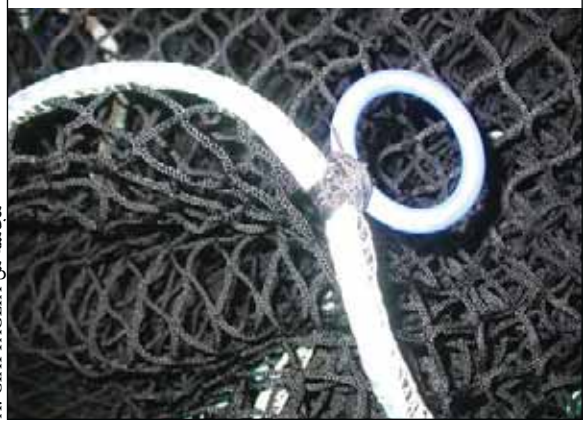
عُرى الحبل المُستَعرِض القاعدي

توجد عُرى الحبل المُستَعرِض القاعدي في مركز القاعدة حيث تترابط الحبال المُستَعرِضة القاعدية سويةً (اللوحة 67). تُجمَعُ هذه العُرى بربط الحبال المستعرضة أو بِجَدْلِها على خاتم من الحبل. يمكن تركيب عروة حبلية إضافية أو حلقة فولاذية إضافية لتكون بمثابة عروة داخلية أو خارجية. تستخدم العروة الخارجية لربط عناصر التوازن لتشكيل شكل مخروطي للقاعدة، في حين يمكن استخدام العروة الداخلية من أجل حبلِ جامعِ الأسماك النافقة (الشكل 37). إن كلاً من العروتين المركزيتين الداخلية والخارجية مفيدتان لرفع الشبك أثناء الحصاد وكذلك من أجل تركيب الشبك أو تغييره.

الحلقات

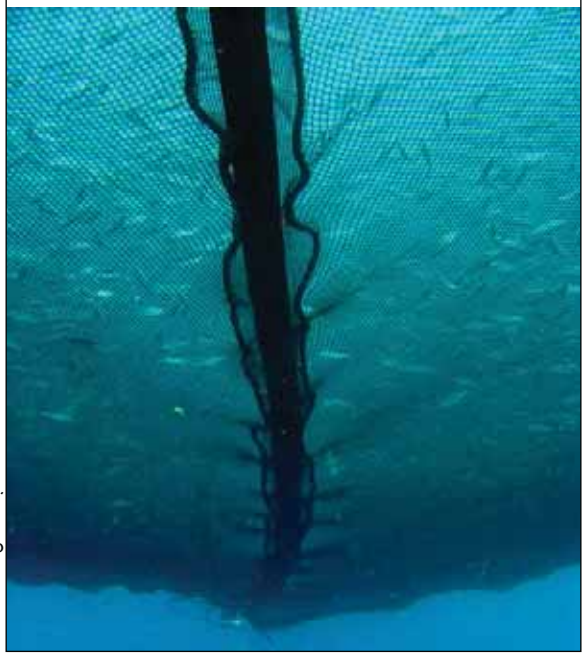
يمكن استخدام الحلقات كنقاط ربط إضافية على حبال الشبك سواءٌ الخارجية منها أم الداخلية. فعلى سبيل المثال على الحبل العمودي (على الجانب الخارجي من القفص)،

اللوحة 68
خاتم لَدَني على حبلٍ عمودي



مُجامَلَةً من *A. CIATTAGLIA*

اللوحة 69
زِمامٌ مُنْزَلِق على قاعدةِ شبكٍ لِقَفَص (أربطة أسلاك إحكام التثبيت ليست مركبة بعد)



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

يمكن للحلقات تأمين الشبك على خطوط الإغراق. تُصنَع الحلقات من اللدائن أو الفولاذ أو الفولاذ المُغَلفَن بالغمس الحارّ، ويمكن وضعها في مواضع مختلفة وفقاً لرغبة المربي (اللوحة 68).

الأَزِمَّة المُنزَلِقَة (السَّحابات)

تزايد في السنوات الأخيرة استخدام الأَزِمَّة المُنزَلِقَة في التربية في أقفاص لأسباب مختلفة (اللوحة 69). تُعَدُّ الأَزِمَّة المُنزَلِقَة مفيدةً لتثبيت أجزاء القفص وشباك الصيد وأبواب الدخول للقفص بشكل سريع ومضمون. عادةً ما تكون الأَزِمَّة المُنزَلِقَة مصنوعة من اللَّدائن المُقَولَبَة وذوات أسنان لَدَنيَّة أكبر بوضوح من تلك المستَخدَمَة للملابس (اللوحة 70).

في بعض الأقفاص الكبيرة يمكن أن يكون الشبك مقسوماً إلى نصفين متماثلين بِزِمامٍ مُنزَلِقٍ بحري لتسهيل الأعمال اليدوية في القفص الشبكي (ينخفض الوزن المُتعامَل به إلى النصف) خلال التركيب والإزالة. فعندما يُرَكَّبُ القفص الجديد يوضع النصفان إلى الخارج من الشبك القديم ومن ثم يقوم غواص بسحب المِقبَضِ المُنزَلِق على طول الزِّمام وبذلك يُغْلِق الشبك الجديد. إن للأَزِمَّة المُنزَلِقَة البحرية حمولة كاسرة (BL) تَرقَى إلى 5.9 طن/م.

وبغية فصل شبكة مُثقَّلَةٍ بالانسداد الحيوي النَّتِن يُفْصَلُ المِقبَضِ المُنزَلِق عن أحد جانبي الزِّمام، ودون الحاجة لفتح الزِّمام، وبذلك يمكن فتح الشبك بسهولة وسرعة بسحب كل من طرفيه بعيداً عن الآخر (كما هي الحال عندما يتعذر فك زِمامِ الثوب).

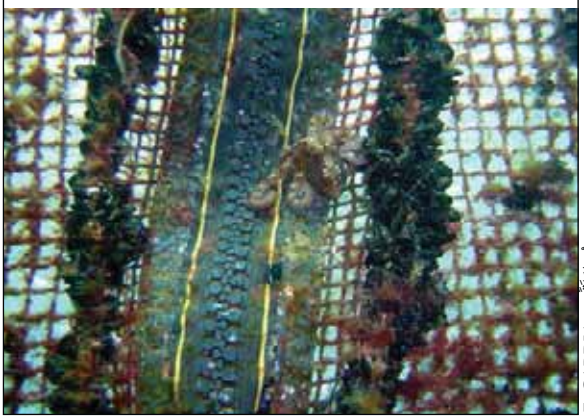
في حال تثبيت زِمامٍ مُنزَلِقٍ طويل للربط ما بين نصفي شبك، فمن حسن التصرف أن يؤمَّنَ الزِّمَام بأربطةٍ سلكية إضافية تُحيط بكل من شِقَّي الزِمامِ المُنزَلِق لإحكامِ تثبيتهما على امتداد كل متر منهما.

تُستَخدَم الأَزِمَّة المُنزَلِقَة أيضاً لتأمين مدخل للغواصين إلى الأقفاص المغمورة في معرض قيامهم بأعمال التحري (اللوحة 71). يكون تَوَضُّع الفتحة عمودياً على جدار الشبك وعادة ما تكون بضعة أمتار طولاً للسماح بدخول الغواصين. للمرة الثانية فإنه من الأهمية بمكان أن يؤمَّنَ الزِّمامُ المُنزَلِقُ بأربطة سلكية لإحكام تثبيته عقب كل عملية تَفَقُّد.

في الأقفاص المغمورة تُستَخدَم الأَزِمَّة المُنزَلِقَة أيضاً للربط ما بين شبكة القفص العلوية والشبك الجداري على مستوى الحبل العلوي (اللوحة 72).

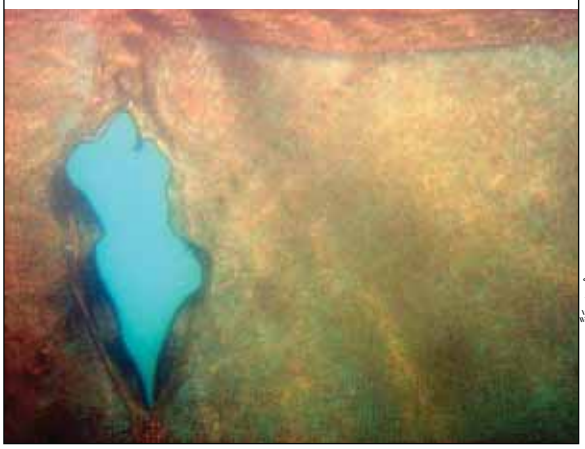
إن العقبتين الرئيستين تجاه استخدام الأَزِمَّة المُنزَلِقَة هما: (أ) التكلفة الكبيرة لها (قرابة 70 دولار أمريكي/م)، و(ب)

اللوحة 70
تفاصيل الزِّمام المُنزَلِق (نصف حجم عين الشبك يساوي 18 مم)



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 71
زِمام مُنزَلِق مُستَخدَم لبابٍ مغمورٍ للغواصين



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 72
شبكة عليا لقفص مغمور مثبتة بزِمامٍ مُنزَلِق

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

الحاجة للحذر الشديد لدى التعامل بالشبك لتَجَنُّبِ إتلاف أسنان الزِّمام المُنزَلِق، إذ أن الأسنان المتكسرة تزيد من خطورة تَعَطُّل الزِّمام المُنزَلِق. إن تجهيزات إصلاح الزِّمام المُنزَلِق واستبداله متوفرة تجارياً.

طريقة بديلة للربط

كبديل عن عُرى الحبال المجدولة والحلقات (كما هو موصوف أعلاه)، يمكن أن يكون للحبال العمودية نهايات حرة بطول 1.5–2 م على مستوى الحبل العلوي (لتثبيت الشبك على السياج) وعلى مستوى قاعدة الشبك (لربط الشبك إلى منظومة الإغراق). إن هذا يحتفظ بالقوة الكاسرة العظمى للحبل إذ لا وجود للعقد أو الجُدَيلات، وسوف يوفر في العمالة اللازمة للتركيب. قد لا يكون ذلك ممكناً خلال البناء الابتدائي ولكنه يستأهل الأخذ بالحسبان.

تحديد أبعاد الشبك

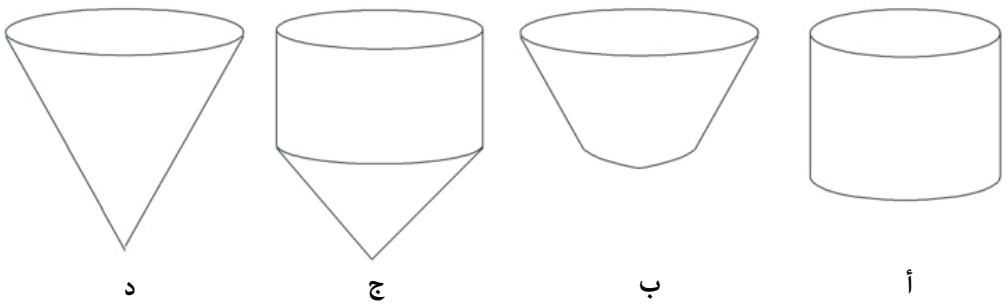
الشكل

قد يكون للشبك شكل أسطواني أو مخروطي مقلوب مقطوع، ويتوقف ذلك على حجم الشبك القاعدي. إن كان للشبك القاعدي محيط مساوٍ لمحيطه عند خط الماء فسيكون للقفص شكلٌ أسطوانيٌ منتظم (الشكل 41أ)، وإن كان أصغر فسيكون الشكل مخروطياً مقلوباً مقطوعاً (الشكل 41ب). أما الشكل الأسطواني ذو القاعدة المخروطية فهو ذو الجدران العمودية التي تتلاقى بعدئذ في نقطة في مركز الحبال المستعرضة القاعدية (الشكل 41ج). تجعل القاعدة المخروطية المقلوبة من جمع الأسماك النافقة أمراً ميسوراً (ستغرق الأسماك النافقة إلى قمة المخروط). في حين أن الشكل الأسطواني يسمح بحجم أقصى للقفص الشبكي، أما الشباك ذوات الشكل المخروطي المقلوب المقطوع فقد تكون أكثر ملاءمةً في المواقع المعرضة لتيارات قوية.

يكون عمق الشبك في الشباك الأسطوانية مساوياً لعمق الجدار بدءاً من خط الماء إلى الحبل القاعدي مضافاً إليه ارتفاع الشبك المخروطي القاعدي إن كان موجوداً. ويوصى أن يكون هذا العمق مساوياً لثلث عمق الماء أو أقل من ذلك في موقع المزرعة.

يجب أن يكون ارتفاع شبك القفز، بدءاً من خط الماء إلى السياج، 50 في المائة على الأقل أعلى من الركيزة العمودية. عادة ما يكون ارتفاع الركائز العمودية متراً واحداً، لذا فارتفاع شبك القفر يجب أن يكون 1.5 م.

الشكل 41
أشكال شبك القفص



ملحوظات: : أسطواني (أ)، مخروطي مقطوع (ب)، أسطواني ذو قاعدة مخروطية مقلوبة (ج)، مخروطي مستدق الطرف (د).

الحجم

من الهام احتساب الحجم بغية فهم كثافة الزرع ومعدل استبدال المياه. ويعتمد الحجم على شكل الجسم. بعض المعادلات والأمثلة واردة أدناه.

معادلات حساب الحجم

الشكل الأسطواني: $V = \pi r^2 h$

الشكل المخروطي المقطوع: $V = 1/3\ \pi h (r^2 + Rr + R^2)$

الشكل المخروطي المُستَدِق: $V = 1/3\ (\pi r^2 h)$

حيث،

V = الحجم

π = 3.14

h = ارتفاع جدار الشبك (دون اعتبار شبك القفز)

r = نصف قطر الشبك (نصف محيط الشبك مقسوماً على 3.14)

R = نصف قطر قاعدة الشبك

قد تكون قاعدة الشبك مخروطية الشكل (الشكل 41ج) ما يزيد من الحجم الإجمالي للقفص. وفي هذه الحال يجب إضافة حجم المخروط المقلوب إلى حجم الأسطوانة للحصول على الحجم الإجمالي للقفص.

معادلة حساب حجم المخروط المقلوب المُشَكَّل من قاعدة الشبك

$V = 1/3\ (\pi R^2 h)$

حيث:

V = الحجم

π = 3.14

h = عمق المخروط

R = نصف قطر قاعدة الشبك

معادلة حساب نصف القطر (*R*) والقطر (*D*)

D = C / π

R = D / 2

حيث:

D = القطر

C = المحيط

π = 3.14

يجب أن يكون محيط الشبك أقصر بقليل من محيط طوق القفص بحيث لا يصبح الشبك عقب تركيبه على تماس مع طوق القفص، وبالتالي فإن ذلك يقلل من أي تلف محتمل قد ينتج عن الاحتكاك. ويجب أن يكون محيط القفص أقصر بمتر واحد كحد أدنى من قطر طوق القفص. هذا سوف يُبقِي الشبك بعيداً عن طوق القفص قرابة 15 سم.

مثال

محيط طوق القفص = 60 م

قطر طوق القفص = 60 م / 3.14 = 19.1 م

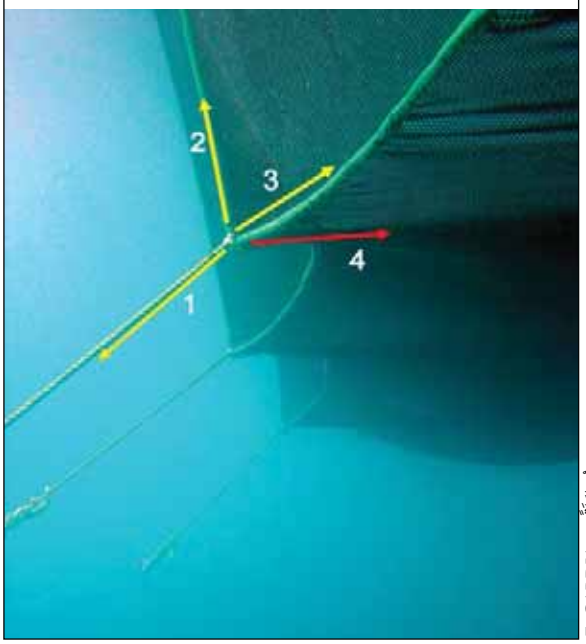
محيط القفص الشبكي = 59 م

قطر القفص الشبكي = 59 م / 3.14 = 18.7 م

الفارق بين القطرين = 19.1 م – 18.7 م = 0.31 م = 31 سم

المسافة ما بين شبك القفص وطوق القفص = 31 سم / 2 = 15.5 سم

اللوحة 73
مكونات الشد الأربع على الحبل القاعدي. المكونات الصفراء محمولة بالحبال، المكون الأحمر مُطَبَّق على نسيج الشبك الذي يمكن أن يُخفِق في هذه النقطة. راجع النص لمزيد من الشرح

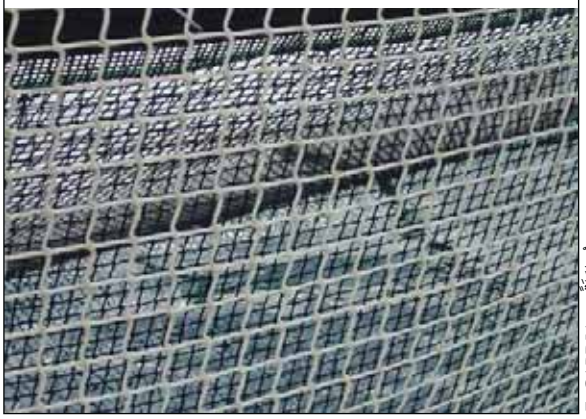


مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 74
شريحة شبكية داخل القفص على مستوى الحبل القاعدي

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 75
الشريحة المانعة للحك (النسيج الشبكي الأبيض) مركبة خارج شبك القفز



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 76
تكون مخاطر قصور الشبك أكبر عند الحبال المُستعرِضَة نظراً للقوى الفاعلة كما هو موضح في اللوحة 73. أحياناً لا يكون نسيج الشبك مَخيطاً مع الحبال عند نقاط الارتباط، ذلك لتوزيع القوى على عديد من النقاط والإقلال من احتمال قصور الشبك إلى الحدود الدنيا

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

التفاصيل البنيوية

في المواقع المُعَرَّضة يمكن إضافة عناصر إضافية خلال تصنيع الشبك لتعزيز سلامة القفص الشبكي وخفض مخاطر قصور الشبك.

إن إضافة شريحة مانعة للحكّ على مستوى خط الماء سوف تمنع احتكاك الشبك بالطوق اللَّدَني وتمنع أي تَوَضُّعٍ كثيف للمتعضيات البحرية على الشبك (انظر الشكل 37). تُرَكَّب هذه الشريحة على الجانب الخارجي المواجه للشبك، وتُصنَعُ عادة من شبك ذي حجمِ عينٍ أكبر ورقم جَدلَةٍ أكبر من نظيرتيهما في الشبك الداخلي. تغطي شريحة منع الحكّ شبكَ القفص كُلِّياً اعتباراً من الخط العلوي وحتى 0.5 م أدنى من حبل خط الماء. بالإضافة لذلك يمكن استخدام الشبك المانع للحكّ حول مركز القاعدة، وخصوصاً عند استخدام جامع الأسماك النافقة. وفي هذه الحال سوف تُصنَع من شبك القفص ذاته أو من شبكٍ مشابه.

تكمن النقطة الحساسة في القفص الشبكي في الحبل القاعدي حيث يتصل الشبك القاعدي بالشبك الجانبي. وهنا تكمن أيضاً نقاط ارتباط منظومة الإغراق بالشبك القاعدي. هنالك أربعة مُكَوِّناتِ شدٍ في هذا الأفق (انظر اللوحة 73): (1) مُكَوِّن الشد العمودي الممتد على طول الحبل القاعدي على الشبك الجانبي، (2) الشد الأفقي المُماسي على طول الحبل القاعدي، (3) الشد الخارجي باتجاه الأسفل الممتد على طول الخط المرتبط بمنظومة

الإغراق، و (4) الشد الأفقي الداخلي على امتداد الشبك القاعدي. تتوزع قوة مكونات الشد الأربع هذه على الحبال (الحبل العمودي والحبل القاعدي والحبل المتصل بمنظومة الإغراق) وعلى مدى الشبك (الشبك القاعدي). وإنْ حدث أن تعرضت هذه النقطة إلى قوى شد استثنائية (على سبيل المثال خلال عاصفة أو تيار أقوى من المعتاد) فإن نسيج الشبك القاعدي سيكون بمثابة نقطة الضعف حيث يمكن للتلف أن يحدث.

لمنع السمك من الهرب إن حصل تلف في الشبك، تُركَّب شريحة شبكية داخلية إضافية (تُعرَف بشريحة التقوية) للقفص قرب الحبل القاعدي (اللوحة 74). تُخاطُ شريحة التقوية هذه على الشبك القاعدي والشبك الجداري على نقاط تبعد قرابة 50 سم عن الحبل القاعدي. تُصنَع هذه الشريحة من نسيج شبكي يماثل النسيج الذي على القفص الشبكي (اللوحة 75).

ولخفضٍ إضافي لخطر تلف نسيج الشبك يمكن استخدام طريقة خاصة في الخياطة بحيث أن مقطعاً صغيراً من الشبك، قرابة 20 سم من الزاوية القاعية لشريحة الشبك، لا يُخاط على طول المدى إلى حيث تتقاطع الحبال القاعدية والعمودية (اللوحة 76). بذلك ستتوزع قوى الشد المُعَرَّضة لها نقاط الربط هذه على مساحة واسعة من النسيج الشبكي.

معالجة الشبك – منع الانسداد الحيوي النَّتِن والحماية من الأشعة فوق البنفسجية

إن الانسداد الحيوي النَّتِن biofouling للشبك هو من القضايا الرئيسة في إدارة مزارع الأحياء المائية ويمثل تهديداً جدياً للقفص الشبكي إن لم يُتَصَدَّى له بالشكل المناسب. يتضمن الانسداد الحيوي النَّتِن الطحالب الكبيرة وثنائيات المِصراع (كبلح البحر والمحار) والمرجانيات وخيار البحر والإسفنجيات والمُتَعَضِّيات اللاطِئَة الأخرى. تتحول هذه كلها من حالة العوالق الهائمة إلى حالة المُتَعَضِّيات المستقرة على الشباك وعلى بُنى المزرعة.

يسبب الانسداد الحيوي النَّتِن تلفاً مباشراً وغير مباشر للشبك. ينجم التلف المباشر عن الأصداف والأجزاء الصلبة الأخرى من اللافقاريات التي تحتك بنسيج الشبك والحبال مُتَسَبِّبَةً بأضرارٍ كفجوات في الشبك وحبال مُقَطَّعَة. وغالباً ما يترافق هذا القصور البُنيَوي مع الفعل الكاشط لهذه المستعمرات الذي يَحدث أساساً في شرائح الشبك. أما التلف غير المباشر فهو ينجم عن القصور البنيوي للشباك والحبال بسبب تزايد الحمولات على القفص.

بالإضافة لذلك فإن الانسداد الحيوي النَّتِن المُفرِط يقلل من تبادل الماء في القفص ما يؤدي إلى تدهور نوعية الماء بالنسبة للسمك (انظر اللوحة 71). إن التأثير الآني والأشدَّ خطورة لهذا الانسداد المُفرِط هو تناقص الأوكسجين الذائب DO في القفص. وهذا قد يُسفِرُ بِدَورِهِ عن تأثيرات مختلفة على السمك تتدرج ما بين انخفاض مفاجئ في استهلاك الغذاء مروراً بتزايد فرص نشاط العوامل المُمْرِضَة وتَفَشِّي الأمراض وانتهاءً بفقدان كلي لجُموع السمك نتيجة لنقص الأوكسجين في أنسجته. إن الأُصبُعيَّات في الأقفاص ذوات الشباك الصغيرة العيون هي الأشد عُرْضَةً لخسائر كارثية وخصوصاً إن عانى موقع الأقفاص من فتراتِ ضعف في التيار أو غيابه.

ولمنع تَوَضُّع المُتَعَضِّيات البحرية المسببة للانسداد الحيوي النَّتِن، يمكن معالجة الشباك بطلاءات مانعة للانسداد الحيوي النَّتِن للحد من نمو مستعمرات تلك المُتَعَضِّيات البحرية وبالتالي التقليل من التلف المُحتَمَل. يمكن للشباك المُعالَجَة أن تُستَبدَلَ بوتيرة أبطأ من تلك غير المُعالَجَة، ما يخفض من كلفة اليد العاملة.

يمكن للطلاء المانع للانسداد الحيوي النَّتِن أن يطيلَ العمرَ العامل للشباك من خلال خفض تدهور المُماكِبات (البوليميرات) الذي تسببه الأشعة فوق البنفسجية UV، ومن خلال خفض التآكل والتمزق المُعتاد أثناء التنظيف. إلا أنه من الهام أيضاً التأكيد على أن الطلاءات المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن قد تخفض أيضاً من الحمولة الكاسِرَة للنسيج الشبكي.

يجب عادةً أن يدوم مفعول المعالجة المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن من 9 إلى 12 شهراً، وذلك تبعاً لأحوال البحر.

إن معظم الطلاءات المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن المُستَخدَمَة للمعالجة هذه الأيام في صناعة تربية الأسماك تتضمن أوكسيد النحاسي كمادة فعالة. وإن فعالية المعالجة المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن المبنية على النحاس تعود لفعل أوكسيد النحاسي (Cu_2O) الذي يتفكك ليُحَرِّرَ أيون النحاسي (Cu^+). يتأكسد هذا الأيون لاحقاً إلى أيون النحاس (Cu^{++}) المسؤول أساساً عن السُّمْيَّة التي تمنع نمو مُتَعَضِّيات الانسداد الحيوي النَّتِن.

مع ذلك فإن المبيدات الحيوية المبنية على مركبات الزنك هي مُستَخدَمَة أيضاً.

يشكل وجود النحاس والزنك هاجساً رئيساً إزاء الاستدامة البيئية، ذلك أن هذه الكيماويات تتحرر في البيئة البحرية كملوثات مميزة ودائمة. يمكن لبعض الأسماك العضاضة (مثلاً أسماك المرجان التي تُعرِف أيضاً بالغزيلة) أن تتناول شوارد تلك المعادن الثقيلة من خلال عض الشبك، ما يُمَهِّدُ لاحقاً لخطر تلوث السمك بالمعادن الثقيلة. لهذه الأسباب فإن بروتوكولات الإنتاج المختلفة أو ضوابطه (مثلاً ضوابط التربية العضوية للأحياء المائية في إيطاليا) تمنع استخدام الكيماويات المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن على الشباك.

إن الطلاءات المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن المُستَخدَمَة في تربية الأحياء المائية قابلة للذوبان في الماء أساساً. تتضمن بعض الطلاءات التجارية المانعة للانسداد الحيوي النَّتِن المُستَخدَمَة في تربية الأحياء المائية الآتي:

- Netrex AF: المُنتَج من قِبَل NetKem وهو طلاء شمعي الأساس يتضمن أوكسيد النحاسي بنسبة 3 في المائة. يمكن تطبيق هذه المعالجة على الشباك الرطبة. يتوجب تجفيف الشباك لمدة ثماني ساعات قبل استخدامها في البحر. عقب معالجة الشباك وتجفيفها يزداد وزن شباك النايلون قرابة 10–20 في المائة. يسمى عادةً هذا الكسب في الوزن "التقاط الشبك".
- Flexgard: يُنتَجُ من قِبَل Flexbar، وهو عبارة عن معالجة شبهِ شبكيةٍ شعريةٍ يمكن أن تُمَدَّد بالماء إلى حدود أقصاها 100 في المائة في الصيغة المُرَكَّزَة. يجب أن تكون الشباك نظيفة قبل معالجتها وتُنْقَع لمدة 20 دقيقة قبل تركها لتجف لثلاثة أيام. يمكن إدخال السمك بعد مضي 72 ساعة لاحقة. يكون التقاط الشبك بعد المعالجة 30–35 في المائة بالنسبة للنايلون و40–45 في المائة بالنسبة للبولي إيثيلين العالي الأداء HPPE.
- Aquasafe: يُنتَجُ من قِبَل Steen–Hansen، إن مانع الانسداد الحيوي النَّتِن هذا مائيُ الأساس ويصنع في النرويج. إنه مُنتَج غير ذي رائحة ومكونه الرئيس هو أوكسيد النحاسي. يبلغ التقاط الشبك المعالج بهذا المُنتَج قرابة 35 في المائة.

اللوحة 77
معمل لمعالجة الشباك

مُجامَلَةً من A. CIATTAGLIA

اللوحة 78
غمس الشباك في حوض لمانع الانسداد الحيوي النَّتِن

مُجامَلَةً من A. CIATTAGLIA

تُغطى الشباك بالطلاء المانع للانسداد الحيوي النَّتِن بنقعها ثم تجفيفها (اللوحة 77). يُغْمَس الشبك بكامله في حوض مملوء بالطلاء المانع للانسداد الحيوي النَّتِن (ملاحظة: يتطلب الأمر كمية كافية من الطلاء لتغطية الشبك بالشكل المناسب)، ويترك في الحوض لبضع دقائق ثم يعلق ليجف عدة ساعات. تجري هذه العملية من قبل مُنتجي الشباك في أبنية مخصصة حيث تُعالَج الشباك وتُعلَّق لتجف في الداخل.

بالإضافة للمُثَبِّتات تجاه الأشعة فوق البنفسجية التي تضاف إلى الألياف خلال الإنتاج، يوجد أيضاً مواد أخرى يمكنها تأمين حماية إضافية للشبك من الضوء فوق البنفسجي. هذه الطلاءات الأخيرة، شأنها شأن الطلاءات الواقية من مُتَعَضِّيات الإنسداد الحيوي النَّتِن، تُطَبَّق بنقع الشباك ومن ثم تجفيفها. مثال على ذلك

اللوحة 79
قفص محمي بشبك مانع للطير

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

Flexdip™ الذي هو طلاء أسود للشبك والذي يحول دون حدوث تدهور بفعل الأشعة فوق البنفسجية UV ويُسَهِّل من تنظيف الشبك ما دام أن مُتَعَضِّيات الانسداد الحيوي النَّتِن لن تتمكن من النفاذ إلى ألياف النسيج الشبكي، وبذلك لن تتمكن من اكتساب مرتكزات ثابتة على النسيج الشبكي.

لقد أثبت هذا الطلاء أيضاً فعاليته في منع الضرر الناجم عن السمك الراعي مثل القجاج والقِدّ. فالطلاء يربط أي خيوط سائبة، يمكن أن تجتذب السمك، ويمنع أيضاً أي نهايات سائبة من أن تنسل وتبلى. في حين أن الاهتراء يسترعي انتباه مزيدٍ من السمك ويجذبه ما يتسبب سريعاً في تَشَكُّل فجوات كبيرة.

اللوحة 80
عوامة شبك الطير جاهزة للتركيب. تُستَخدَم عدة حبال لتثبيتها في مركز القفص

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 81
شبك الطير متحرر من الماء بعُصِيّ

مُجامَلَةً من *FIRDA SEAFOOD AS*

يتوفر في الأسواق طلاءات أخرى من تلك التي تُستَخدَمُ عموماً في التربية العضوية الموثقة للأحياء المائية. صُمِّمت هذه المنتجات لتسهيل عملية تنظيف الشباك حيث لا يُسمح باستخدام الطلاءات الواقية من مُتَعَضِّيات الإنسداد الحيوي النَّتِن. ويمكن تطبيق هذه الطلاءات (مثلاً Flexdip أو Ecopolish) بالغمس (اللوحة 78). عقب الجفاف تصبح الشباك زَلِقَةً ما يُضعِفُ من ثبات متعضيات الانسداد الحيوي النتن ويسمح بتنظيف أسهل للشباك. لا تحوي هذه الطلاءات أي معادن ثقيلة في تراكيبها.

يمكن استخدام بعض المنتجات كطلاءات الطبقة التحضيرية الأولى بهدف خفض معدل امتصاص الألياف التركيبية ومن ثم خفض التقاط الشبك لمانع الانسداد الحيوي النَّتِن.

شباك المُفتَرِسات

إن الأقفاص الشبكية بما فيها من أسماك حية أو نافقة تجتذب طيفاً واسعاً من المفترسات بما فيها الطيور وأسود البحر وأسماك القرش. يمثل الافتراس عاملاً من العوامل غير القابلة للضبط في توازن المخزون الحيوي (انظر الفصل 7)، مُتَسَبِّباً في كمية من الفاقد في الكتلة الحيوية للمجموعة المستزرعة يصعب احتسابها. وقد تُلحِقُ المفترسات أيضاً تلفاً بالشباك في معرض محاولتها الوصول لفرائسها، ومن ثم تتسبب في خسائر إضافية بهروب السمك. لذا يجب أن يكون القفص محمياً تجاه هذا النوع من الهجمات التي إن هي أحدثت تلفاً للشبك فستكون أكبر كلفة من الافتراس بحد ذاته.

شباك الطير

يمكن لطيور الغاق والنورس والطيور المفترسة الأخرى أن تمثل تهديداً للسمك المستزرع. إنه بإمكان هذه المفترسات أن تلتقط الكثير من السمك إن كان السمك صغيراً. وتشكل طيور الغاق مشكلة ذات أهمية إذ أنها تجثم على الأقفاص المزروعة حديثاً لمدد طويلة. علاوة على ذلك فقد تسبب الطيور إيذاءً للأسماك ذوات الحجم التسويقي بحيث لا يمكن بعده بيعها.

إن من أكثر الطرق فاعلية في منع الافتراس من قبل الطيور هي تغطية القمة العليا المفتوحة للقفص بشبك مانع للطير (اللوحة 79). ويجب أن يكون هذا الشبك ذا عيون كبيرة (مثلاً 100 مم)، وأن يكون مركباً بحبل على امتداد محيط القفص. ويمكن إضافة حبال قطرية مستعرضة لمزيد من التقوية.

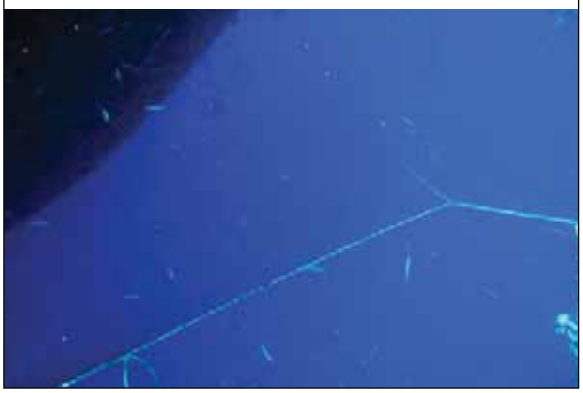
يجب إبقاء شبك الطير خارج الماء. ولتحقيق ذلك يجب تركيب الشبك بشكل آمن على السياج. إن كان القفص كبيراً للغاية فقد لا يكون شبك الطير مشدوداً بما يكفي ما قد يؤدي به لملامسة الماء في مركزه. وهذا ما يجب تَجَنُّبُه لأن السمك قد يتضرر من جدلة شبك الطير أثناء تَغَذِّيه. بالإضافة إلى ذلك قد يتعرض الشبك للانسداد الحيوي النَّتِن ما يجعل من الصعب التعامل معه، إذ من الواجب نزع شبك الطير ومن ثم إعادة تركيبه كلما جرت عملية حصاد للسمك.

لقد طُوِّرَت هياكل داعمة طافية لرفع شبك الطير بعيداً عن الماء. هنالك تصاميم مختلفة للدعامات مصنوعة من أنابيب HDPE، ولكن البُنَى الأكثر شيوعاً هي تلك المؤلفة من طوق عائم ذي دعامات عمودية متصلة بطوق أصغر يرفع شبك الطير (اللوحة 80).

يمكن أيضاً رفع شباك الطير لجعلها بمنأى عن الماء بِعِصِيٍّ مثبتة على الركائز العمودية. تُثَبَّت عِصِيٌّ عِدَّةٌ حول القفص على الركائز العمودية ويُعَلَّق شبك الطير من أعلى تلك العِصِي بمنظومة من الحبال والبكرات (اللوحة 81).

اللوحة 82

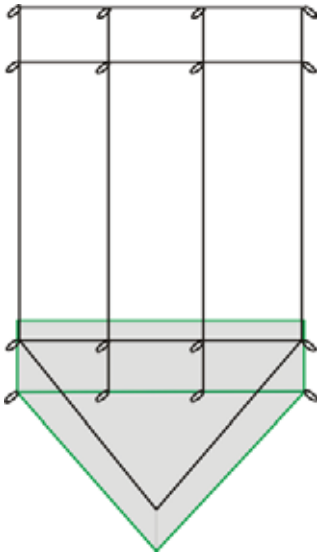
شبك أسماك القرش مركباً أسفل الشبك القاعدي للقفص. وهو في هذه الحال شريحة بسيطة من شبك Dyneema المركب لحماية قاعدة الشبك



مُجاملَةً من *F. CARDIA*

الشكل 42

تصميم متطور لشبك أسماك القرش



ملحوظة: تصميم متطور لشبك أسماك القرش (بالرمادي). إن شبك المفترسات مركب أسفل الشبك القاعدي متداخلاً مع الجزء الأدنى من الشبك الجداري.

شباك أسماك القرش

يمكن للتلف الناجم عن السمك (المفترسات الكبيرة كأسماك القرش التي تُعرَف أيضاً بالقروش) أو عجول البحر أن يكون خطيراً للغاية. فعادة ما تنجذب المفترسات تحت الماء إلى السمك النافق الموجود أسفل القفص الشبكي، فهي تحاول التهام تلك الأسماك عبر الشبك مُسَبِّبَةً تلفاً من خلال تمزيق الشبك، ما ينتهي إلى هروب السمك عبر فجوات الشبك.

تُستَخدَم شباك مفترساتٍ ما تحت سطح الماء في المواقع حيث يمكن لهذه المشكلة أن تحدث (اللوحة 82 والشكل 42). إن النسيج الشبكي Dyneema™ مادة جيدة للاستخدام لهذا النوع من الشباك المانعة للمفترسات، كونه خفيف الوزن وشديد الصلابة. فهو قاس بما يكفي لمقاومة المفترسات الكبيرة كعجول البحر وأسماك القرش. يعتمد تصميم الشباك المانعة لمفترسات ما تحت الماء على تصميم القفص، وهذا يُناقَشُ عادة مع مُصَنِّع الشبك مُسبقاً. إن الشبك القاعدي هو الجزء الأشد أهمية من الشبك المطلوب حمايته، ولذلك غالباً ما تُرَكَّب شبكة إضافية خارج الشبك القاعدي (اللوحة 82).

الثدييات البحرية

قد يكون شبك المفترسات الذي يغطي الجزء المغمور بالماء من شبك القفص بأكمله (وليس فقط الجزء القاعدي) حلاً مناسباً حيال الثدييات البحرية المفترسة (عجول البحر وأسود البحر). إنه بمقدور أسود البحر أن تضرب الماء أسفلها ثم تتسلق السياج إلى الشبك الوقائي الهوائي في محاولة لِبلوغ السمك من الأعلى. وفي المناطق حيث تتواجد أسود البحر تُستَخدَم حماية محيطية أيضاً بحيث لا ينساق الحيوان المفترس إلى الأنابيب.

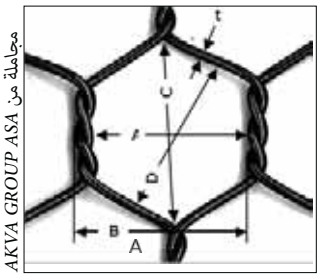
شباك *PET* المفردة الخيوط

تزايد في الآونة الأخيرة استخدام شباك PET (بولي إيثيلين تيريفتاليت polyethylene terephthalate) المفردة الخيوط ضد المفترسات، إذ أن لشباك PET قوةً جيدةً وهي في الوقت ذاته خفيفة الوزن. إن البنية الأساسية نفسها وحيدة الشكل وسطحها القاسي يُؤمِّن مادة شبك أعلى مقاومة من النايلون القياسي. وبما أن الشبك قاسٍ نوعاً فإن حجم العين وفتحتها ستحافظان عموماً على شكلهما الأصلي ما يسمح بجريان جيد للماء خلال القفص الشبكي. ومقارنة بالشبك القياسي المنتج من النايلون حيث يكون عادةً العمر العامل 4–6 سنوات، فإن لشبك PET المفرد الخيوط عمراً عاملاً قرابة 14 عاماً شريطة أن يتلقى الصيانة المعتادة.

يُصَنَّع شبك PET المفرد الخيوط بعيون سداسية بخيط ثخانته قرابة 3 مم وعروض (حجم العين) مختلفة بدءاً من 40 مم وأعلى من ذلك. يبلغ الوزن قرابة 500–600 غ/م^2. يقدم الجدول 30 مثالاً عن أحجام العين المتوفرة من شبك PET المفرد الخيوط.

الجدول 30
أحجام شبك PET المفرد الخيوط

حجم العين	t (مم)	A (مم)	B (مم)	C (مم)	D (مم)	الوزن
صغير	2.5	35	40	43	37	570 غ/م^2
كبير	3.0	45	50	71	59	590 غ/م^2
كبير للغاية	3.5	73	80	100	85	450 غ/م^2



مجاملة من *AKVA GROUP ASA*

6. الصيانة والتَّحَكُّم

يوضح هذا الفصل أشكال التلف الرئيسة التي يمكن أن تحدث في موقع مزرعة قفصية سطحية، ومصادر المشاكل، وخطوات الصيانة الضرورية لإدارة جيدة للمزرعة. يمكن للتلف البنيوي أن يسبب خسائر اقتصادية هامة من خلال تكلفة المواد والزمن اللازم للعمال المؤهلين لمعالجة أي مشكلة، وفوق ذلك كله خسائر الموجودات بسبب هروب السمك.

إن القاعدة الأولى الواجب اتباعها من قِبَل أولئك الراغبين في ممارسة تربية الأحياء المائية في أقفاص شبكية هي إيلاء اهتمام فائق لعمليات تركيب مكونات المزرعة كلها وصيانتها في الموقع. علاوة على ذلك فإنه يجدر عدم إهمال العيوب الصغيرة أو الشذوذ في المكونات مهما بَدَت ضئيلةً، بل على العكس يجب أن تُعالَج بسرعة. إذ أن إخفاق مكون واحد يمكن أن تكون له مضاعفات تطاول البنية كلها.

إن للبيئة البحرية عدداً كبيراً من القوى الفيزيائية والكيميائية والحيوية الفاعلة، وعدداً كبيراً من المُتغيرات المعنية، وهي في نشاط حركي دائم. تؤثر هذه الحركة على كل شيء مغمور أو طافٍ على سطح الماء.

تُصنَّفُ القوى الفيزيائية التي تؤثر في قفص شبكي في نمطين عامَّين:

- قوى ساكنة تتضمن الجاذبية (التي تدفع باتجاه الأسفل تِبعاً للكتلة) والطُفُوّ (الذي يدفع للأعلى تِبعاً للكثافة) الخاصَّين بمكونات الموقع.
- قوى حركية وهي أفقية أساساً وتعتمد على الرياح والأمواج والتيار.

إن هذه القوى في كلا الحالين تؤثر مجتمعةً وبشكل متوازٍ على بنية المزرعة كلها، والتي بذلك تصبح عُرضة للإجهاد المستمر متأثرة بمبدأ الفعل ورد الفعل. ويمكن لهذه العمليات أن تسبب الحك والكسر لمكونات مختلفة.

تكون الأقفاص الشبكية أيضاً عُرضةً لعمليات كيميائية وحيوية بما فيها:

- تأكسد (صدأ) الأجزاء المعدنية (السلاسل والأصفاد والخواتم والصفائح)، التأكسد الذي يحتُّ تلك الأجزاء ويرققها ويُضعِفُها.
- التفكك الكيميائي الناجم عن البيئة المِلحَة التي تهاجم البوليميرات اللَّدَنيَّة للحبال والشباك خافِضَةً بذلك من حمولاتها الكاسِرَة.
- النشاط الحيوي ولاسيما للمتعضيات البحرية والنَّتَن الحيوي (بلح البحر والبَرَنقيل والديدان وغير ذلك). يضيف النَّتَن الحيوي وزناً لا يستهان به لوزن بنى المزرعة، وفيما يتعلق بالشباك فإنه يزيد من مقاومتها لحركة التيارات.

حفظ السجلات ومخطط الموقع

إنه من أجل إدارة مثلى لمزرعة أقفاص عائمة لا بد من توفر نظام إجرائي موثوق لحفظ القيود. يتوجب تنظيم سجلات يُحفَظُ فيها مخططٌ للموقع بشكل آمن. يجب أن تتضمن السجلات قيوداً حول منشأ المكونات المختلفة، وتواريخ تركيبها، وأي من حالات عدم التوافق التي ووجِهَت، وإجراءات صيانة تلك المكونات أو إعادة تأهيلها.

هذه القيود تُمَكِّن المربي من تَحَرِّي أنشطة الصيانة والاستبدال للقطع كلها عبر الزمن. كما تفيد هذه القيود في وضع خطة إدارةٍ لموقع المزرعة وتَبَنِّيها بما يتناسب والمواصفات الخاصة للموقع ذاته. وحتى إن كان ثمة من إجراءات صيانة قياسية، فإن لكل موقع خصائصه الذاتية، وإن مثل تلك الإجراءات يتوجب أن تُكَيَّف مع كل موقع حسب معطياته.

السجل

يقدم الجدولان 31 و32 مثالاً على سجل التَّفَقُّد الذي يمكن استخدامه لتحري الأقفاص وخطوط الإرساء. إن عدد الأقفاص وخطوط الإرساء وكذلك العناصر الواجب تفقدها يجب أن تُكَيَّف جميعها مع تصميم كل مزرعة وأنموذج القفص الشبكي. إن كلاً من النواحي معالج أدناه.

الجدول 31
أنموذج لسجل التفقد اليومي للقفص

التاريخ	**المُشَغِّل / المُشَغِّلون**					**الأحوال الجوية** .....
	فُحِصَ (X)	**مُتَوافِق (X)**	**غير متوافق (X)**	**أُصْلِحَ (X)**	**يتوجب إصلاحه (الأولوية 1-2-3)**	**ملاحظات / عدم التوافق**
القفص 1						
السياج						
شبكة الطير						
الأَهِلَّة						
طوق القفص						
المكابح						
الحبال العمودية						
الشباك						
أنبوب الإغراق						
نفوق						
مرض						
غذاء غير مُستَهلَك						
القفص 2						
السياج						
شبكة الطير						
الأَهِلَّة						
طوق القفص						
المكابح						
الحبال العمودية						
الشباك						
أنبوب الإغراق						
نفوق						
مرض						
غذاء غير مُستَهلَك						
القفص 3						
السياج						
شبكة الطير						
الأَهِلَّة						
طوق القفص						
المكابح						
الحبال العمودية						
الشباك						
أنبوب الإغراق						
نفوق						
مرض						
غذاء غير مُستَهلَك						

الجدول 32
أنموذج لسجل تَفَقُّد خط الإرساء والمرساة

التاريخ	المُشَغِّل / المُشَغِّلون					
	فُحِصَ (X)	مُتَوافِق (X)	غير متوافق (X)	أُصْلِحَ (X)	يتوجب إصلاحه (الأولوية 1-2-3)	ملاحظات
المرساة 1						
سلسلة التوازن						
أصفاد المرساة						
خط رفع المرساة						
الطوافات المغمورة						
خطوط الإرساء						
خطوط الإرساء – أصفاد الصفيحة						
المرساة 2						
سلسلة التوازن						
أصفاد المرساة						
خط رفع المرساة						
الطوافات المغمورة						
خطوط الإرساء						
خطوط الإرساء – أصفاد الصفيحة						
المرساة 3						
سلسلة التوازن						
أصفاد المرساة						
خط رفع المرساة						
الطوافات المغمورة						
خطوط الإرساء						
خطوط الإرساء – أصفاد الصفائح						

التحريات الدورية

تتعرض المكونات المختلفة للمزرعة لدرجات متفاوتة من القوى الموصوفة أعلاه. وإن عديداً من المعايير تفرض وتائر معينة لتَفَقُّد كل من تلك المكونات. فموقع المكون ووظيفته ضمن البنية الإجمالية، بالإضافة إلى صلابة مادته وثخانتها، تقرر جميعها إلى أي مدى تؤثر العوامل الفاعلة في ذلك المكون. لذلك فإن بعض مكونات المزرعة تتطلب تفقداً يومياً، في حين يتطلب بعضها الآخر تفقداً أسبوعياً أو شهرياً أو حتى نصف سنوي. إن نمط عمليات المراقبة وتواترها ونتائجها كافة يجب أن تُسَجَّل على استمارات إدارية تقنية خاصة. وهذه بدورها تكون متاحةً للمراجعة والتحليل والحفظ للرجوع إليها مستقبلاً.

تتم عمليات تحري البنى المغمورة بواسطة الغواصين المزودين برئة مائية. وبما أن العمل تحت سطح الماء خَطِرٌ فإنه من المتوجب احترام تعليمات السلامة بدقة فائقة. ثمة مراجع خارجية أخرى بهذا الشأن مُقَدَّمَة في فصل "ثبت المراجع وقراءات إضافية" من هذه المطبوعة، كون تلك المراجع الخاصة بالسلامة تحت الماء تخرج عن نطاق اختصاص هذا الدليل الحقلي. يتوجب عموماً تَجَنُّب الأنشطة الفائقة الخطورة، إذ قد تتطلب بعض عمليات الغوص العميق الاستعانة بمتعاقدين من المتخصصين بالهندسة البحرية.

عمليات التفقد نصف السنوية

خطوط الإرساء

ليست المراسي وسلاسل التوازن القاعية عُرضةً للتلف إن هي رُكِّبَت بالشكل الصحيح، إذ أن الأحجام والثخانة تُكسِبانها صلابة شديدة خصوصاً وأنها مثبتة على عمق يزيد عادة عن 20–30 متراً. فعلى هذه الأعماق لا تؤثر حركة الأمواج على المكونات بالشكل المباشر الذي تفعله على مكونات في آفاق مائية أشد ضحالة. وفي الواقع تتوزع القوى على خطوط الشبيكة وخطوط الإرساء والسلاسل والطوافات التي يمكن أن تلعب دورَ مُخَمِّدات الصدمة. وقد تكون عمليات التفقد صعبة إذ أن العمق والبقاء في الأعماق يعرضان الغواصين لأخطار إضافية ما يحد من مدة البقاء في الأعماق. لهذه الأسباب يمكن إجراء تفقد بصري كل ستة أشهر وأيضاً عقب الأحوال الجوية والأمواج الاستثنائية.

في عمليات التفقد هذه من الضروري التأكد أن:

- المرساة قائمة ومدفونة بشكل مناسب في قاع البحر. إن المرساة التي سبق وأن انسَحَبَت على قاع البحر نظراً لكونها أصغر مما ينبغي أو لكونها قد انقلبت تترك خلفها أخدوداً يسهل تمييزه من قبل الغواص.
- الصفاد ليس مُهتَرِئاً أو مرتخياً، والدبوس الوُتَيدي موجود في مكانه.
- سلسلة المرساة القاعية مستلقية بشكل مستقيم وحلقاتها ليست مُهترئة.
- الصفاد الرابط لسلسلة المرساة القاعية بالحلقة المعدنية غير مُهتَرِئ أو مرتخي، والدبوس الوُتَيدي موجود في مكانه.
- الحبل الرابط للسلسلة بالصفيحة (أو بالخاتم) لا يُبدي أي مظهرٍ من مظاهر الحك وليس مُغطًّى بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.

الطوافات الدَّالة

يجب أن يتضمن تفقد الطوافات الدَّالَّة التأكد من أن:

- الكتلة الاسمنتية لم تنسحب من مكانها.
- رقعة عين الكتلة الاسمنتية والصفاد الرابط يعملان بشكل صحيح وهما ليسا مُهترئين.
- السلسلة غير مُهتَرِئة و/أو غير مُغطَّاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.
- الصفاد والصفيحة الحديدية في الجزء الأسفل المغمور من الطوافة ليسا مُهترئين ويعملان بشكل صحيح.
- الجزء المغمور من الطوافة ليس مُغطًّى بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.

عمليات التفقد الشهرية

أضواء الطوافة الدَّالَّة

إنه من الضروري كل شهر تحري ما إذا كانت الأضواء على قمة الطوافات الدَّالَّة تعمل بانتظام. تُضيء هذه الأضواء آلياً عند الغسق وفي حالات ضعف الإضاءة، وتُزَوَّد بالطاقة ببطاريات يُعادُ شحنها بألواح صغيرة جامعة للطاقة الشمسية خلال ساعات النهار.

يجب أن تكون أضواء الطوافة الدَّالَّة مرئية من البر. يمكن كطريقة للاختبار تغطية قمة الطوافة بقماش قاتم (تمثيلاً للغسق) وملاحظة ما إذا أُضاءت الأنوار. إن لم يعمل جهاز الإنارة فمن الضروري فكه عن قمة الطوافة وفحصه على اليابسة.

خلال عملية التفقد يجب تحرِّي ما إذا كان الطلاء المانع للصدأ على الجزء الطافي من الطوافة قد تعرض للخدش أو التلف. يُراعى إزالة أي زرق للطيور (الجوانو guano) أو أي عوائق أخرى عن شريحة الإنارة أو شريحة الخلايا الضوئية.

عمليات التفقد الأسبوعية

منظومة الشبيكة

يُوصى بتفقد مكونات الشبيكة بكاملها بشكل أسبوعي. تكون هذه المكونات في مدىً من العمق يقرره طول السلاسل الكائنة أسفل طوافات الشبيكة.

عادة ما يكون الربط ما بين الحبال والسلاسل والخواتم أو الصفائح والطوافات السطحية مُنَفَّذاً بواسطة الأصفاد وهذه بدورها تمثل نقاط الضعف الأولى في البنية بكاملها.

في عمليات التفقد الأسبوعية يتوجب على الغواصين التأكد من أن:

- الأصفاد كلها مقفولة بالشكل المناسب ودبابيسها الوُتَيدية موجودة.
- سلاسل الطوافة لم تتعرض للاهتراء أو الصدأ وهي ليست مُغطاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.
- عناصر الخواتم أو عناصر الصفائح غير معطلة.
- الحبال لا تُبدي أي مظهر من مظاهر البلاء أو النسل وهي ليست مُغطاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.
- لا وجود لأي صدوع على القشرة الخارجية للطوافات وهي ليست مُغطاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.

الطوق وخطوط الإرساء

لا بد أيضاً من تفقد المكونات الكائنة في مستوًى أعلى من سطح الماء بما فيها طوق القفص. وعلى القائمين بالتفقد، التأكدُ من أنَّ:

- الإطار اللَّدني للقفص غير تالفٍ (في الأجزاء المغمورة كما في الأجزاء الطافية البادية للعيان) ومكوناته كلها كخواتم القفص الرئيسة والأَهِلَّة والسياج تعمل بالشكل الصحيح.
- حبال اللجام الخاصة بالقفص مربوطة بإحكام والعُقَد مضمونة، إذ قد تتضرر حبال اللجام هذه من قوارب الخدمة (حالَ اقترابها ورُسُوِّها).

عمليات التفقد اليومية

الشباك

يجب أن تخضع الأقفاص كلها في المزرعة للتفقد بوتيرة يومية، والأهم في ذلك هو تفقد الشباك، فالشباك مصنوعة من مواد أقل قوة من سواها وهي لذلك عُرضَةٌ للتلف بفعل عوامل عدة.

مقارنة بالمكونات الأخرى تتعرض الشباك لكل من القوى الساكنة والقوى الدينامية الحركية. وقد تعاني أيضاً من الانسداد الحيوي النَّتِن أكثر من سواها. وقد تتعرض الشباك للتلف سواء من قبل السمك الذي تحويه أم من قبل الحيوانات البحرية المحيطة بها. كما قد تعاني الشباك من حوادث السرقة والتخريب حيث قد تُقْطَع الشباك لتسهيل وصول اللصوص للسمك في الداخل، وما يتبع ذلك من هروب للسمك.

على الغواص خلال تفقد الشباك أن يتفقد أيضاً الأجزاء البنيوية للقفص وأنبوب الإغراق أو المُغرِقات وخطوطها ذات العلاقة.

هذه التحريات يجب أن تتأكد من الآتي:

- عدم وجود اهتراء أو تلف واضح على الشباك أو الحبال.
- الشباك ليست مسدودة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.
- الشباك مركبة بالشكل الصحيح وحبال الربط ليست مهترئة أو مُغطاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي وهي تؤدي وظيفتها كما ينبغي.
- منظومة الإغراق متوازنة بشكل جيد (وضعية مضبوطة للحبال)، والخطوط الحاملة في مواضعها وليست مهترئة أو مُغطاة بكثافة بمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي.

عدم التوافق

يصف الجدول 33 بعض حالات عدم التوافق الأكثر شيوعاً والإجراءات التصحيحية المناسبة. وهي موضحة بالتفصيل أدناه.

الجدول 33
أنموذج لسجل تَفَقُّد خط الإرساء والمرساة

عدم التوافق	العواقب	الإجراءات التصحيحية
المراسي أو سلاسل التوازن القاعية ليست مُتَوَضِّعَة كما ينبغي	خطوط الإرساء غير متوترة	إعادة تموضع المراسي وإحكام شد خطوط الإرساء
اهتراء صِفَاد خط الإرساء	احتمال انفصال خط الإرساء	استبدال صِفَاد خط الإرساء
اهتراء صِفَاد الطوافة	فقدان الطوافة	استبدال صِفَاد الطوافة
طوافة تالفة	قد تغوص الطوافة مُسَبِّبَةً عدم توازن في الشبيكة	استبدال الطوافة
اهتراء صِفَاد خط اللجام	قد ينفصل خط اللجام عن الصفيحة	استبدال صِفَاد خط اللجام
مظاهر كشط على خط الإرساء	قد ينكسر الخط	استبدال الخط
توضع كثيف لمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي على مكونات الإرساء	قد تُحَمِّل البنية ما لا تُطيق ويتغير التوازن الحركي (الدينامي)	تنظيف خطوط الإرساء والشبيكة
توضع كثيف لمُتَعضِّيات النَّتَن الحيوي على الشباك	انسداد عيون الشباك ما يُخِلُّ بقوى الحمل والشد ويُضعِف الشباك ويعيق التبادل المائي	تغيير الشباك أو تنظيفها بواسطة مِرذاذٍ مائي عالي الضغط

إجراءات استبدال المكونات

يتطلب كثير من تلك الإجراءات التصحيحية معرفة تفصيلية بالمبادئ والقواعد الرئيسة وبالاحتياطات الأمنية لأعمال الهندسة البحرية، وكذلك معرفةً ببعض التِّقانات المُستَخدَمَة في تشغيل التجهيزات المتخصصة والتعامل بالمواد المتخصصة. إن المشكلة الرئيسة التي سوف تُواجَه في معرض استبدال مكونات شبيكة الإرساء هي أن المكونات كافَّةً تقع تحت جهدٍ شديد للغاية وخصوصاً بسبب توتر الخطوط وقوى السحب.

إن حدث أن انفصمت عُرى أي من تلك العناصر سيصبح تماسك منظومة شبيكة الإرساء وتكاملها موضع شك. وستتعرض النهايات السائبة لنقطة الفِصام للتباعد بتأثير من القوى المتعاكسة وقد يصبح من الصعب إعادة ربطها.

علاوة على ذلك ومن أجل فكِّ صِفادٍ أو حَلِّ عقدةٍ فإنه يتوجب بدايةً تخفيف التوتر القائم على الصفاد و/أو العقدة. ولإنجاز ذلك يجب الاستعانة بِبَكَّارةٍ (منظومة من البكرات والحبال) وحبلٍ مساعد يتولى مؤقتاً تخفيفَ الوطء على المكونات الواجب تغييرها، ومنعَ المكونين المنفصلين من أن يتباعدا أكثر مما ينبغي.

تنويه: قد تخضع التِّقانات الموصوفة أدناه للتغيير و/أو الدمج تبعاً لـ: (1) كفاءة المُشَغِّلين وخبراتهم، (2) توفر الأدوات و(3) الخصائص الحركية المائية للموقع.

إعادة تموضع المرساة وإحكام شد خط الإرساء

إن حدث أن انقلبت المرساة رأساً على عقب أو انسحبت على قاع البحر يضحي من الضروري إعادتها إلى الوضعية والموضع الصحيحين. إن المرساة غير المُتَوَضِّعَة بالشكل المناسب ستفقد طاقة صمودها.

ولإجراء عملية إعادة التموضع يجب أن يكون الخط الرافع للمرساة (المعروف أيضاً بالخط التاجي أو خط العَقِب أو المَيْل) بمُتَناول اليد وملتحماً بشكل آمن بظهر المرساة. إن لم يكن ثمة من خطٍ رافعٍ للمرساة فيتوجب إعادة ربطه.

يقوم قارب الخدمة أولاً باستعادة خط رفع المرساة من طوافات السطح وربطه بخطِ لجامٍ ذي شكل V.

بدايةً يجب سحب المرساة باتجاه القفص بحيث تتحرر كلياً من قاع البحر، عادة 20–30 سم. إن هذا ضروري كونه يُتيحُ هامشاً أكبر للمناورة خلال مرحلة إحكام الشد ما يسمح بإعادة أفضل للمرساة للوضعية الصحيحة.

ثم بعد أن تصبح المرساة حرةً يبتعد القارب عن القفص، ومُقَدَّمُه مشيرٌ للجهة البعيدة، مُحْكِماً شد الإرساء تدريجاً. يُحَرَّر خط رفع المرساة عندما تصل منظومة الشبيكة لدرجة التوتر المضبوطة (الطوافات السطحية

مُصْطَفَّة بالشكل المضبوط وغواصو الرئة المائية يتيقنون من الشد الكافي) ويُفتَرَضُ أن تُعيدِ المرساة تثبيت نفسها على قاع البحر. إن لم يحدث ذلك تُعادُ العملية.

استبدال صِفاد خط شبيكة إلى صفيحة زاويَّة

يُرسى قارب الخدمة المجهز بقاطرة هيدروليكية على الطوافة التي تعلو الصفيحة الواجب استبدال صفادها.

يُسْلَكُ حبلٌ مساعِدٌ في مركز الصفيحة مارّاً عبر صفادٍ مُرَكَّبٍ مؤقت، ثم يربط بـ "عقدة مانعة" إلى الخط المطلوب فصله (الشكل 43). تُلَف النهاية الأخرى للحبل المساعِد على الرافعة الكائنة على القارب.

عندما تُعَشَّق تروس الرافعة سينسحِب الحبل للأعلى ما يخفف التوتر على الخط بين الصفيحة والعقدة المانعة. يمكن عندئذ للغواص حَلَّ الصِفاد المهترئ واستبداله. يُحَرَّر عندئذ الحبل المساعد ببطء بحيث يستعيد خط الشبيكة توتره الأصلي. تُفَكُّ العقدة المانعة ويُستَعاد الحبل المساعد إلى سطح المركب.

تنويه: إن لم تكن منظومة الشبيكة تحت توتر عالٍ، يمكن أيضاً سحب الحبل المساعد للأعلى بواسطة كيس رفع يُشَغَّلُ من قبل الغواص، إذ يطبق كيس الرفع قوة مباشرة باتجاه الأعلى.

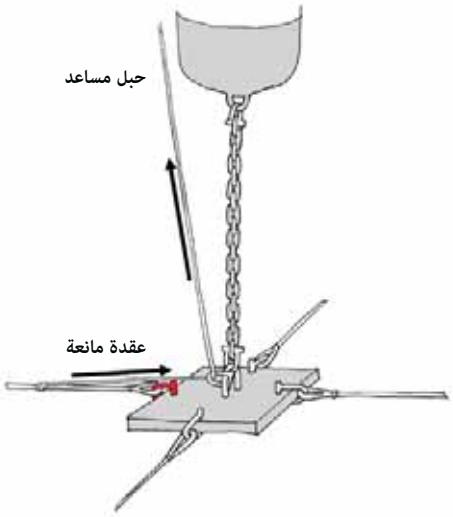
استبدال صِفاد طوافة إلى صفيحة زاويَّة

تُطَبَّق المبادئ العامة ذاتها من أجل استبدال صفاد الطوافة إلى الصفيحة الزَّاويَّة كما هو موصوف في الفقرة أعلاه. إلا أن العملية في هذه الحال تكون أسهل لأن التوتر أقل والصفاد أصغر والقوة الفاعلة هي عمودية فقط.

ترتبط الطوافات بصفائح الشبيكة عبر قطعة من سلسلة. هذه السلسلة تُثَبَّت بالطوافة وبالصفيحة من خلال صِفادين، أحدهما بين السلسلة والطوافة وثانيهما بين السلسلة والصفيحة الزَّاويَّة.

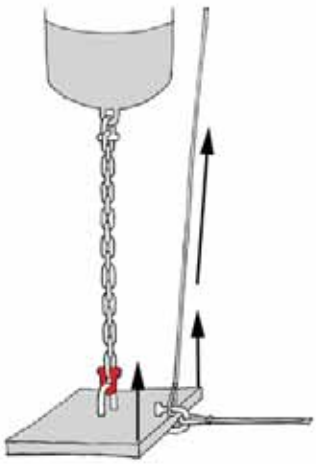
لاستبدال الصفاد بين السلسلة والصفيحة الزَّاويَّة (الشكل 44) يقوم غواص بربط إحدى نهايتي حبلٍ مساعِدٍ (باستخدام عقدة غير منزلقة) على صفادٍ لخط الشبيكة على الصفيحة الزَّاويَّة ذاتها. تُلَفُّ النهاية الأخرى من الحبل المساعد على رافعة القارب. عندما تُشَغَّل الرافعة ستُطَبَّق قوةُ رفعٍ على الصفيحة الزَّاويَّة رافِعَةً الصفيحة الزَّاويَّة ومُحَرِّرَةً السلسلة من التوتر. عندئذ يتمكن الغواص من فك الصفاد المهترئ واستبدال صفادٍ آخرٍ به. بمجرد أن يتم الاستبدال يُسحَب الحبل المساعد فتسقط الصفيحة عائدةً لموضعها الأصلي، وتستعيد السلسلة توترها ثانيةً. عندئذ تُحَلُّ عقدة الصِّفاد غير المنزلقة ويُستَعاد الحبل إلى القارب.

الشكل 43
استبدال صفاد خط شبيكة إلى صفيحة زاويَّة



ملحوظة: صفادُ خطِ شبيكةٍ إلى صفيحةٍ زاويَّة (بالأحمر). تشير الأسهم إلى اتجاه القوة المطبقة على الحبل المساعد من خلال الشد الرافع على رافعة القارب.

الشكل 44
استبدال صفاد طوافة إلى صفيحة زاويَّة



ملحوظة: صفادُ طوافةٍ إلى صفيحةٍ زاويَّة (بالأحمر). تشير الأسهم إلى اتجاه القوة الرافِعة المطبقة على الحبل المساعد من خلال الشد الرافع على رافعة القارب.

استبدال صفاد بين سلسلة وطوافة

يقوم غواص بتأمين حبل مساعد على السلسلة على مسافة متر واحد أسفل الطوافة. ثم يُربَط الحبل المساعد على رافعة القارب، وتُرفَع السلسلة بالقدر اللازم لتخفيف التوتر على الصفاد المطلوب استبداله. تؤمَّن الطوافة إلى القارب ويُستَبدَل الصفاد. يُحَرَّر الحبل المساعِد عندئذ بحرص شديد ويُستَعاد.

استبدال الطوافة

باستخدام عقدة غير مُنزَلِقة يقوم غواص بتأمين حبل مساعد على صفادِ خطٍ مرتبطٍ بصفيحة السلسلة ذاتها (انظر الشكل 44). تُلَفُّ النهاية الأخرى من الخط المساعد على رافعة القارب. ترتفع الصفيحة للأعلى عندما تُعَشَّق تروس رافعة القارب وبذلك ترتخي السلسلة. في الحال هذه يتمكن الغواص من فك الصفاد القديم. تُرفَع الطوافة التالفة على سطح المركب وتُستَبدَلُ طوافةٌ جديدةٌ بها. يُحَرَّر الحبل المساعِد ويُستَعاد.

استبدال صفاد خطِ لجامٍ

لاستبدال الصفاد الرابط لخط اللجام بالصفيحة الزَّاويَّة فإنه من الضروري فقط أن تُفَكُّ العقدة الكائنة على طوق القفص على النهاية الأخرى لخط اللجام. يمكن لغواصٍ أن ينجز العمل بسهولة واستبدال الصفاد المهترئ.

استبدال خط الشبيكة

يجب استبدال خطوط الشبيكة المهترئة بالسرعة الممكنة. إن قصور الشبيكة سَيُرَتِّبُ حملاً ثقيلاً للغاية على الطوق اللَّدَني للقفص نتيجةً لانحراف الحَمْلِ وتَحَوُّلِهِ إلى خطوط اللجام.

لاستبدال أحد خطوط الشبيكة بين صفيحتي شبيكة، يُرْسَى القارب فوق واحدة من الصفيحتين المعنيتين. يُمَرِّر غواص نهايةَ الحبل المساعِد عبر صِفادٍ مؤقتٍ على الصفيحة الزَّاويَّة ويؤمِّن نهاية الخط على الصفيحة المقابلة.

عندما تُعَشَّق تروس رافعة القارب ستُسحَب الصفيحتان وتقتربا من بعضهما البعض. إن تقارب الصفيحتين يخفف من توتر خط الشبيكة المراد استبداله ويجعله رخواً. يمكن عندئذ للغواصين فك كلا الصِّفادَين على الصفيحتين على كلا نهايتي خط الشبيكة واستعادة الحبل المُهترِئ.

تنويه: يمكن أن تحل رافعة القبضة اليدوية المسماة أيضاً بالمِرفاع السريع (اللوحة 83) محل رافعة القارب لتخفيف التوتر على المكونات الواجب استبدالها. يمكن تثبيت الرافعة بشكل آمن فوق النقطة حيث يتوجب خفض التوتر فيها أو حولها. عادةً ما تتطلب رافعة القبضة اليدوية عمالةً أكبر وتحتاج زمناً أطول لإنجاز عمل ما، ولكنها تلغي الحاجة للقارب، أو أنه يمكن استخدامها عندما لا يتوفر قارب ذو رافعة هيدروليكية. يجب حفظ الرافعة مغمورة في سطل من البنزين أو الزيت الخفيف للحيلولة دون صدئها عندما لا تكون قيد الاستعمال (يجب إزالة زيت التشحيم قبل استخدام الرافعة).

إزالة الانسداد الحيوي النَّتِن

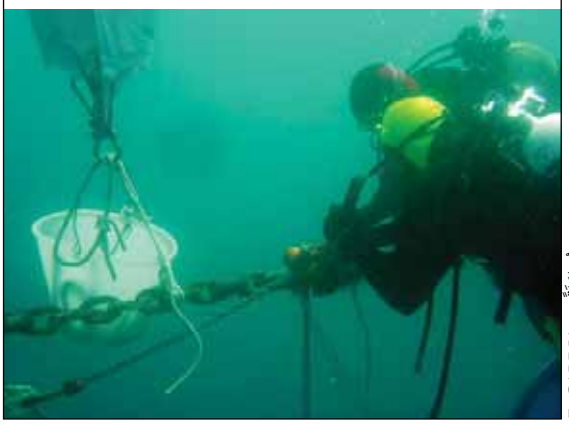
تنظيف خطوط الإرساء وخطوط الشبيكة

تحتاج خطوط منظومة الشبيكة كلها إلى التنظيف الدوري من متعضيات الانسداد الحيوي النَّتِن. إن الانسداد الحيوي النَّتِن يجعل البنية أثقل ويُجهد الخطوط ويؤثر على توازن المنظومة ما بين الأوزان والحمولات من جهة والطوافات من جهة أخرى.

وللقيام بهذه الصيانة يضع غواص صِفاداً من حجم مناسب، مربوطاً بخط مساعد، حول الحبل المراد تنظيفه. يكون الخط المساعد مربوطاً بقارب عمل صغير، وبِتَحَرُّك القارب على امتداد الخط ينسحب الصفاد على طول الخط نازعاً عنه متعضيات النتن الحيوي الكبيرة.

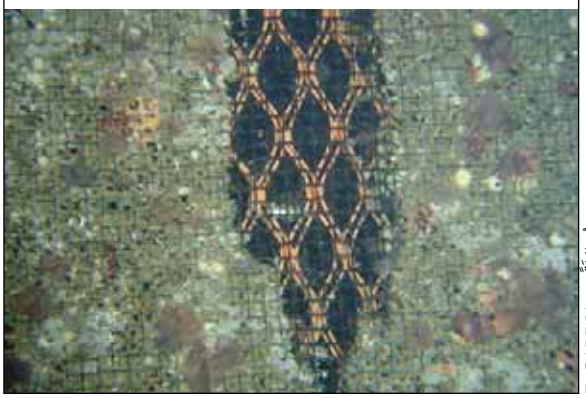
يمكن استخدام هذه التقانة الشديدة البساطة على الخطوط كلها في منظومة الإغراق وانتهاءً بالطوافات.

اللوحة 83
استخدام رافعة القبضة اليدوية (أو المِرفاع السريع) لتخفيف التوتر على خط إرساء



مُجاملَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 84
جانب من الشبكة مُنَظَّف بمدفع تنظيف مائي عالي الضغط. تبدو الشريحة الشبكية المانعة للحك (باللون البرتقالي) خلف الجانب المُنَظَّف من الشبكة



مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 85
تنظيف تحت الماء لجدار قفص شبكي بمدفع تنظيف مائي عالي الضغط. لاحظ الشرائح العمودية

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

تنظيف الشباك

إن الشباك المُثقَلّة بالنَّتَن الحيوي تخفض من التبادل المائي داخل القفص وتستوجب التنظيف (اللوحتان 84 و85). تُنظَّف الشباك بغية استمرار أدائها وظيفتها إن لم يكن استبدال الشباك ممكناً (انظر أدناه).

من الطرق الممكنة لتنظيف شبكة مُرَكَّبة هي استخدام مدفع ماء عالي الضغط. يجري التنظيف بواسطة غواص يُشَغِّل مدفع الماء تحت سطح الماء في حين يبقى المحرك والضاغط على سطح مركب الدعم.

يُفَضَّل أن يقوم الغواص بتنظيف الشبكة من الداخل دافعاً بمتعضيات النتن الحيوي خارج القفص بواسطة المدفع المائي. ومن أفضل السبل تنظيف شرائح عمودية عرضها عرض المسافة الكائنة بين خطين عموديين، فهذا يُتيح تنظيفاً أسرع للشبكة حول المحيط كله، ما يضمن استعادة سريعة للتبادل المائي عبر القفص.

ثمة نماذج عدة لأدوات تنظيف الشباك بأقراص دوارة مصممة خصيصاً لتنظيف الشباك، والتي يمكن تشغيلها من السطح. إن هذه النماذج من أدوات التنظيف تخفض من الوقت والعمالة اللازمين للتنظيف مقارنة بالنماذج المعتادة الأخرى المجهزة بمقياس حجمي ومِرذاذٍ مؤنَّف وتحتاج لغواصين.

اللوحة 86
خصلة من نسيج شبكي مثبتة على الحبل. لاحظ الجدلة البالية البيضاء الناجمة عن مضغ سمك القجاج للخصلة

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

مقترحات إضافية لتنظيف الشباك

الأدوات المُرِيكَة للرعي

لوحظ انخفاض واضح في تَشَكُّل الفجوات في الشباك حين استُخدِمَت في الأقفاص أشياء مصممة خصوصاً لإرباك عمليات الرعي التي تقوم بها الأسماك. لقد تم الحصول على نتائج جيدة باستخدام الحبال (قطر 8–12 مم × طول جدار الشبكة) حيث يُثَبَّت عديد من الخصل من النسيج الشبكي على طول الحبل (تقريباً خصلة واحدة كل متر) (اللوحة 86). تكون الحبال طويلة بقدر طول جدار الشبكة والنهاية العليا لكل حبل مربوطة على السياج والنهاية الدنيا مثبتة بسلك لَدَني على الجزء الأدنى من جدار الشبكة. وكحل بديل يمكن تثقيل الحبل بوزن غاطس قدره 2 كغ مربوط على النهاية الدنيا للحبل. يكون عدد الحبال في كل قفص معادلاً لنصف عدد الركائز العمودية (أي حبل واحد لكل ركيزتين عموديتين).

تعمل خصال النسيج الشبكي على اجتذاب السمك الراعي ما يخفض من نشاط الرعي على شباك القفص وبالتالي يخفض من عدد الفجوات التي يحدثها السمك فيها.

اللوحة 87
حلقة من حبل (السهم الأحمر) مركبة على جزء من الأنبوب الداخلي بين هلالين. لاحظ غياب حلقة الحبل على الأنبوب الخارجي والتباين في توضُّع النَّتَن الحيوي على الأنبوبين الخارجي والداخلي

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

الأنابيب الذاتية التنظيف

إن أنابيب طوق القفص التي تُستَخدَم دائماً كممشى من قبل العمال تكون أيضاً عُرضةً للنَّتَن الحيوي. فبلح البحر وغيره من المتعضيات اللاطِئَة تستقر على الأجزاء المغمورة من الأنابيب، في حين يكثر شيوع نَتَن الطحالب الزَّلِقَة على الأجزاء البادية للعيان من الأنابيب.

يمثل هذا النَّتَن الحيوي خطراً على كل من العمال الذين قد ينزلقون على الطحالب ويقعون، وعلى الشباك التي يمكن أن تُحَكّ بأصداف اللافقاريات الصلبة. لذلك تحتاج أيضاً هذه الأنابيب لتنظيف منتظم.

من الطرق السهلة والفعالة لتنظيف هذه الأنابيب تركيبُ حلقات من الحبال حول الأنابيب (اللوحة 87). وهي حلقات مصنوعة من حبل قطره 20–30 مم مربوطة بشكل رخوٍ حول الأنابيب. تتحرك الحلقات على طول الأنبوب وحوله بفعل الموج. وإن تحركاتها تعيق استقرار متعضيات النتن، إذ أن الحبال تفرك الأنابيب باستمرار. ثمة حاجة لحلقة واحدة لكل جزء من الأنبوب كائن بين هلالين من أَهِلَّةِ القفص.

استبدال الشباك

إن استبدال الشباك نشاط صيانة دوري يتوجب تخطيطه وبرمجته وتنظيمه بشكل فاعل.

يتوجب حفظ سجل لعدد أيام العمل (عدد الأيام في البحر) لكل شبكة. ويجب وضع حد لعدد الأيام في البحر لكل شبكة بحيث يُحدَّد على أساس خصائص النتن الخاصة بالموقع، وهذا بدوره يجب احترامه بدقة.

المعلومات الرئيسة الواجب تسجيلها في سجل الشباك يجب أن تتضمن:

- رقم رمزي: رمز لكل من الشباك.
- التصميم: الشكل (مثلاً إن كانت أشكال الأقفاص المستعملة في المزرعة غير دائرية)، عدد الحبال العمودية، أي تفاصيل أخرى ذات علاقة.
- القياس: الحجم، المحيط، عمق الجدار، عمق المخروط القاعدي.
- المُزَوِّد: مُصَنِّع الشباك.
- تاريخ التوصيل.
- خصائص النسيج الشبكي: قياس العين، شكل العين، الحمولة الكاسرة، المادة واللون.
- مانع النَّتَن الحيوي: ما إن كان الشباك معالجةً أم لا، وتاريخ إجراء المعالجة الأخيرة.
- الأيام في الماء: عدد أيام عمل الشبكة، إن استُخدِمت أكثر من مرة واحدة.
- الاصلاحات والرقع: أي عمليات إصلاح ذات علاقة أُجرِيَت على الشبكة.
- تاريخ الاختبار والنتيجة: متى أُجرِيَ آخر اختبار قوة والقوة الكاسرة الباقية الموثَّقَة.
- الموضع الراهن: موضع الشبكة، على أي قفص هي مركبة حالياً أو موقعها في المستودع.

عادة ما يتطلب استبدال الشباك الكبيرة غواصاً واحداً أو أكثر، إذ يمكن الاكتفاء بعمال يعملون من السطح لاستبدال الشباك الصغيرة. بالاعتماد على حجم الشبكة وكمية النتن الحيوي يمكن استخدام قارب مجهز برافعة ذات حجم مناسب. قد يزن المتر المربع الواحد من الشبكة ما قد يرقى إلى 10–15 كغ (خارج الماء) إن لم تُغَيَّر بتواتر زمني مناسب. وإن فرط الانسداد الحيوي النَّتِن ممكن وخصوصاً إنْ لم تُعالج الشباك بمانعات النَّتَن الحيوي.

الاجراءات التحضيرية لاستبدال الشباك

- من الواجب إجراء تفقد شامل للشباك الجديدة على اليابسة لتحري عيوب التصنيع أو أخطاء الإصلاح. إذ لا طائل من إحلال شبكة غير صالحة محل شبكة غير نظيفة.
- يجب تفقد خطوط الربط وتثبيتها على عُرى الربط.
- يجب تفقد التجهيزات اللازمة كلها بعناية (خطوط الرافعة، معدات الرئة المائية، المعاليق، وغير ذلك).
- يتوجب أولاً إزالة الشباك المانعة للمفترسات عن القفص الذي ستبدل شباكه.

نزع الشباك

تُحَلُّ نقاطُ ربطِ الشبكة المسدودة بالنتن الحيوي بالقفص وفقاً للتسلسل التالي:

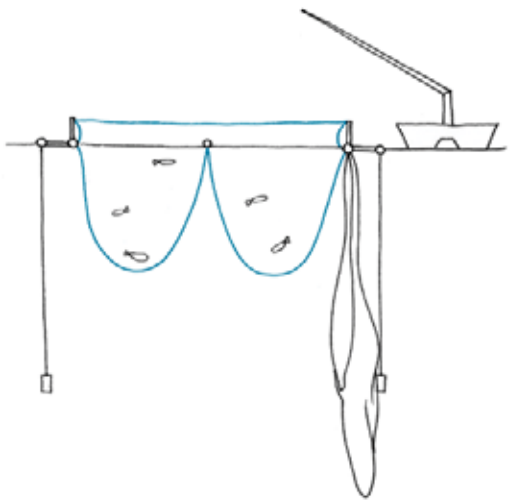
- المُغْرِقات،
- أنبوب الإغراق،
- الوصلات على امتداد حبال المُغرِق،
- نقاط الارتباط بطوق القفص

تنويه: إن الشبكة الآن مُؤَمَّنة بواسطة الحبل العلوي على السياج حصراً.

تركيب الشبكة الجديدة

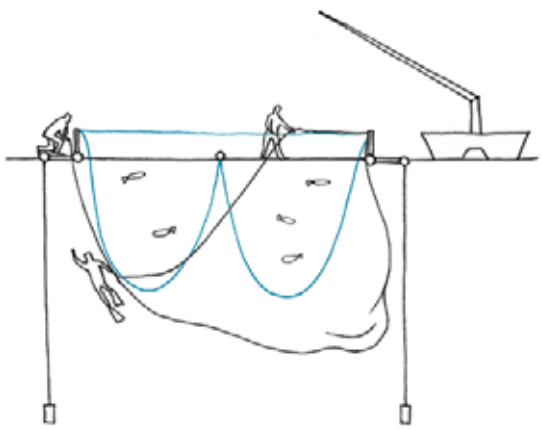
- تُلقى الشبكة الجديدة في الماء إلى جانب القفص من جهة أعلى التيار.
- يُرفَع قعر الشبكة المسدودة بالنتن بواسطة كيس رفع (الشكل 45).
- يسحب الغواصون الشبكة الجديدة لنشرها تحت الشبكة المسدودة بالنتن.
- تُرفع الشبكة الجديدة تدريجاً من قِبَل العمال الموجودين على السطح ومن قبل الغواصين تحت الماء. يمكن لعمال السطح مساعدة الغواصين بجذب الخطوط لسحب الشبكة الجديدة تحت الشبكة المسدودة بالنتن (الشكل 46).

الشكل 45
استبدال الشباك – الخطوة 1



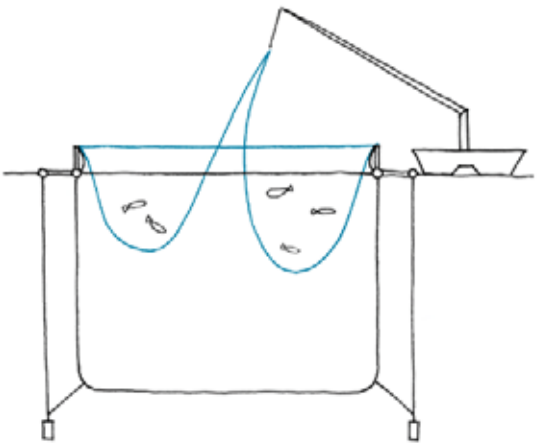
ملحوظة: تُلقى الشبكة الجديدة (الخط الأسود) في الماء إلى جانب الشبكة المسدودة بالنتن (الخط الأزرق) التي رُفِعَت من مركزها بواسطة مِعلاق.

الشكل 46
استبدال الشباك – الخطوة 2



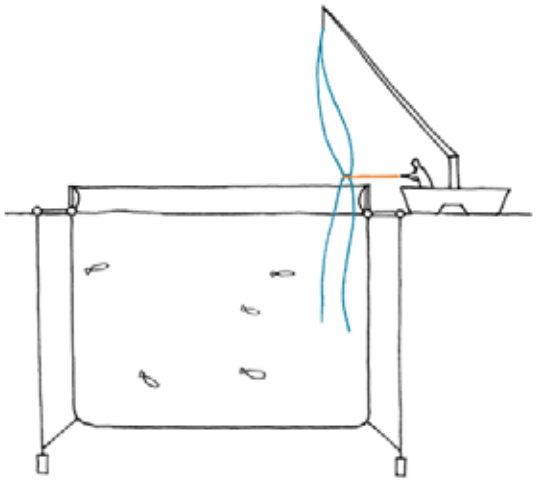
ملحوظة: تُهَيَّأ الشبكة الجديدة تحت الشبكة المسدودة بالنتن.

الشكل 47
استبدال الشباك – الخطوة 3



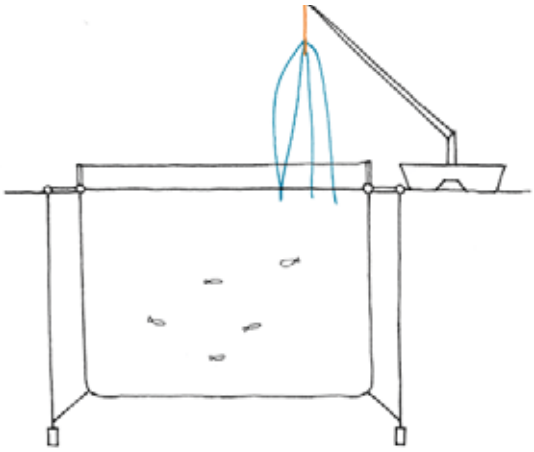
ملحوظة: يُرفع مركز الشبكة المسدودة بالنتن إلى خارج الماء.

الشكل 48
استبدال الشباك – الخطوة 4



ملحوظة: تُنزَع الشبكة المسدودة بالنتن عن القفص وتُؤمَّن بِمِعلاق.

الشكل 49
استبدال الشباك – الخطوة 5



ملحوظة: تُرفع الشبكة المسدودة بالنتن إلى خارج الماء وتُنقَل إلى ظهر قارب العمل.

نزع الشبكة المسدودة بالنتن

- يُرفَع قاع الشبكة المسدودة بالنتن خارج الماء ويُثَبَّت على خطاف الرافعة بواسطة مِعلاق (عُصابَة) (الشكل 47).
- باستخدام مِرفاعٍ يُربَط مزيد من المَعاليق على قاع الشبكة أدنى من المِعلاق الأول.
- عندما يصبح جزء كبير من الشبكة المسدودة بالنتن خارج الماء يُحَل رِباط شبكة القفز عن السياج (الشكل 48).
- تُرفَع عندئذ الشبكة المسدودة بالنتن خارج الماء وتُحَمَّل على سطح قارب العمل، مع الانتباه إلى عدم وجود أسماكٍ مُحتَجَزَة فيها (الشكل 49 واللوحة 88).
- عندما تأخذ الشبكة الجديدة مكانها تحت الشبكة المسدودة بالنتن يثبت عمال السطح خطوط الربط الخاصة بالشبكة الجديدة على السياج.

في نهاية هذه المرحلة تكون كلا الشبكتين الجديدة والمسدودة بالنتن محمولتين فقط على سياج القفص. والسمك مُسْتَوعَبٌ كلياً في كلا الشبكتين. من الضروري التأكد من أن الشبكة الجديدة مثبتة بشكل جيد قبل إزالة الشبكة القديمة.

اللوحة 88
شبكة وسخة على سطح قارب العمل. لاحظ أن المِعلاق المستخدم لرفع الشبكة ما زال مشبوكاً بخطاف الرافعة

مُجامَلَةٌ من F. CARDIA

اللوحة 89
استخدام المَعاليق المتواصلة لتداول الشباك (تظهر في هذه الحال شبكة حصاد)

مُجامَلَةٌ من F. CARDIA

يوصى باستخدام المَعاليق الشبكية أو معاليق متواصلة بغية تداول الشباك وإزالتها بشكل افضل (اللوحتان 89 و90). يمكن صنع المعاليق المتواصلة من خلال جدل نهايتي حبلٍ ببعضهما البعض، أو يمكن شراء المعاليق المتواصلة المتوفرة تجارياً.

اللوحة 90
شبكة مسدودة بالنتن تُنْزَعُ عن القفص باستخدام مِعلاقٍ شبكي (السهم)

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 91
مستودع لتخزين الشباك وصيانتها

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

تنويه: يجب ألا تُجرى عمليات استبدال الشباك أو تركيبها خلال الأحوال الجوية أو التيارات غير الملائمة.

ربط الشبكة الجديدة

يمكن أن تبدأ هذه العملية قبل نزع الشبكة المسدودة بالنتن.

يتوجب تثبيت الشبكة الجديدة إلى نقاط الربط التالية:

- طوق القفص،
- المُغرِقات،
- أنبوب الإغراق

تُجرى هذه العملية عادةً من قبل الغواصين الذين يربطون الشبكة القاعدية إلى منظومة الإغراق. قد يكون من الصعوبة بمكان إجراء هذه التوصيلات عندما يضرب تيار قوي الموقع، إذ أن الشبكة ستكون تحت تأثير جهدٍ الأمر الذي يجعل ربط الشبكة صعباً.

صيانة الشباك على اليابسة

بمجرد نزع الشباك عن القفص تنقل إلى اليابسة.

إن كانت الشباك ستُنَظَّف بأداة الضغط العالي فيجب أن تُجَفَّفَ أولاً. تترك الشباك المسدودة بالنتن في مكان مفتوح لتجف ويفضل أن تُنشر على الأرض. إن كانت الشباك ستُنَظَّف بآلة غسيل الشباك فالتجفيف ليس ضرورياً وإن كان ذلك أفضل.

إن الاستخدام المتكرر أو المديد لأداة التنظيف بالضغط العالي قد يتلف الشباك مع الوقت.

يجب إجراء الإصلاحات على الشباك بمجرد تنظيفها وتجفيفها، وسوف تتضمن الإصلاحات إزالة الأربطة اللَّدنية كلها التي سبق استخدامها خلال إصلاحات الشباك تحت الماء وخلال استبدال الحبال المُهتَرِئَة حسب اللزوم.

يجب إجراء اختبار القوة المتبقية للشباك وذلك باستخدام مقياس قوة الشباك، ويجب تحديث المعطيات في سجل الشباك. إن كانت القوة الباقية للشبكة تقل عن 60 في المائة من القيمة الابتدائية للقوة الكاسرة فيتوجب استبدال الشبكة.

في نهاية هذه العملية تُطوى الشباك وتُخَزَّن في المستودع لتجنب التعرض لأشعة الشمس (اللوحة 91).

آلة غسيل الشباك

تُستخدم آلات غسيل الشباك لتنظيف شباك الأقفاص الوَسِخة (اللوحات 92–95). ثمة طيف واسع من النماذج والأحجام ولكن المبدأ هو دائماً ذاته: إن فعل التنظيف يحصل نتيجة الفرك الناجم عن حركة الشباك. والماء حصراً هو الذي يُضاف داخل الجرن أثناء دورانه، إذ ليس من حاجة لإضافة الصوابين أو منتجات التنظيف.

إن فُضالة المياه الناتجة الحاوية على متعضيات النتن النافقة المنزوعة عن الشباك، تتطلب المعالجة على الأقل في أحواض الترقيد قبل إعادة طرحها في البحر.

من المفضل تجفيف الشباك الوسخة قبل غسلها لأن ذلك يجعل فاعلية عملية التنظيف أكبر.

تُصنَع غسالات الشباك عادة من الفولاذ المقاوم للصدأ وتتكون من العناصر الرئيسة التالية:

- إطار رئيس يدعم محور الجرن. وقد يُرَكَّب حوض فولاذي مانع للصدأ إضافي أسفل الجرن على الإطار لجمع فُضالة المياه القذرة التي تقطر من الجرن (اللوحة 92). يأخذ هذا الحوض عادةً شكل نصف أسطوانة ويغلف النصف الأسفل من الجرن.
- جرن دوار. وهذا يتمتع بحجم كبير (بضعة أمتار مكعبة) بما يكفي لاحتواء أكبر الشباك المستخدمة في المزرعة. (ملاحظة: إن النتن الحيوي يزيد من حجم الشبكة ووزنها بشكل كبير.) ثمة باب كبير قابل للإقفال كائنٌ على أحد جانبي الجرن (اللوحة 93). يدور الجرن عادة بسرعة 5–8 دورات في الدقيقة (rpm). توضع الشباك الوسخة عادة في الجرن بواسطة رافعة شوكية أو رافعة عادية (اللوحة 94).
- وحدة المحرك. قد يكون المحرك كهربائياً أو هايدروليكياً. يتصل المحرك بالجرن من خلال منظومة مسننات التي إذ تخفض من سرعة المحرك تزيد من عزم الدوران المطبق على الجرن. تُفَضَّل المحركات الهايدروليكية إن كانت الغسالة مركبة على ظهر قارب حيث يمكن توصيل المحرك الهايدروليكي بمنظومة القيادة الخاصة بالقارب (اللوحة 95). تُوصل لوحة قيادة مع مفتاح أمان بوحدة المحرك.
- مصدر للماء. إنه وصلة أنبوبية بمضخة مخصصة والتي تؤمن الماء عبر مأخذ ماء إلى داخل الجرن. وعادة ما يكون مأخذ الماء عبارة عن فوهة في محور الجرن تجاه محور المحرك.

اللوحة 92

غسالة كبيرة للشباك (قرابة 4 م عرضاً و 2.5 م ارتفاعاً). وتبدو وحدة المحرك وجامع فُضالة المياه على التوالي إلى اليمين وإلى اليسار من الغسالة

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 93

الفتحة على جانب الجرن كبيرة ما يُسَهِّل من نقل الشباك إلى داخل الجرن وخارجه

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 94

نظراً لوزن الشباك تبرز أهمية تجهيزات الرفع (كالرافعة الشوكية والرافعة العادية) لتحريك الشباك

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 95

تجهيزات قارب بسيط مع غسالة من الألياف الزجاجية للشباك على السطح. تُشَغَّل الغسالة من خلال محرك هايدروليكي متصل بمنظومة قيادة القارب الهايدروليكية (والتي تمد الرافعة أيضاً بالقوة المحركة)

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

7. زرع السمك: الاصبعيات والأسماك اليافعة

إن جودة الأسماك اليافعة المزروعة في القفص الشبكي أو في الحظيرة السمكية هي عامل حيوي في نجاح نمو الأسماك في الأقفاص، إذ أنها تؤثر في جودة المُنتَج النهائي وفي تكلفة العملية الإنتاجية وفي الصورة الإجمالية للمُنتَج. لذلك فإنه غالباً ما يكون استخدام الاصبعيات العالية الجودة شرطاً أساسياً يقتضي توفر معايير مُحَدَّدةٍ للجودة.

جودة الدُّفعة

قبل كل عملية تسليم للسمك يتوجب إجراء اختبار في المَفْرَخ لجودة الاصبعيات. يجب التيقن من حجم السمك كما يجب احتساب التباين الحجمي. إنه إجراء مُلزِم وغير قابل للنقاش، لضمان أن قياس عين الشبكة التي سيُزرع فيها السمك مناسب لحجم السمك (انظر الجدول 23)، بما يستبعد احتمال وقوع أي سمكة في أحابيل الشبكة أو هروبها من القفص.

حجم السمك

يمكن احتساب التباين في حجم السمك بأخذ عينة من السمك ووزنها سمكة تلو الأخرى، ومن ثم حساب "معامل الاختلاف" (CV). إن هذا المعيار هو قياس معياري للتباين. يُعَرَّف CV كالتالي:

$$CV = \sigma / \mu$$

حيث:

σ = الانحراف المعياري

μ = متوسط الوزن

يمكن التعبير عن هذه القيمة بشكل آخر كنسبة مئوية (CV × 100) والتي تُعرَف بـ "الانحراف المعياري النسبي" (RSD).

إنَّ القيم المنخفضة للانحراف المعياري النسبي (مثلاً بين 3 و 10 في المائة من أسماك القجاج) تشير إلى دُفعَة متجانسة. أما القيم العالية (أكثر من 20 في المائة) فتشير إلى تباين حجمي كبير، أي أن السمك يتباين حجماً بين صغير وكبير، ما يعني بالتالي وجود أفراد يحتمل أن تكون صغيرة للغاية بالنسبة لقياس عين الشبك. تعني أيضاً القيمة المرتفعة لـ RSD أن حجم حبيبات الغذاء – التي يحددها متوسط وزن السمك – قد لا يناسب كلاً من الأسماك في الدُّفعة. لذلك فإن حجم حبيبات الغذاء المعد للأسماك يجب أن يُقَدَّرَ بعناية.

الأمراض

يجب أن يشمل اختبار نوعية عينة السمك أيضاً الآتي:

- تحديد النسبة المئوية للأسماك المشوهة، ويتم هذا من خلال الاعتيان (اللوحة 96). تُؤخَذ عينة بعدد 100–200 سمكة من الحوض وتُخَدَّر ثم تُعايَن لتحديد نسبة الأسماك المشوهة. يُعتَبَر عادة مستوى التشوه 3 في المائة حداً مقبولاً. تأخذ تشوهات السمك أشكالاً كثيرة التنوع، ولكن التشوهات الأكثر شيوعاً هي تلك المتعلقة بالبنية الهيكلية للسمك. يمكن إجراء الاختبار الأولي في الحقل، ولكن يوصى بإجراء تحليل أقرب للواقع بالأشعة السينية (X–ray) للوقوف على أي تشوهات خفية.
- إجراء الاستقصاء المَرَضي بإرسال عينة إلى مخبر. تُجمَع عينة من قرابة 30 سمكة (عينة واحدة من كل حوض إن كانت الدُّفعة ستؤخذ من عدة أحواض) وترسل إلى مخبر متخصص بالتشخيص المَرَضي. يجب تحري السمك حيال الأمراض الجرثومية والطفيلية. إن هذا التحري غاية في الأهمية ويجب إجراؤه بضعة أيام قبل إرسال السمك إلى المزرعة، فهو سوف يسمح بتقويم أي أمراض خفية محتملة وسيقلل من

اللوحة 96
دُفعة صغيرة من السمك جرى اعتيانها وفحصها في الحقل لتحري التشوهات. في هذه الحال تحديداً اِختُبِرَت 136 سمكة قجاج:
88 سمكة (65%) إلى اليمين اعتُبِرَت طبيعيةً، 48 سمكة (35%) إلى اليسار اعتُبِرَت "مشوهةً". لذلك يمكن حسبان هذه الدُفعَة من الأسماك اليافعة غير مقبولة ويجب ألا تُزرَع في قفص شبكي

مُجاملةً من *F. CARDIA*

محذور انتشار مرضٍ في الدُّفعة ومن إدخال عوامل مُمرِضَة إلى البيئة، الأمر الذي قد ينتهي إلى نقلٍ محتملٍ للأمراض إلى المجتمعات السمكية في البيئة الفطرية (Colorni, 2002).

عمليات عَدِّ الأسماك

يمكن أن تستمر الدورات الإنتاجية في الأقفاص عدة أشهر، لذا فإنه من الضروري تحديث المعلومات حول الكتلة الحيوية في كل من الأقفاص بغية إدارة المخزون جيداً. يُعَدُّ تقويم الكتلة الحيوية أمراً جوهرياً للتمكن من احتساب كمية الغذاء المطلوب وللتخطيط للحصاد والبيع ووضع برامج الزرع القادم.

لا تتوفر أداة قادرة على إجراء عَدٍ دقيق للسمك في القفص. لذا فالمقاربة الأفضل تكمن في حفظ سجلات للأعداد المزروعة وتلك المُستَبعَدَة من القفص، وتقليص أي تغيرات غير مُتَحَكَّم بها. تُقَدَّر الكتلة الحيوية لدُفعَةٍ ما, بضرب عدد الأسماك بمتوسط وزن السمكة. ويمكن تحديد متوسط وزن السمكة بأخذ عينة من الدُّفعَة في القفص. ومن أجل تقدير الكتلة الحيوية الكلية يجب أن يكون عدد الأسماك في لحظة الاعتيان معلوماً. فالتقدير غير الدقيق لعدد الأسماك سيؤدي إلى عديد من الأخطاء المتعلقة بالكتلة الحيوية، والتي يمكن أن تكون مدمرة لحسابات الشركة وكذلك للبيئة المحيطة.

فالتقدير المبالغ به للكتلة الحيوية للسمك سينتهي إلى إفراط في التغذية، ما يعني زيادة في فُضالات الغذاء في الموقع، وما ينجم عنها من تأثيرات سلبية على البيئة وارتفاع في معدل تحويل الغذاء FCR (وتكاليف إنتاجية أعلى). من جهة أخرى فإن التقدير البخس للكتلة الحيوية سيؤدي إلى خفض كمية الغذاء المقدم للسمك. والتغذية المتواضعة ستكون مدعاةً لانخفاض في معدل النمو ما يطيل أمد الدورة الإنتاجية. يمكن للتغذية المتواضعة أن تؤدي أيضاً إلى إخمادٍ للمناعة ناجمٍ عن الإجهاد، ما يهيئ لاحتمالات أكبر لتفشّي الأمراض وانخفاض قيمة السمك ومعدل بقائه على قيد الحياة.

إن التقدير الدقيق للكتلة الحيوية يسمح بالتخطيط المناسب وتقويم الإنتاج المستقبلي للمزرعة، ويسمح كذلك بتتبع نمو الدفعات المختلفة من الأسماك.

ولخفض محذور الخطأ في تقدير الكتلة الحيوية من الضروري: 1) تسجيل مُدخَلات الأسماك الجديدة بدقة، 2) تسجيل النفوق والاعتيان والحصاد، و3) تقليص آثار المُخرَجات غير المُتَحَكَّم بها كالهروب والسرقة والافتراس من قِبَل الأعداء الطبيعية والافتراس ضمن النوع المستزرع. ستُبحَث كل من هذه المواضيع بتفصيل أكبر فيما يلي.

مُدخَلات الأسماك

يمكن احتساب العدد الابتدائي للأسماك أو قياسه بطرق عِدَّة:

- العد اليدوي. عقب تخدير الاصبعيات، يمكن عدها واحدة فواحدة. تطبَّق هذه الطريقة على الدفعات الصغيرة حصراً، فهي تستغرق وقتاً طويلاً ولكنها تقدم عداً دقيقاً.
- العد الآلي الإلكتروني. ثمة عديد من الآلات المتاحة لعَدِّ الأسماك ولكنها مرتفعة الأثمان، وهي عادة غير متوفرة في المَفارِخ. يمكن توقع خطأ يقارب 3 في المائة عند استخدام هذه الآلات.
- التخمين الإحصائي. هذه هي الطريقة الشائعُ استخدامُها وتعتمد على حساب الوزن المتوسط للأصبعية الواحدة من خلال عينة، كما تعتمد على الوزن الكلي للأسماك المُستَلَمة من المَفْرَخ. للاعتيان، يُستَخرج عديد من الأسماك بواسطة شبكة وتوضع في دِلاء أو أحواض مملوءة بكمياتٍ مَقيسَةٍ سلفاً من الماء. يوضع عدد معروف من الأسماك ويُحسَب الوزن الصافي ويُسَجَّل. إن الفرق بين الوزن النهائي والوزن الابتدائي يمثل

الوزن الكلي لأسماك العينة الذي يُقسَم على عدد الأسماك للحصول على متوسط الوزن. يجب إجراء عدة تخمينات للوزن خلال عملية التحميل، وعموماً تُسْفِر العينات الأكبر حجماً عن نتائج أكثر دقة. وتبعاً لطريقة إجراء عمليات القياس، يجب خفض وزن العينة بمقدار 1–3 في المائة لقاء وزن الماء.

المُخْرَجات المُتَحَكَّم بها من الأسماك

يمكن تحديد كمية المُخرجات المُتَحَكَّم بها ببساطة بِعَدِّ الأسماك التي أزيلت بِتَرَوٍ أو بشكل فاعل من القفص من قِبَل المربي أو بتخمين عددها. ويكون احتساب المُخرجات المُتَحَكَّم بها ممكناً عندما تخضع حالات النفوق للتسجيل، وعندما تخضع عمليات نقل الأسماك واعتيانها وحصادها للتوثيق الرقمي.

- النفوق: يتوجب دورياً إزالة الأسماك النافقة من القفص وعدّها والتصرف بها على أنها فُضالة من نوع خاص. يمكن لأي اختلاف في معدل النفوق أن يشير إلى تفشٍّ لمرض ما، ويجب أن يستدعي ذلك تحريات مَرَضِيَّة فورية وتشخيصاً ومعالجات أو رد فعل آخر. وتعتمد النسبة المئوية المتوقعة والمقبولة للنفوق على النوع والبيئة وظروف التربية.
- النقل والاعتيان والحصاد: من الجوهري تسجيل المدخلات والمخرجات كلها الخاصة بنقل الأسماك بين الأقفاص و/أو أي عمليات اعتيان أو حصاد بالنسبة لكل دُفعَة من الأسماك. ومن المفيد أيضاً ملء تقرير دوري بالمخزون وإجراء تحديث لأحوال كل قفص بما يتضمن عمليات النقل كافة عبر الفترة المَعْنِيَّة.

المخرجات غير المُتَحَكَّم بها من الأسماك

يجدر تقليص أسباب خسارة السمك غير المُتَحَكَّم بها بأكبر قدر ممكن:

- يمكن خفض الهروب العَرَضي بشكل جذري بتطبيق خطةٍ لمراقبة الشباك والأقفاص وصيانتها كما بُحِثَت في الفصل 6. ويجب الحفاظ على الشباك نظيفةً باستبدالها أو بتنظيفها دورياً بأداة التنظيف بالضغط العالي. إن هذا يُجَنِّب تراكم متعضيات الانسداد الحيوي النَّتِن التي تُثقِل الشباك وتمثل سبباً محتملاً لإخفاق الشباك. تبرز الحاجة لتعزيز خطة المراقبة عند تربية الأنواع الراعية، إذ أن محذور اختراقها الشباك يصبح أكبر نتيجة لِعَضِّ الشباك.
- يجب التصدي للافتراس باستخدام الشباك المانعة للمفترسات. يُحتَمَلُ أنْ تُسْفِرَ عمليةُ نقل دُفعَةٍ بين الأقفاص، دون قصد، عن دخولِ أسماكٍ مفترسةٍ كبيرةٍ (مثلاً amberjacks [Seriola sp.] كالإنتياس والكهرمان). في مثل هذه الأحوال يتوجب إخراج المُفتَرِسات من القفص لخفض محاذير خسارة السمك.
- إنَّ الافتراس ضمن النوع المستزرع سلوكٌ يظهر طبيعياً في كثير من الأنواع. ويمكن تقليصه من خلال خفض التباين في أحجام الأسماك لضمان التجانس الحجمي بالقدر المستطاع. من الممكن خفض المدى الحجمي من خلال التأكد من تَفَقُّد الاصبعيات قبل مغادرتها المَفرَخ ومن خلال الإدارة الدقيقة للغذاء في المزرعة ذاتها.
- يمكن الحد من السرقات من خلال مراقبة الموقع إما بالاستعانة بالعامل البشري أو بتجهيزات التصوير المرئي (الفيديو). ويوصى بشدة بمراقبة المزرعة السمكية.

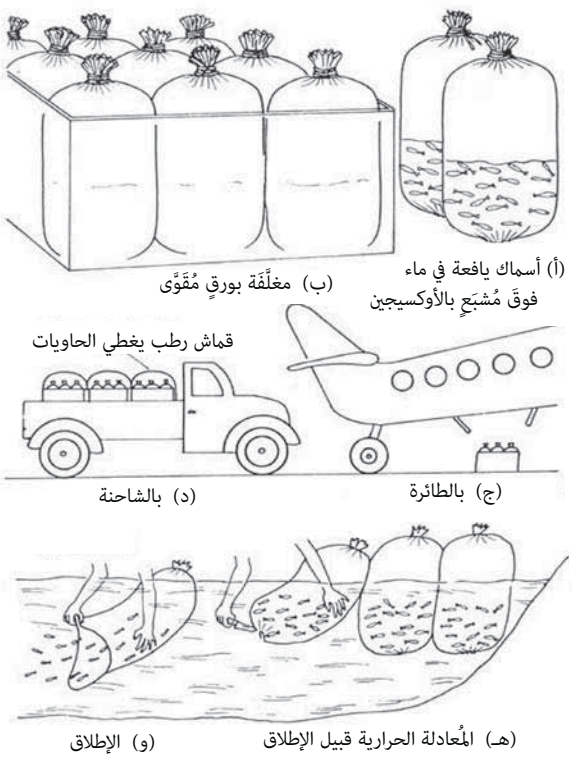
نقل الأسماك وزرعها

إنَّ انتقال الأسماك الحية أمر لازم إذ لا بد من نقل الأسماك اليافعة من المَفرَخ إلى مَرسى المزرعة، ثم من المَرسى إلى موقع القفص للزرع النهائي. وتبعاً لعدد الاصبعيات وحجمها، تنقل الأسماك إلى المزرعة إما في أحواض نقل أو في أكياس لَدَنِيَّة مملوءة بالماء والأوكسيجين. وقد تُشَكِّلُ مدةُ النقل فترَةً حَرِجَةً بالنسبة للأسماك، لذا يجب إيلاء أمر النقل اهتماماً كبيراً للحيلولة دون الإجهاد والنفوق غير اللازمين.

الأكياس اللَّدَنِيَّة

يُفَضَّلُ خيار النقل هذا للأعداد القليلة و/أو الأحجام الصغيرة للأسماك. إن كان الوزن أصغر من 1 غ للسمكة الواحدة، فيجب أن يُؤَخَّر الزرعُ النهائي في القفص. إذ لا يوصى بزرع أسماك أصغر من 1–2 غ في الأقفاص، لأن

الشكل 50
نقل الإصبعيات السمكية ضمن أكياس لَدَنِيَّة



المصدر: من Berka (1986).

بيئة القفص لا تناسب الأسماك المتناهية في الصِّغَر. فالتغذية لا يمكن ضبطها بشكل صحيح، والتيارات القوية قد تسبب إجهاداً للأسماك الصغيرة ما يؤدي إلى معدل نفوق كبير. بالإضافة إلى ذلك فقد تقتل المفترسات أو تجرح عدداً كبيراً من الأسماك التي يصعب كثيراً عدها إن كانت الأسماك صغيرة.

لذلك يجب بدايةً الاحتفاظ بالأسماك ذوات الوزن 1–2 غ لفترة التنمية التمهيدية في تسهيلاتِ حضانةٍ أرضيةٍ مناسبة مجهزة بأحواض وتدفق مائي ونظامِ تهويةٍ ونظامِ تطهيرٍ لمياه الصرف ونظام تسخين وتبريد للمياه. ومن الواجب الاعتناء بأَقْلَمَةِ الاصبعيات المنقولة في أكياسٍ لَدَنِيَّةٍ (الشكل 50) قبل إطلاقها في الأقفاص أو في الأحواض. إذ يتوجب ترك الأكياس اللدنية عائمةً في المياه الجديدة إلى أن تتساوى حرارة الوسطين. عندئذ تُفتَح الأكياس بحيث تختلط المياه الداخلية بالمياه الخارجية ببطء. وبتزايد التبادل المائي سَتَسْتَكْمِلُ الأسماك تَأَقْلُمَها وبالتالي يمكن إطلاقها في القفص أو الحوض.

إن كانت الأسماك اليافعة كبيرة بما يكفي لزرعها مباشرةً في الأقفاص، فيمكن أيضاً نقلها في أحواضِ نقلٍ (عادة أحواض مركبة على شاحنات متخصصة مسطحة الظهر). يمكن استخدام طرقٍ مختلفة لنقل الاصبعيات إلى موقع الأقفاص، بما في ذلك استخدام قفص نقل مقطور أو قارب مجهز بأحواض.

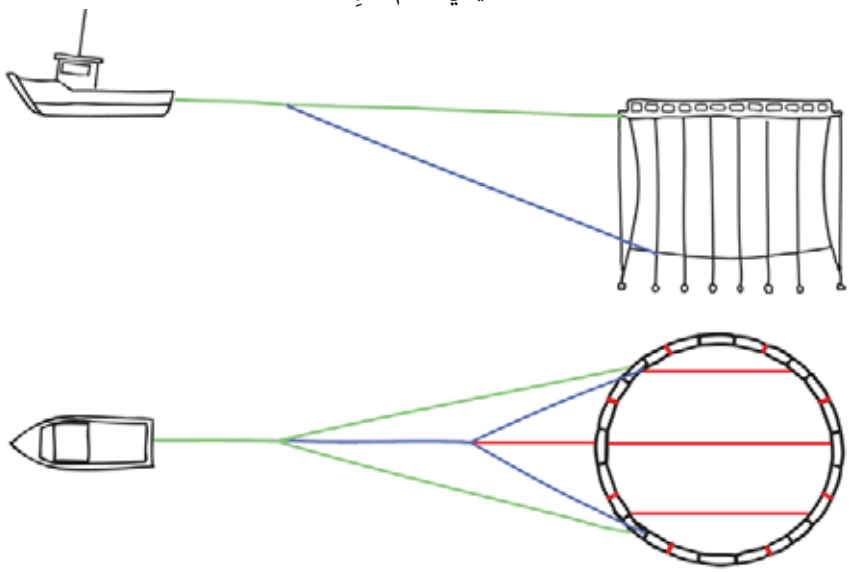
قَطْرُ القفص

يُفْصَلُ القفص المعد للزرع عن منظومة الإرساء ويُقْطَر إلى المَرسى الأقرب. في المَرسى، تُنْقَلُ الأسماك اليافعة من الشاحنة إلى القفص، ومن ثم يُقْطَر القفص عائداً إلى الموقع ويُرسَى في موضعه النهائي.

إن كان من المتوجب قَطْرُ قفصٍ فمن اللازم أخذ الإجراءات التالية في الحسبان:

- تَفَقُّد الموقع حيث يوجد المَرْسَى من خلال القيام باستقصاءٍ تحت الماء للتأكد من عمق الماء ومدى وجود صخور أو عوائق يمكن أن تتلف الشباك.
- التقليل من عمق الشبكة (جعل الشبكة أكثر ضحالة) ومن طول المُغرِقات بما يتفق وعمق المياه قِبالة المَرسى.
- زيادة وزنَ المُغرِقات من جهة أعلى التيار (الحافة الأمامية أو الحافة المُتَقَدِّمَة) من القفص.
- إلحاق حَبلَي قَطْر إضافيين أو ثلاثة مُتَبَّتَة على المُغرِقات من جهة أعلى التيار أو الجانب الأمامي من القفص، إذ تساعد هذه الحبال على الحد من تشوه الشباك كما تحافظ على الحجم المتاح داخل القفص (الشكل 51).
- نقل الاصبعيات بسرعةٍ منخفضة. يُوصى بسرعة 1–2 عقدة عبر الماء. خذ التيارات بعين النظر.
- تَفَقُّد الاصبعيات دورياً أثناء قَطرها. وعلى فترات نظامية يجب أن يتأكد غواصٌ من أنَّ الاصبعيات ليست عُرضَةً للإجهاد وليست متزاحمة في الخلف تجاه جهة أدنى التيار (الجهة الخلفية) من الشبك بتأثير التيار. يُشير هذا التزاحم إلى أن القارب يَقطُر القفص بسرعة زائدة.
- الأخذ بالحسبان أنه في حال التيار أو في حال الأقفاص الكبيرة، قد تكون قوةُ ممانعةِ شبكةِ القفصِ شديدةً جداً، وقد لا يتمتع القارب بقوة كافية لقطر القفص، لذا يوصى باستخدام قوارب كبيرة ذوات قوة حِصانية كافية لتنفيذ هذا النوع من العمليات.

الشكل 51
شكل تخطيطي لنظام قَطْرِ القفص



ملحوظة: الخطوط الخُضر: حبال سطحية متصلة بطوق القفص، الخطوط الزرق: حبال مغمورة متصلة بالحبل القاعدي للشبك، الخطوط الحُمر: حبال سطحية متصلة بطوق القفص للحفاظ على شكله وتوزيع قوى السحب.

يمكن استخدام قفص نقلٍ صغير (اللوحة 97) عِوضاً عن قفص التنمية اللاحِقَة الكبير. إن هذا سيلغي ضرورة فصل القفص الكبير عن الشبيكة. بالإضافة لذلك فقفص النقل الأصغر هو أقل وزناً وأسهل للمناورة، ولا يتطلب نقطة إرساء ثابتة، ومن السهل تخزينه بعيداً على اليابسة عندما لا يكون قيد الاستخدام. إلا أنه لدى استخدام قفص النقل، ستحتاج الاصبعيات لأن تُنْقَل إلى قفص التنمية اللاحِقَة في موقع المزرعة. تعتمد إجرائية النقل هذه على تصميم قفص النقل. غالباً ما تكون الطريقة الأنسب هي في استخدام قفص نقل مماثل لذلك الموضح في اللوحة 98. لا يمتلك هذا القفص ركائز عمودية وهو ذو غطاء يُغلَق بزِمامٍ مُنزَلِق. هذا يسمح للقفص بأن يُدفَع أو يُسحب تحت طوق قفص التنمية اللاحِقَة. فبمجرد وضعه داخل الشبكة، يكون السمك قابلاً للتحرر، ومن ثم يمكن لقفص النقل أن يُرفَع خارج قفص التنمية اللاحِقَة بواسطة رافعة القارب. ولتمكين ذلك يجب أن يكون قفص التنمية اللاحِقَة مهيأً بخفض أعلى الشبكة إلى ما تحت مستوى الماء وإزالة بعض المُغرِقات من الجانب الذي سَيُقْحَمُ منه قفص النقل.

اللوحة 97
قفص نقل جاهز لأَنْ يُزرَع قرب المَرسَى.
الشاحنة على المَرسى تغير الماء لأقلمةِ الأسماك قبيل تحريرها في قفص النقل

مُجامَلةً من *F. CARDIA*

اللوحة 98
قفص نقل ذو طوق ثنائي الأنبوب وعديم الركائز العمودية. وبما أن القفصَ عديمُ الركائز فهو مُغَطًى بشبكة عُلوية مثبَّتَة على السطح، وقابلة للإزالة من خلال زِمامٍ مُنزَلِق. تُستَخدَمُ هنا طوافتان واقيتان قابلتان للنفخ لإبقاء الشبكة العلوية على السطح

مُجامَلةً من *F. CARDIA*

إن كان القفص المعد للنقل ذا ركائز عمودية، يتوجب عندئذ اتباع إجرائية مختلفة:

- يُثَبَّت طوقا القفص معاً بحبل.
- يُفَكُّ بضعة أمتار من شبكة قفص التنمية اللاحِقَة عن السياج وعن الطوق.
- يُفَكُّ عدةَ أمتارٍ من شبكة قفص النقل.
- يُضَمُّ الحبل العلوي الخاص بشبكة قفص التنمية اللاحِقَة إلى الحبل العلوي الخاص بشبكة قفص النقل تحت الماء (تحت طوقي القفصين) باستخدام أربطة الكابلات اللَّدَنيَّة.
- تصبح الشبكتان بذلك ملتحمتين تحت طوقي القفصين، كما يصبح ممرٌ متاحاً لانتقال الأسماك سباحةً من قفص لآخر.
- تُرفَعُ شبكة قفص النقل ببطء باليد أو باستخدام الرافعة، ما يُقَلِّصُ الحجم الداخلي للشبكة ويُرغِمُ الأسماك اليافعة على العبور سباحةً إلى شبكة قفص التنمية اللاحِقَة.

أحواض نقل الأسماك

يجب أن تكون أحواض نقل الأسماك مجهزة بمنظومة بَثٍ للهواء في الماء، وصمامات للمياه المتدفقة داخلاً والمياه المتدفقة خارجاً، وباب مُنْزَلِقٍ كبير قرب القاع. يجب أن يكون الحوض معزولاً حرارياً بقدرٍ يتناسب والظروف البيئية. يتوفر طيف واسع من الطُّرُز في السوق، ولكن من الممكن أيضاً بناء حوضٍ باستخدام الأحواض اللَّدَنِيَّة الكبيرة المعدة لمياه الشرب (كتلك المستخدمة لخزانات المياه في المنازل).

يمكن تثبيت سطح مُنزَلِقٍ خاص على البوابة الكبيرة السفلية المنزلقة لإطلاقٍ سهلٍ للأسماك، ويمكن أيضاً تثبيت أنبوب لَدَني مَرِن على هذا المُنزَلِقِ.

يحتاج القارب المجهز بأحواض لنقل الأسماك لأن يُجَهَّز أيضاً بالآتي:

- الأوكسيجين: من الممكن استخدام أسطوانات أوكسيجين من مِشعَل الأوكسي أسيتيلين لقص اللِّحام أو تلك الأسطوانات المستخدمة للأغراض الطبية. يجب النظر في عدد الأسطوانات وحجمها بما يتناسب وعدد الأحواض اللازم تخديمها، وفعالية منظومة بَثِ الهواء، والمسافة إلى موقع الأقفاص، وحرارة المياه والاحتياجات الخاصة للأنواع المُستَزرَعَة.
- مضخة مياه: ثمة حاجة للمياه إن كانت خزانات النقل مجهزة بأنظمةِ دورةِ مياهٍ مفتوحةٍ لشطف الأسماك المتخلفة من الدُّفعة وتنظيف الأحواض وإعادة ملئها إن برزت الحاجة لنقل أكثر من دُفعَةٍ واحدة في اليوم ذاته.
- مقياس أوكسيجين: يلزم أيضاً مقياس أوكسيجين محمول باليد. وهذا يجب أن يشمل أيضاً ميزاناً للحرارة.
- منظم لضغط الأوكسيجين.

ستكون طاقة الحمولة القصوى للقارب عاملاً محدداً بسبب وزن الماء في أحواض النقل. إن عدد خزانات النقل المحمولة على القارب وحجمها هو عامل رئيس في تحقيق الفعالية المثلى لعمليات النقل. فإن حُمِّلَت شاحنة بالسمك بكثافةٍ (الكتلة الحية في المتر المكعب) مناسبةٍ لنقلٍ طرقي يدوم يوماً واحداً أو أكثر، فإن كثافة الأسماك المنقولة على سطح القارب يمكن أن تُضاعَف أو أن تبلغ حتى ثلاثة أضعاف، باعتبار أن ماء أحواض النقل يُجَدَّد خلال هذه العملية (فهو ليس الماء ذاته كما هي الحال في الشاحنة) وأن النقل إلى القفص يستغرق ساعات أو دقائق قليلة.

يقدم الجدول 34 مثالاً على الحسابات التي يجب أخذها في الحسبان عند نقل الأسماك اليافعة إلى الأقفاص بواسطة قارب مجهز بأحواض نقل، بما في ذلك عدد الرحلات والوقت اللازم لنقل كل دُفعة والوقت اللازم للعملية بمجملها. إن كثافة الأسماك في الأحواض الكائنة على سطح القارب في المثال المقدم (انظر الجدول 34) تعادل ثلاثة أمثال كثافة الأسماك في الأحواض الكائنة على ظهر الشاحنة.

إنَّ زيادة كثافة الأسماك في أحواض النقل على ظهر القارب تتطلب عناية فائقة (أنظر الصف "h" من الجدول 34). من المفضل القيام برحلات إضافية لمنع الإجهاد والنفوق. يجب عدم زيادة كثافة الأسماك أثناء النقل إذا:

- كانت الأسماك قد تعرضت لإجهادٍ خلال النقل الطُرُقي،
- تجاوزت نسبة النفوق الكميات المقبولة،
- كانت الشاحنة قد حُمِّلَت فوق ما تطيق، وكانت كثافة الأسماك عالية جداً (مثلاً بسبب أن المَفرَخ قريب جداً من المزرعة).

عمليات نقل الأسماك من الشاحنة إلى القارب:

- تأكد من أن الفارق في الارتفاع بين المَرسَى ومستوى سطح البحر يكفي للسماح بانتقال الأسماك بفعل الجاذبية من الشاحنة إلى القارب. يجب أيضاً الأخذ في الحسبان ما إذا كان مصرف الأسماك في الشاحنة موجوداً في الجزء الأدنى من الشاحنة، أو إذا كانت فتحات الأحواض على القارب موجودة في الأعلى. إنْ كان مستوى القارب أعلى من الشاحنة فلا يمكن انتقال الأسماك بالجاذبية وستبرز الحاجة لاتباع نظام أكثر إجهاداً للأسماك (مثلاً الشبكة المِغْرَفَة أو مضخة السمك).
- تَفَقَّدْ الشاحنة عند وصولها وتأكد من الحالة الصحية للأسماك.
- بتَأَنٍّ وتَدَرُّج كما هو موصوف أدناه، غَيِّرْ المياه في أحواض الشاحنة باستخدام مياه البحر لأقلمة الأسماك ببطء مع الظروف المائية الجديدة (مثلاً الحرارة والملوحة والأوكسيجين)، ما يخفف من الإجهاد (اللوحة 97). عادةً ما تكون الشاحنات مزودة بمضخة لأداء هذه العملية. وإن لم تتوفر، تبرز الحاجة لتَوَفُّر مضخة على المرسى لنقل ماء البحر من البحر إلى أحواض الشاحنة. إن الوقت اللازم لاستبدال المياه يجب أن يعادل ساعة واحدة لكل درجة سيلزيوس (مئوية) من الاختلاف الحراري (على سبيل المثال: حرارة مياه أحواض الشاحنة = 27 °م وحرارة ماء البحر = 24 °م وبالتالي تحتاج عملية الاستبدال إلى ثلاث ساعات). تأكد أن المياه قرب المرسى خاليةٌ من الملوثات.
- اِملأ أحواض القارب بالماء وشَغِّل منظومة التهوية وتَفَقَّد مستويات الأوكسيجين (انظر اللوحة 101).
- انقل الأسماك إلى القارب بالجاذبية عبر خرطومٍ أو مُنْزَلَقٍ (اللوحتان 99 و100). راعِ أن تحول دون اصطدام السمك بجدران الخزان المُستَقبِل. يجب أن يمتد أنبوب التوصيل بشكل مستقيم إلى الحوض وأن يكون مصرفه منحنياً بزاوية باتجاه سطح الماء لا باتجاه جدران الحوض.

الجدول 34
مثال حول حسابات نقل الاصبعيات السمكية إلى أقفاص المزرعة

الإسناد	وصف البند	الكمية على سبيل المثال	الحساب (من اليسار إلى اليمين)
a	عدد الأحواض على سطح القارب	2	
b	سعة كل من الأحواض (م^3)	2	
c	السعة الكلية للأحواض على سطح القارب (م^3)	4	a × b
d	العدد الإجمالي للأسماك اليافعة المنقولة (عدد)	180 000	
e	الوزن المتوسط لسمكة واحدة (غ)	10	
f	الوزن الإجمالي للأسماك كلها (كغ)	1 800	d × e ÷ 1000
g	كثافة النقل على الشاحنة (كغ/م^3)	50	
h	كثافة النقل على سطح المركب (كغ/م^3)	150	g × 3
i	الحجم اللازم على سطح القارب (م^3)	12	h ÷ f
j	عدد دُفعات النقل (المرسى -> الموقع)	3	i ÷ c
k	عدد الرحلات الكاملة (إلى ومِنْ)	6	j × 2
l	المسافة بين المَرسى والموقع (ميل بحري)	2.5	
m	سرعة القارب (عقدة)	7.5	
n	زمن الرحلة الواحدة (دقيقة)	20	l ÷ m × 60
o	الزمن اللازم لتحميل القارب (دقيقة)	40	
p	الزمن اللازم لزرع السمك (دقيقة)	20	
q	زمن الرحلة ذهاباً وإياباً (دقيقة)	100	(n × 2) + o + p
r	الزمن الإجمالي لعملية النقل كلها (دقيقة)	300	q × j

عمليات نقل الأسماك بالقارب من المَرسَى إلى موقع الأقفاص:

- أمِّنْ فتحات الحوض كلها.
- تَفَقَّد بانتظام مستويات الأوكسيجين المنحل.
- إنْ انخفض DO إلى ما دون المستوى الآمِن (<2–3 ppm) زِد ضغط الأوكسيجين في المنظومة (اللوحة 101).

عمليات تحرير الأسماك في قفص التنمية اللاحِقَة:

- أرسِ القارب بشكل آمن إلى طوق القفص أو إلى السياج.
- ركب مُنْزَلَق الحوض وضَعْ النهاية المرنة لأنبوب النقل في القفص.
- اخفِض مستوى الماء في حوض النقل باستخدام صمام المَصرِف.
- عندما يصل منسوب الماء إلى قرابة ثلث السَّعة الكلية للحوض، افتح بوابة الحوض واصرف الأسماك كلها. ويمكن استخدام مِكنَسَةٍ لدفع الأسماك الأخيرة المتخلفة إلى خارج الحوض (انظر اللوحة 102).

في نهاية عملية النقل أُجْرِ دائماً غوصاً تَفَقُّدياً للتأكد من نِسَبِ النفوق وإزالة الأسماك النافقة والتَّيَقُّن من أن الشباك غير متأذية.

اللوحة 99
تُنقَل الأسماك اليافعة من الشاحنة إلى القارب عبر أنبوب قاسٍ

مُجامَلَةً من F. CARDIA

اللوحة 100
قارب عمل صغير مجهز بحوضين سعة كل منهما تساوي 2 م^3

مُجامَلَةً من F. CARDIA

اللوحة 101
مُستَوعب كبير مُحَوَّرٌ لنقل الأسماك. تبدو في صدر الصورة شاشة مقياس الأوكسيجين

مُجامَلَةً من F. CARDIA

اللوحة 102
دفع الاصبعيات الأخيرة المتخلفة في موقع المزرعة. لاحِظ المُنزَلَق الخارجي المُرَكَّب على بوابة الحوض والأنبوب المرن الأحمر، المُرَكَّب على المُنزَلَق، الذي يمتد إلى القفص

مُجامَلَةً من F. CARDIA

8. تغذية الأسماك

تُعَدُّ التغذية الهدف التشغيلي الأكبر أهميةً الذي يستأهل جعله أقرب للكمال، فذلك ضروري بغية زيادة فعالية العملية الإنتاجية.

إن الهدف الرئيس لأغلب المزارع السمكية هو إنتاج نوعية رفيعة من الأسماك مقابل أدنى تكلفة. يُشكِّل الغذاء عادة 50–75 في المائة من نفقات التشغيل في مزرعة كَفُوءَةٍ. وإن كانت كلفة الغذاء أدنى من هذه النسبة فذلك يوحي أن التكاليف الأخرى مرتفعة جداً وأن ثمة أوجهَ عدم كفاءةٍ في العمليات.

تتطلب الأقفاص المختلفة ضمن موقع التنمية اللاحقة إجراءات تغذية مختلفة. وقد تُسفِر الإدارة الضعيفة للتغذية عما يلي:

- ارتفاع في تكاليف الإنتاج (نسبة تحويل الغذاء FCR أعلى، دورة نمو أطول، تكاليف إدارية أعلى، وغير ذلك)،
- أثر بيئي أكبر ناجم عن الغذاء غير المُستَهلَك.

إنْ لم يكن الغذاء مخزناً في صوامع متخصصة silos، فيجب تخزينه في مستودعٍ حيث يُفتَرَض ضمان توفر الخصائص الآتية:

- يجب أن يكون المستودع مخصصاً حصراً لتخزين الغذاء.
- رطوبة منخفضة (فالغذاء يجب أن يبقى جافاً).
- الحرارة يجب ألا تتجاوز 40 °م.
- الخلو من الآفات.
- السطوح جميعها قابلة للتنظيف.
- الدخول للمستودع مقتصر على العمال المخولين حصرا.

يجب أن يتمتع مستودع الغذاء أيضاً ببعض الميزات البنيوية لتسهيل تداول الغذاء، كأن يكون:

- قابلاً لاستقبال رافعة شوكية،
- كبيراً بما يكفي للسماح بحركة المنصات الخشبية.

يجب أن يكون تخزين الغذاء منظماً بهدف منح الأولوية لاستهلاك الغذاء القديم. ثمة مقولة للتَّذَكُّر: "ما يدخل أولاً يخرج أولاً". وهذا يعني أنه عندما تصل طلبية غذاء جديدة، يتوجب نقل الغذاء القديم إلى حيث يمكن جعله جاهزاً للاستخدام أولاً دون أن يبقى محتجزاً خلف الغذاء الجديد.

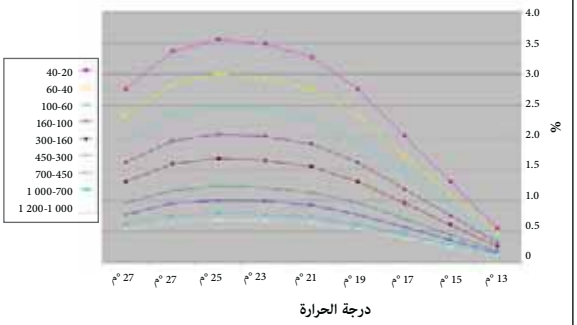
يجدر اعتمادُ الصوامع silos لتخزين الشحنات الرَّكْمِيَّة إن كان الغذاء السائب سيستخدم في المزرعة. فتلك المباني تسهل من تداول الأغذية وتوزيعها، ولكنها تتطلب استثمارات أكبر فيما يخص تجهيزات التغذية بسبب احتياجها لمستوًى أعلى من المكننة المطلوبة للتحرك وتحديد كميات الغذاء وتوزيعه.

إنْ لم يكن هنالك منظومة تغذية مركزية في الاستخدام، فيجب النظر في تأمين قارب (أو قوارب) مخصص للغذاء. يعتمد حجم قوارب الغذاء وعددها وخصائصها على حجم المزرعة واستراتيجية الإنتاج واستراتيجية التغذية. يجب أن تُحّدَّد طاقة حمولة قوارب التغذية وفقاً لاحتياجات مرحلة ذروة الغذاء الواجب توزيعه.

يجب أيضاً أخذ مرافق الخِدمات (المرسى والرصيف والمرفأ) بالاعتبار من أجل تحميل الغذاء. فوسائل التحميل السهل للقوارب ستبسِّط هذه العملية وتخفض من زمن عمليات التغذية وكلفتها كلها.

تختلف متطلبات الغذاء وكفاءات تحويل الغذاء مع تغير الظروف البيئية (الأوكسيجين، الحرارة، نوعية الماء، سرعة التيار، كثافة الضوء، طول النهار). وتتباين أيضاً مستويات الإفادة من الغذاء مع تغير نوعية الغذاء والعوامل الوظيفية (الفيسيولوجية) للسمك كالعلاقة عمر/حجم، المرحلة الحياتية، مستوى الإجهاد والإيقاعات الحيوية الداخلية المنشأ. تسهم هذه العوامل كلها في اللا وضوح المتعلق بكمية الغذاء الدقيقة وتوقيته الصحيح. وقد يؤدي هذا إلى تقصير في تغذية المخزون السمكي أو إفراط فيه ويمكن أن ينتهي إلى أداء اقتصادي ضعيف لعملية الاستزراع.

الشكل 52
نسبة الغذاء اليومي للقجاج (*Sparus aurata*)
(% من الوزن الحي في اليوم – 35 ميجا جول MJ طاقة قابلة للهضم)



ملحوظة: إن كمية الغذاء المقدمة (% من الوزن الحي) تختلف تبعاً للفئات الحجمية (مُعَبَّراً عنها بالغرام على جانب اليد اليسرى) ودرجة حرارة الماء.
المصدر: جداول بيومار Biomar للتغذية (مُعدَّلة)

ولتحديد معدل الغذاء اليومي (الشكل 52)، مُعَبَّراً عنه بنسبة مئوية من وزن الجسم في اليوم، تؤخذ المعايير الرئيسة الآتية بالنظر:

- حجم السمكة،
- درجة حرارة المياه،
- تركيب الغذاء (الاحتياجات الغذائية).

تكون جداول التغذية (انظر الجدول 35) متاحة عادة من قبل مُصَنِّع الأغذية لكل من الأنماط والأنواع التجارية من الأغذية. يجب استخدام هذه الجداول كمرجع لتقدير نسبة الغذاء اليومي الفعلي. مع ذلك يجب أخذ عوامل أخرى في الحسبان وفي ضوئها تُعَدَّل نسبة الغذاء اليومي. تتضمن هذه العوامل:

- شهية الأسماك للغذاء،
- مستويات الأوكسيجين المنحل (الحالي، ووجود/غياب النَّتَن الحيوي على الشباك)،
- الأمراض،
- حال البحر،
- الأحداث المسببة للإجهاد (تداول، حصاد، وغير ذلك).

إن كل جدول تغذيةٍ خاصٍّ بغذاءٍ ونوع محددين (مثلاً القجاج في حال الجدول 35)، يشير إلى الكمية المقترحة من الغذاء التي يجب أن تُوَزّع على مخزون السمك، مع معلومات عن الحجم الأنسب من الحبيبات لاستخدامه. إن القيم في الجدول يجب احتسابها كنسب مئوية من الكتلة الحية الواجب تغذيتها.

مثال:

مؤشرات: دفعة مؤلفة من 100 000 سمكة، متوسط وزن الجسم WBA = 150 غ (كتلة حية = 15 000 كغ)، حرارة المياه 23 °م.

كمية الغذاء اليومي المقترحة = 15 000 × 2.01% = 301.5 كغ، حجم الحبيبة: 4.5 مم.

يجب إطعام الأسماك الأكبر حجماً حبيبات أكبر ما يساعد في ضمان أفضل نسبة ممكنة لتحويل الغذاء FCR. فالأسماك إذ تنمو تتطلب حبيبات غذاء أكبر حجماً. ويجب أن تتم عملية إحلال الحبيبات الكبيرة محل سابقتها الصغيرة بشكل سلس وعلى فترة زمنية لا تقل عن شهر واحد. تُقَدَّم كلٌّ من الحبيبات الصغيرة والكبيرة خلال

الجدول 35
مثال على جدول التغذية اليومي كنسبة من وزن الجسم الحي

حجم السمكة (غ)		حجم الحبيبة (مم)	درجة الحرارة (°م)							
			13	15	17	19	21	23	25	27	29
20	40	3.0	0.55	1.29	2.03	2.77	3.28	3.49	3.56	3.37	2.77
40	60	3.0	0.47	1.09	1.72	2.34	2.77	2.95	3.01	2.85	2.34
60	100	4.5	0.39	0.91	1.42	1.94	2.30	2.45	2.49	2.36	1.94
100	160	4.5	0.32	0.75	1.17	1.60	1.89	2.01	2.05	1.94	1.60
160	300	4.5	0.26	0.60	0.95	1.29	1.53	1.63	1.66	1.57	1.29
300	450	6.5	0.19	0.44	0.70	0.95	1.12	1.20	1.22	1.15	0.95
450	700	6.5	0.15	0.36	0.57	0.77	0.92	0.98	0.99	0.94	0.77
700	1 000	9.0	0.12	0.29	0.45	0.61	0.73	0.77	0.79	0.75	0.61
1 000	1 200	9.0	0.11	0.25	0.39	0.53	0.63	0.67	0.68	0.64	0.53

المصدر: جداول بيومار BIOMAR للتغذية (مُعدَّلة)

هذه الفترة بحيث تتناقص كمية الحبيبات الصغيرة وتتزايد كمية الحبيبات الكبيرة على التدريج (الشكل 53). إن هذا سيتيح للأسماك أن تعتاد تناول الحجم الجديد من الغذاء، كما سيتيح أيضاً للأسماك الأصغر في القطيع فسحةً إضافية من الزمن للازدياد حجماً والتمكن بالتالي من التقاط الحبيبات الكبيرة. وعند تقديم الغذاء يجب توزيع الحبيبات الكبيرة أولاً ثم تتبعها الحبيبات الصغيرة.

يجب استخدام شريحة معطيات لمراجعة عمليات التغذية ومتابعتها لكل قفص. يجب أن تتضمن شريحة المعطيات هذه ما يلي:

- نسبة الغذاء، معبراً عنها بالكيلوغرامات و/أو بعدد الأكياس.
- نوع الغذاء، متضمناً الاسم التجاري وحجم الحبيبة.
- الكمية الموزعة فعلياً يجب أن تُسَجَّل بما في ذلك شهية الأسماك وسلوكها.
- الرقم المُمَيِّز لدُفعة الغذاء (الشكل 54) يجب أيضاً تسجيله لضمان إمكانية تَعَقُّب المُنْتَج على مدى الدورة الإنتاجية كلها.

نظم التغذية

يُعَدُّ تطوير التجهيزات الفعالة وبرامج التغذية ونظمها أولويةً لتعزيز النجاح التقني والمالي، خصوصاً وأن الغذاء يمثل تلك النسبة المئوية المرتفعة من نفقات التشغيل. ففي المنظومات القفصية الكبيرة، يمثِّل اختيار استراتيجيات التغذية ونظم التغذية إحدى القضايا الرئيسة. والاستثمارات في نظم تغذية فعالة ومشهود لها يجب أن تُستَعاد بسرعة.

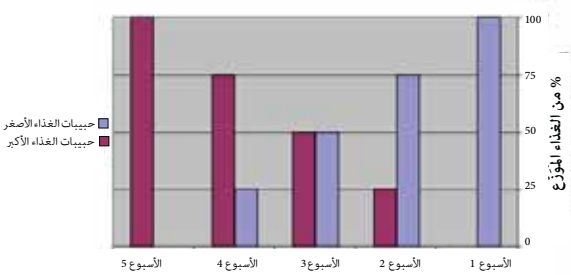
إنه بإمكان التغذية الفعالة أن تخفض من الآثار البيئية. فعندما تكون مزرعة قفصية موجودة في موقعٍ مُعَرَّضٍ نسبياً تصبح العملية الآمنة والموثوقة لنظم التغذية ذات أهميةٍ خاصة.

إن العوامل الحساسة الواجب أخذها بالنظر لأجل نوع نظام التغذية الذي سيُستَخدَم في مزرعة ما، هي:

- تكاليف اليد العاملة، سهولة التشغيل،
- النوع السمكي قيد الاستزراع،
- مستوى عمليات المزرعة ونمطها،
- مستوى تسهيلات السيطرة،
- نوع الغذاء وكميته،
- استراتيجيات التغذية في المزرعة،
- درجة التَّعَرُّض والموثوقية،
- فعالية توزيع الغذاء في نظام الاحتواء،
- كمية الغذاء الممكن توصيلها في عملية تغذية مفردة.

إن الخيارات الأكثر شيوعاً في توزيع الغذاء هي التغذية اليدوية، ومَدَافِع الغذاء، والمُغَذِّيات الذاتية الحركة، والمُغَذِّيات

الشكل 53
استبدال حجم حبيبات الغذاء



ملحوظة: تزداد كمية حبيبات الغذاء الأكبر على التدريج بقدر ما تتناقص حبيبات الغذاء الأصغر.

الشكل 54
أُلصاقة كيس الغذاء

ملحوظة: معلومات غذائية، التركيب، تاريخ انتهاء الصلاحية، والرقم المُمَيِّز لدُفعة الغذاء يجب أن تُعلَن من قِبَل المُصَنِّع بشكل يسهل فهمه.

اللوحة 103
مركبُ نقلٍ مُزَوَّد برافعة مُستَخدَم للتعامل مع مِنَصَّات الغذاء

مُجامَلَةً من F. CARDIA

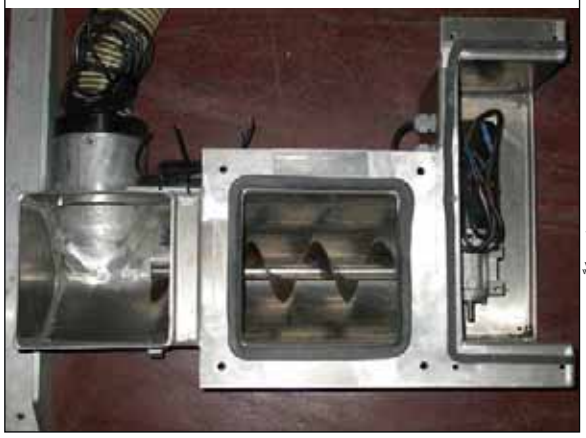
اللوحة 104
مدفع للغذاء مع نافث هواء ملحق يُزَوَّدُ بالطاقة بمحرك يعمل بالبنزين

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 105
مدفع للغذاء مع نافث هواء ملحق يُزَوَّدُ بالطاقة بمحرك يعمل بالبنزين. في هذه الحال يُنقَل الغذاء إلى النَّافِث عبر بَرِيمَةٍ تعمل بالكهرباء (انظر اللوحة 106)

مُجامَلَةً من *A.CIATTAGLIA*

اللوحة 106
البَرِيمَةُ مركبةٌ أسفل القادوس حيث تنقل الغذاء إلى مجرى الهواء (إلى اليسار)



مُجامَلَةً من *A.CIATTAGLIA*

المركزية الذاتية الحركة (انظر اللوحات 103–110). سيُبْحَثُ كل من هذه الخيارات على حدة في الفقرات القادمة.

يتوجب على طاقم المزرعة إيلاء عديد من الأمور المختلفة التالية اهتماماً خاصاً:

- التيارات: يجب توزيع الغذاء من جهة أعلى التيار بالنسبة للقفص.
- الرياح: يمكن للرياح أن تُبَدِّدَ الغذاء وتحملَه خارج القفص.
- شهية الأسماك: يجب مراقبة شهية الأسماك عن كثب، وتعديل نسبة توزيع الغذاء في ضوئها.
- التيارات المُستَحَثَّة: غالباً ما تُحدِث الأسماك تياراتٍ دائرية أثناء تناولها الغذاء.
- شكل الغذاء الموزَّع: إن من شأن كمية كبيرة من الأكياس في القارب أن تؤدي إلى إرباك للعمال وارتكاب للأخطاء.

التغذية اليدوية

تكمن الميزة الرئيسة للتغذية اليدوية في أنه بِوِسعِ المُربّين أن يراقبوا عن كثب شهية أسماكهم، وبالتالي يُعَدِّلوا كمية الغذاء المقدم. تزيد التغذية اليدوية أيضاً من انتباه عمال المزرعة لسلوك الأسماك الذي قد يوحي بتَفَشِّي مرضٍ محتمل أو بمشاكل أخرى في مراحل مبكرة.

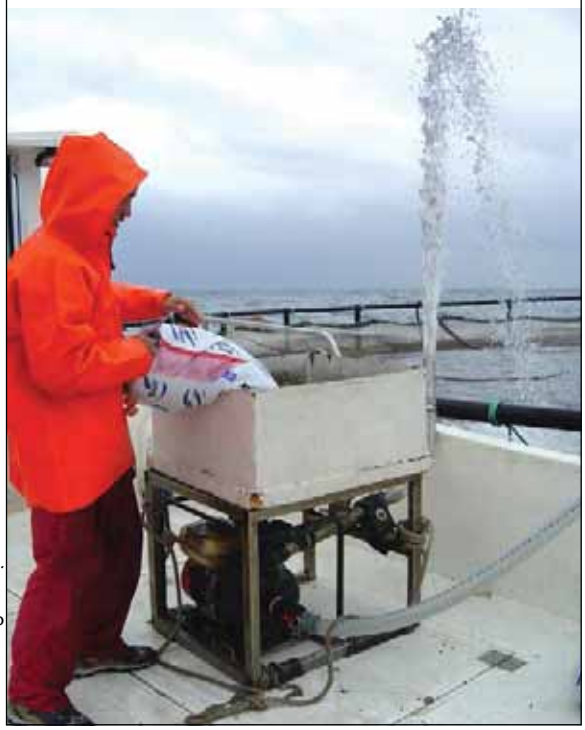
تحتاج التغذية اليدوية إلى عمالة مكثفة وتستغرق وقتاً. لذا فقد تكون شديدة الصعوبة في المزارع الضخمة أو مكلفة فيما يخص تكاليف العمالة.

يجب ترجيح خيار التغذية اليدوية عند الزراعة الأولى للأسماك اليافعة في القفص لضمان مراقبةٍ أفضل لسلوك التَّغَذِّي وتوزيعٍ أفضل للغذاء في هذه المرحلة المُبَكِّرة الحرجة. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تتعرض الحبيبات الصغيرة الحجم للتلف بسهولة في تجهيزات التغذية الآلية.

اللوحة 107
مدفع غذاء موصول بمضخة المياه الخاصة بالقارب. تعمل مضخة المياه بواسطة النظام الهايدروليكي للقارب

مُجامَلةً من *F. CARDIA*

اللوحة 108
مدفع غذاء مع مضخة مياه مُلحَقَة، يعملان بمحرك على البنزين



مُجامَلةً من *F. CARDIA*

اللوحة 109
قارب مجهز بمدفع غذاء نصف آلي. في هذه الحال المدفع مجهز بقادوس ضخم لتخزين كثير من الغذاء. تُضبَط الكمية الواجب نثرها من الغذاء على كل قفص من قبل ربان القارب الذي يستخدم أداة تحكم الكترونية على البرج

مُجامَلةً من *F. CARDIA*

تعتمد نتائج التغذية اليدوية على موثوقية العاملين واجتهادهم.

وقد تكون التغذية اليدوية صعبةً في الأقفاص الكبيرة، كما قد تتضاءل ميزات التغذية اليدوية في أحوال ضعف الرؤية.

مدافع الغذاء

تخفض مدافع الغذاء من العمالة البشرية المعنية بالتغذية اليدوية. يمكن اعتبار هذا النظام نظامَ تغذيةٍ نصف آلي، فالغذاء يُنقَل غالباً باليد إلى مدفع الغذاء في حين أن توزيعه مُمَكْنَنٌ.

يتكون النظام الأبسط من قادوس غذاء صغير (50 ليتر) متصلٍ بنافثٍ للهواء (اللوحات 104–106) أو بمضخةٍ للمياه (اللوحتان 107 و108) تعمل بوقود الديزل أو البنزين أو بمحرك هايدروليكي ذاك الذي يوزع الغذاء. وتبعَاً لحجم المحرك، يمكن أن يمتد تناثر الغذاء إلى 30 متراً.

تتفاوت عادةً طاقة توزيع الغذاء بين 25 و150 كغ/دقيقة.

تتوفر ناثرات الغذاء المِدفعية المتحركة بطيف واسع من الأحجام. ويمكن تشغيل أغلبها من قبل شخص واحد.

تشترك مدافع الغذاء مع التغذية اليدوية في القضايا المتعلقة بالتيارات والرياح وشهية السمك وغير ذلك. هذا وإن صيانة الجهاز وتأمين المحروقات هما قضيتان إضافيتان يجب أخذهما في الحسبان. يمكن أيضاً تركيب مدافع الغذاء على قوارب تغذية تُبنى خصوصاً لهذه الغاية من الألياف الزجاجية أو HDPE (اللوحة 109). يعتمد حجم مركب توصيل الغذاء على كمية الغذاء (عادة على هيئة حبيبات جافة) الواجب توصيلها.

أجهزة التغذية الذاتية الحركة

أجهزة التغذية الذاتية الحركة هي منظومات مؤتمتة بالكامل تُوَصِّل جرعة محددة من الغذاء إلى قفص معين في المواقيت المُختارة. وهي تتألف عموماً من ثلاثة مكونات رئيسة:

- قادوس الغذاء،
- جهاز التوزيع وتعيير الجرعة،
- جهاز التوقيت.

ثمة طيف واسع من الأسماء التجارية والتصاميم التي تتوفر بأحجام وطاقات مختلفة، وتمتلك وسائل متباينة لتعيير الجرعة وآليات مختلفة لنثرها. تُظهِر اللوحة 111 مثالاً لجهاز تغذية آلي عائم.

تُضبَط أجهزةُ التغذيةِ الذاتيةِ الحركة سواء منها الكهربائية أم تلك العاملة على المُدَّخِرات، تُضبَط بأجهزةِ توقيتٍ تُنَظِّمُ فترات التغذية والفواصل الزمنية بينها. يمكن استخدام وحدة تَحَكُّم مفردة لجهاز تغذية مفرد، أو منظومة تحكم مركزية لعديد من أجهزة التغذية.

لا يصلح عادةً هذا النوع من التجهيزات للتركيب في المواقع الشديدة التَّعَرُّض البعيدة عن الشاطئ، إذ أن العناصر الخفيفة من تلك التجهيزات ليست مصممة عادةً لتَحَمُّل البحار الهائجة.

اللوحة 110
مرافق خِدمِيَّة على اليابسة: صوامع silos لتخزين الشحنات الرَّكْمِيَّة موجودة على حافة الرصيف للسماح بتحميل سهل لقارب الغذاء

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 111
مغذيات ذاتية الحركة

مُجامَلَةً من *A.CIATTAGLIA*

اللوحة 112
تفاصيل منظومة غذاء مركزية تُظهِرُ وحدتين لتوزيع الغذاء ومنهما تَنقُلُ عدة أنابيب HDPE الغذاء إلى الأقفاص

مُجامَلَةً من *AKVA GROUP ASA*

اللوحة 113
أنابيب توصيل الغذاء تربط منظومة الغذاء المركزية بالأقفاص

مُجامَلَةً من *AKVA GROUP ASA*

منظومات التغذية المركزية

تخدم منظومة التغذية المركزية عدة أقفاص في آن معاً، ومن موقع أوحد يُحمَل الغذاء إليه ويُخَزَّن. تتميز هذه المنظومات ببعد اقتصادي، وإذ تنامت الأحجام المتوسطة لوحدات تربية الأحياء المائية تزايد الضغط طلباً لمزيدٍ من كفاءة التغذية، ونتيجة لذلك طوَّرَت منظومات التغذية طاقة أكبر. تكفل هذه المنظومات للمربي تحكماً أكبر ورقابة محسنة.

تتكون منظومة التغذية الذاتية الحركة عموماً من: وحدات تخزين لمقادير ضخمة من الغذاء (صوامع silos أو قوارب تخزين عائمة) (انظر اللوحة 110)، ووحدة نافِثَة، وصمامات دورانية، ونظام توزيع للغذاء، ونظام ضبطٍ لجهاز التغذية (اللوحات 111–114).

يخزن الغذاء في واحدة أو أكثر من الصوامع البرجية silos المركزية، من حيث يُنْقَلُ عبر بَريمةٍ إلى وحدةٍ لتحديد الجرعة (انظر اللوحة 106)، ثم يُنْقَلُ إلى وحدة الحَقْن. ومن هناك يُنفَث عبر الأنبوب الرئيس لنقل الغذاء ومن ثم عبر صمامِ توزيعٍ وأنابيب الغذاء الفردية إلى الأقفاص المُستَهدَفَة (انظر اللوحتين 112 و113).

تخفض منظومات التغذية المركزية إلى حد كبير من العمالة البشرية اللازمة للتغذية (والتي تُشكِّل تقليدياً كثافة عمالية)، إلا أنها تتطلب رأس مال كبيراً، وقد لا تكون المنظومات المتوضعة على اليابسة ملائمةً للمواقع الشديدة البعد عن الشاطئ أو للمزارع التي تتصف بتباعد وحداتها الإنتاجية / أقفاصها بعضها عن بعض.

إن النظم المعتمدة على المنصات والصوامع الضخمة العائمة تُظهِرُ انتشاراً متزايداً في المواقع البعيدة عن الشاطئ في عُرض البحر (اللوحة 114).

تتألف منظومات التغذية المركزية من المكونات التالية:

- صوامع silos لتخزين الغذاء، وهي متوفرة بطاقات استيعابية مختلفة. ويجب أن تكون مقاومة للتآكل. إن سلامة القائم على التَّشغيل وسهولة نقل الغذاء عنصران جوهريان يجب أخذهما بالحسبان.
- نافِثات الهواء التي تدفع الغذاء عبر الخطوط، وقد تعمل بالطاقة الكهربائية أو الديزل أو بالطاقة الهايدروليكية.
- صمامات دوارة تقيس الغذاء من الصومعة وتعزل القادوس عن تيار الهواء. تكون سرعة الدوران إما ثابتة أو متغيرة. أما وحدة التحكم بالسرعة فتُنَظِّم كمية الغذاء التي تنتقل عبر أنبوب التوزيع. من الأهمية بمكان سهولة بلوغ الصمامات فهي تحتاج صيانةً دورية.

اللوحة 114
منظومة غذاء مركزية مقامة على صَندَلٍ (طَوفٍ) مَبنِيٍ لهذه الغاية

مُجامَلَةً من AKVA GROUP ASA

- نظم توزيع (أو مَشَاعِب) تؤمن مخارجَ غذاءٍ عِدَّة من مُدْخَلٍ واحد. وهذا ما يجعل تغذية عديد من الأقفاص أو استخدام مخارج متعددة على قفص مُنفَرِدٍ كبير أمراً ممكناً.
- أنابيب توصيل الغذاء: إن التَّوَضُّع المضبوط لأنابيب توصيل الغذاء يُقلِّص من تلف حبيبات الغذاء. تُصنَعُ أنابيب توصيل الغذاء غالباً من البولي إيثيلين العالي الكثافة HDPE. هذا وإنَّ الحرارة المرتفعة (< 50 °م) تخفض من قوة الأنبوب ومقاومته للاهتراء بشكل واضح.
- إنَّ نظم التحكم بجهاز التغذية تُدار بالحاسوب، وتُراقِبُ هذه النظم حالَ المنظومةِ باستمرار.

يُتَحَكَّم بهذه النظم كلها بالحاسوب. وتتعزز قيمتها من خلال نظم متابعة المعلومات المرتدة أو نظم مراقبة الشهية التي تراقب الاستهلاك الفعلي للغذاء من قبل الأسماك.

ثمة أنماط عديدة من نظم مراقبة الشهية، بما في ذلك كاميرات الفيديو وعدادات الحبيبات.

يمكن تركيب كاميرات فيديو تحت الماء بداخل كل قفص. تُرْسَلُ إشارات الفيديو إلى وحدةِ مراقبةٍ (شاشة) بحيث يصبح بإمكان الموظفين المسؤولين عن مراقبة عملية التغذية تَفَقُّدُ حالات ضياع الغذاء، ويصبح بإمكانهم خفضُ نسبة الغذاء كما ينبغي. يعتمد هذا النظام على اجتهاد المُشَغِّل وعلى نقاء المياه.

9. إدارة المخزون السمكي

إنَّ التوصيات حول قضايا إدارة المخزون كالاحتياجات الغذائية وإدارة الأمراض والتداول متشابهة بغض النظر عن نظام الاستزراع المُتَّبَع (أقفاص، بِرَك ترابية، أحواض، وغير ذلك). لذلك، فالمعلومات المقدمة في هذا الفصل هي ذات طبيعة عامة ولا تختص تحديداً بتطبيقات التربية في أقفاص.

مراقبة الكتلة الحية وتقويمها

إن المعايير الحيوية التي تخضع للتحليل بغية تقويم نمو السمك هي واحدةٌ، بصرف النظر عن التقانة المستخدمة. فالأسماك المُرَبَّاة في بِرَك ترابية داخلية أو في أقفاص في عُرض البحر يمكن تقويمها باستخدام الطريقة نفسها (لتقويم النمو) والمعايير نفسها (حول أحوال النمو). إن بعض المؤشرات الأكثر نفعاً للتحليل موصوفة أدناه، بما في ذلك معدل تحويل الغذاء FCR ومعدل النمو النوعي SGR ودليل الحالة (CI).

معدل تحويل الغذاء (FCR) هو النسبة بين وزن الغذاء المقدم للأسماك والوزن المُكتَسَب من قِبَل الأسماك. إنه قياس لمدى فاعلية تحويل الأسماك غذاءها إلى كتلة جسمية (أي كسبٌ في الوزن). فعلى سبيل المثال، إن عادَلَ FCR 2.8 فذلك يعني أن إنتاج 1 كغ من وزن السمك الحي يتطلب 2.8 كغ من الغذاء.

$$FCR = \frac{\Sigma Feed}{W_1 - W_0}$$

حيث:

- إجمالي الغذاء ΣFeed هو كمية الغذاء الموزعة خلال فترة زمنية محددة $t_1 - t_0$،
- W_0 هي الكتلة الحية للأسماك في لحظة t_0 (بداية الفترة الزمنية)،
- W_1 هي الكتلة الحية للأسماك في لحظة t_1 (نهاية الفترة الزمنية).

معدل النمو النوعي (SGR) هو مقياس لسرعة نمو الأسماك خلال فترة زمنية محددة. إن نمو السمك المَقيس على أنه كسبٌ في الوزن نادراً ما يَتْبَعُ مَنْحًى خطياً، ولذلك يُستَخدَم اللوغاريتم الطبيعي (ln) لتحويل المعطيات.

$$SGR = 100 \frac{\ln W_1 - \ln W_0}{t_1 - t_0}$$

حيث:

- $t_1 - t_0$ هي المدة الزمنية (عدد الأيام)،
- W_0 هي الكتلة الحية للأسماك في لحظة t_0،
- W_1 هي الكتلة الحية للأسماك في لحظة t_1.

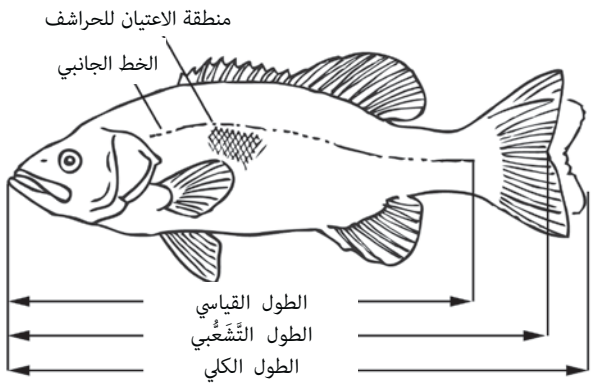
عامِل الحالة (K) أو دليل الحالة (CI) هو مقياس لتحديد كم هي ثقيلةٌ سمكةٌ ما بالنسبة لطولها. فالأسماك تكتسب الوزن بوتيرة أسرع من اكتسابها للطول، فتصبح أشد سُمْنَةً خلال نموها طولاً. يوفر عامل الحالة طريقة لمقارنة الحالة الصحية النسبية لمجموعات السمك. إن نوعاً مختلفاً سيمتلك أُسَّاً أو دليلاً مختلفاً، ولكنه واحدٌ من قرابة ثلاثة لأغلبها.

$$K = \frac{W}{SL^3}$$

حيث:

- W هو وزن السمكة
- SL هو الطول القياسي للسمكة

الشكل 55
المقاييس الرئيسة لأطوال السمك



المصدر: مَسرَد الفاو لمصطلحات تربية الأحياء المائية FAO Glossary of Aquaculture.

يقاس الطول القياسي من حافة فم السمكة إلى قاعدة الذيل، ولا يشمل الزعنفة الذيلية التي قد تتباين طولاً. يُبَيِّن الشكل 55 المقاييس الأكثر شيوعاً للأسماك. إن الاتِّساق في طريقة إجراء القياس هامٌ لأجل مقارنة النتائج بين الجماعات وعلى امتداد الوقت، لذا يجب أن يتدرب العاملون جميعهم على طرق القياس الدقيقة.

تَتَبُّع الأقفاص والجماعات

يمكن فقط ضمان التتبع في مزرعة قفصية إن كانت المعلومات المسجلة منظمةً وفقاً للجماعات وليس وفقاً للأقفاص. يشير ترقيم الأقفاص إلى موضع كلٍ من الأقفاص في منظومة الشبيكة، في حين أن جماعات السمك يمكن أن تنتقل من قفص لآخر خلال الدورة الإنتاجية.

يجب إعطاءُ رمزِ دُفعَةٍ فريدٍ وموحدٍ لكل جماعةٍ من الجماعاتِ السمكية الجديدة التي أُدخِلَت إلى المزرعة القفصية. يستخدم هذا الرمز لتسجيل المعلومات ذات العلاقة كلها لضمان امكانية التتبع. يقدم الجدول 36 مثالاً على ترميز الدفعات. يخصص رمز ثنائي الحروف لكل من الأنواع المرباة، ثم يتضمن كل من أرقام دفعاتها الرمز النوعي (حرفان) وسنة الزرع (رقمان) ورقم لاحق لكل دفعة من ذلك النوع. يشير المثال أدناه إلى الدفعة SB1105، التي هي الدفعة الخامسة من القجاج sea bream المزروع في المزرعة عام 2011.

الجدول 36
مثال على ترقيم الجماعات السمكية

رقم الدفعة	الرمز النوعي	عام الزرع	الرقم التقدمي
	SB	11	05

تقرير المخزون السمكي

بغية إدارة المخزون، يُقَدَّم تقرير المخزون أدوات التحكم الرئيسة لمختلف دفعات السمك. يجب أن يتضمن التقرير المعايير الحيوية كلها الأوثق علاقة والمعلومات التي تثبت فائدتها حول الدفعة بهدف إجراء تقويم سريع لحال كل من الدفعات.

يشير كل تقرير إلى فترة محددة، إما أسبوع (وهذا أفضل) أو شهر، وتشير المعلومات إلى كل دفعة من الدفعات.

سوف يتضمن التقرير الشامل للمخزون ضروب المعلومات المبينة في الجدول 37.

يمكن أن يتضمن التقرير أيضاً معلومات عن أي عينات سمكية أُخِذَت أثناء مدة التقرير. يجب أن تتضمن المعلومات عن العينات المأخوذة: رقم الدفعة، التاريخ، عدد أسماك العينة، متوسط الوزن المتوقع، الوزن المحسوب المشاهَد الفعلي، معامل الاختلاف (إنْ جرى الاعتيان إفرادياً).

الجدول 37
قائمة بالمعلومات الواجب تضمينها في تقرير المخزون السمكي الدوري لضبط إدارة كل من دفعات السمك

الإسناد	المعلومات	الوصف
1	الفترة	الفترة الزمنية التي يشير إليها التقرير: بدءاً من (T1) وانتهاءً بـ (T2)
عموميات		
2	رقم الدفعة (عدد)	كما هو موضح في الجدول 35
3	القفص	موضع الدفعة، أي رقم القفص حيث زُرِعَت الدفعة
a	الرقم الاستهلالي (عدد)	عدد الأسماك في T1 (معطيات من التقرير السابق)
b	النفوق (عدد)	عدد الأسماك النافقة خلال الفترة T2 – T1
c	العينة والتنقلات (عدد)	عدد أسماك "العينة" الخاضعة للتحليل، أو المنقولة من قفص لآخر
d	الرقم الختامي	عدد الأسماك في T2 (a – b – c – v)
e	الوزن (كغ)	متوسط الوزن في T2
f	الكتلة الحية الاستهلالية (كغ)	الكتلة الحية في T1 (معطيات من التقرير السابق)
g	الكتلة الحية الختامية (كغ)	الكتلة الحية في T2 (e × d)
h	نمو السمك (%)	(g – f) / f × 100
i	العينة الأخيرة (التاريخ)	تاريخ الاعتيان الأخير
التغذية		
j	الغذاء المقدم	الغذاء الموزع خلال الفترة T2 – T1
k	التغذية اليومية (%)	نسبة الغذاء اليومي للفترة 100 × ([f + g]/2) / (j/n)
m	الغذاء الكلي التراكمي (كغ)	الكمية الكلية للغذاء المقدم اعتباراً من تاريخ الزرع (m من الفترة السابقة + j)
n	أيام التغذية (عدد)	عدد أيام التغذية خلال الفترة
النفوق		
o	النفوق (%)	(b / a) × 100
p	النفوق خلال فترة التقرير السابق (%)	المعطيات من التقرير السابق
q	نسبة النفوق (منحى)	منحى النفوق بمقارنة فترة التقرير الحالي بالفترة السابقة (أعلى، أدنى، مستقرة)
r	النفوق التراكمي (عدد)	العدد المتراكم من الأسماك النافقة المسجلة اعتباراً من تاريخ الزرع (p + b)
s	النفوق التراكمي (%)	(r / C) × 100
t	النفوق التراكمي ككتلة حية (كغ)	الكتلة الحية للنفوق (b × e)، مضافة لـ t السابقة [النفوق التراكمي ككتلة حية (كغ)]
الحصاد		
v	الحصاد خلال فترة التقرير (عدد)	عدد الأسماك المصيدة خلال فترة التقرير
w	الحصاد خلال فترة التقرير (كغ)	الكتلة الحية المصيدة خلال فترة التقرير
x	الحصاد التراكمي (عدد)	العدد الكلي للأسماك المصيدة اعتباراً من تاريخ الزرع إلى T2
y	الحصاد التراكمي (كغ)	الكتلة الحية المصيدة الإجمالية اعتباراً من تاريخ الزرع إلى T2
المنشأ		
z	تاريخ الزرع (تاريخ)	
A	عدد الأيام قيد التنمية (عدد)	عدد الأيام اعتباراً من تاريخ الزرع حتى تاريخه (z – T2)
B	المَفْرَخ	المَفْرَخ الذي زوَّد المزرعة بالزريعة
C	العدد الاستهلالي (عدد)	عدد الأسماك المستلمة من المَفْرَخ
D	الكتلة الحية الاستهلالية (كغ)	(C × E)
E	متوسط الوزن الاستهلالي (غ)	متوسط الوزن عند الزرع
معدل تحويل الغذاء FCR ومعدل النمو النوعي SGR		
F	معدل النمو النوعي SGR التراكمي	SGR المحسوب اعتباراً من تاريخ الزرع (z) إلى T2 [اللوغاريتم الطبيعي لـ (+ g + y + t) - اللوغاريتم الطبيعي لـ (D)] مقسوماً على 100 × A، أي المعادلة أدناه من اليسار إلى اليمين:100 × (ln [g + y + t] – ln [D]) / A
G	معدل النمو النوعي SGR خلال فترة التقرير	SGR المحسوب اعتباراً من T1 إلى T2. (اللوغاريتم الطبيعي لـ [g + w] ناقص اللوغاريتم الطبيعي لـ [f]) مقسوماً على (عدد الأيام خلال الفترة) × 100، أي المعادلة أدناه من اليسار إلى اليمين: 100 × (ln [g + w] – ln [f]) / (number of days over the period)
H	FCR التراكمي، اقتصادياً	FCR المحسوب اعتباراً من تاريخ الزرع إلى T2 = (m / [g + y – D])
I	FCR التراكمي، حيوياً	مماثلاً لـ FCR التراكمي، ولكن يُؤخَذ أيضاً في الاعتبار معدل النفوق التراكمي (m / [g + y + t – D])
J	FCR الخاص بالفترة	FCR المحسوب اعتباراً من T1 إلى T2 (j / [g – f])
الكثافة		
K	كيلوغرامات في المتر المكعب	الكثافة مُعبراً عنها بالكيلوغرامات في المتر المكعب (كغ / حجم القفص)
L	كيلوغرامات في المتر المربع	الكثافة مُعبراً عنها بالكيلوغرامات في المتر المربع (كغ / مساحة سطح القفص)
أشياء أخرى		
M	التداول	ملاحظات عن الأحداث الخارجية المؤثرة في الأسماك (مثلاً الاعتيان وتحديد مواضع التجهيزات الحصاد)
N	الحالات المرضية	ملاحظات عن أمراض محتملة ومعالجات خلال فترة التقرير

اللوحة 115
تُصطاد الأسماك بواسطة شبكة جَيْبِيَّة

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 116
تُصطاد الأسماك بواسطة شبكة غَرْفٍ يدوية

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 117
حوض صغير للاحتفاظ بالأسماك على ظهر مركبِ خدمةٍ مبطنٍ بالشباك من الداخل

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اعتيان الأسماك

يوصى بشدة أن يتولى مربو الأسماك دورياً اعتيان كل من الجماعات السمكية لتفقد معدل النمو وتسجيل الملاحظات حول حالتها الصحية. يجري أخذُ العينة السمكية وَفقاً لمقارباتٍ عدةٍ كالتالي:

1– اعتيان حي على طرف القفص. التقطْ السمك، خُذْ الملاحظات وأنت على سطح قارب المزرعة، ثم أطلقْ السمك ثانية في القفص (انظر اللوحات 115–120). هذه هي الطريقة الأكثر فاعلية زمنياً، ولكن يجب أن يكون القارب مجهزاً بميزان مُعَلَّق وحوض (ربما يتضمن منظومة تهوية) وحاويات صغيرة لعملية وزن السمك وشبكة صيد وشبكة غَرْفٍ يدوية. يتم الإجراء على النحو الآتي:

- يُرسى القارب إلى جانب القفص.
- يقع عدد كبير من الأسماك (قد يبلغ وزنه طناً واحداً) فريسة الشبكة الجيبية (اللوحة 115). يمكن أن يقوم غواص بالمساعدة في الإيقاع بالأسماك وضمان أن تكون عينة الأسماك ممثِّلة لمجموع أسماك القفص (بما في ذلك الأسماك الأصغر والأضعف التي غالباً ما توجد قرب قاع القفص).
- يُحْمَلُ عدد صغير من الأسماك (قرابة 200–300 سمكة) إلى الحوض على سطح القارب بالاستعانة بشبكة الغرف اليدوية (اللوحتان 116 و117). إن كانت الأسماك مرهفة الحساسية جَرَّاء التعامل بها، يمكن إضافة جرعة من المخدر إلى ماء الحوض. قد يكون الحوض مزوداً بشبكة داخلية يُمكن رفعُها لجمع الأسماك سريعاً عندما يتبقى بضع أسماك في الحوض عند إنجاز العملية.
- توزن الأسماك وتحرر ثانية في القفص (اللوحات 118–120). يمكن إجراء هذه العملية على أسماك مفردة أو على مجموعات من الأسماك. يُعَدُّ الخيار الأخير أسرع، إلا أنه لا يقدم معلومات حول التباين الحجمي، الذي يصبح ضرورة إن كانت الدُّفعة ستُصطاد أو ستباع في القريب العاجل.

2– اعتيانٌ حيٌّ على الشاطئ. تتلخص الطريقة العامة في اصطياد الأسماك ونقلها إلى أماكن مخصصة على اليابسة لإجراء القياسات ومن ثم إعادة الأسماك إلى القفص. ينصح بهذه الطريقة البديلة إن كانت حالة البحر هائجة ما قد يدفع بالميزان لإعطاء قراءات خاطئة. إن هذا الإجراء شديد الشبه بالطريقة الموصوفة أعلاه باستثناء أنه في هذه الحال ستبرز الحاجة لحوضين وكلاهما يجب أن يكونا مجهزين بمنظومة تهوية. على المرسى، يجب وضع الميزان قرب القارب. تنقل الأسماك التي جرى وزنها من حوض لآخر عقب كلِ عمليةِ وزنٍ على اليابسة.

3- اعتيان نهائي. تُجمَع عينة من الأسماك وتُقتَل ثم تُنقَل إلى التسهيلات المقامة على اليابسة للقياس. يُفَضَّل هذا الخيار إن تطلب الأمر إجراء قياسات أكثر دقة. في هذه الحال، يمكن قياس طول كل من الأسماك على حِدة ووزنها بدقة. عِلاوة على ذلك يمكن إجراء تَقَصٍ مَرَضي في الموقع أو في مخبر متخصص.

يمكن أخذ عينات السمك كما هو موصوف أعلاه ومن ثم قتلها بالصدمة الحرارية في حوض مملوء برَدْغَةِ slurry مياه البحر والثلج (انظر الفصل 10). إن اقتضى الأمر أن يتضمن تحليل الأسماك تَحَرِّي وجود الطفيليات، فمن الواجب قتل بعض الأفراد بالصدم الصاعق باستخدام الأداة المناسبة كالمطرقة الخشبية أو العصا المعدنية لإحداث تَهَشُّمٍ في الرأس في المنطقة التي تعلو العينين (المنطقة المتاخمة للدماغ). إن الصدم الصاعق ضروري لأن الطفيليات الخارجية قد تنفصل عن عائلها في رَدْغَةِ الماء والثلج. دائماً احتفظ بالسمكة مبردةً عقب الصدم الصاعق.

تنويه: يتوفر عدد من المواد الكيماوية كمستحضراتٍ مخدرةٍ للأسماك كتلك المسماة 2 – phenossietyhanol أو زيت القرنفل أو MS–222. تختلف مستويات التركيز ومدة تَعَرُّض الأسماك للمستحضر باختلاف النوع ودرجة حرارة المياه ومدة الركون اللازمة، علاوة على ذلك، بموجب الضوابط المحلية، فقد تكون الكيماويات مشروعة أو لا، لذلك يجب الاعتماد على المستحضرات المشروعة حصراً. تأكد من أن الحوض قد صُرِفَ ماؤه وغُسِلَ وأُعيدَ مَلؤه بماء بحرٍ نظيفٍ عقب الاعتيان من كل قفص، ذلك لمنع تلوث عينات الطفيليات.

اللوحة 118
الأسماك قيدَ العد والاعتيان في مجموعات صغيرة

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 119
يُقاسُ الوزن لكل مجموعة من الأسماك

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

اللوحة 120
تفاصيل ميزان مُعَلَّق مع إطاره المحمول

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

10. الحصاد والتغليف

تنتهي الدورة الإنتاجية بحصاد السمك عندما تكون الأسماك قد بلغت الحجم التسويقي المرغوب وأصبح بيعها ممكناً.

إن التوافر المنتظم والعرض المستقر لأسماك عالية الجودة هما عاملان من العوامل الرئيسة التي تميز تربية الأحياء المائية عن صيد المخزونات الفطرية. وهذا يمثل ميزة من وجهة النظر التجارية، ولكنه في الوقت ذاته يعني أيضاً مسؤوليات نوعية على عاتق المنتجين. إذ يمكن للمنتجين أن يخفقوا في التزاماتهم التعاقدية مع زبائنهم من حيث توفير المُنتَج في الأيام المحددة مسبقاً وبالكميات الدقيقة.

إن بعض تقانات الحصاد موصوفة بالتفصيل أدناه. يعتمد اتخاذُ القرار حيال اعتمادِ تِقانةٍ من التقانات على خبرة القائم على التشغيل وكذلك على عوامل أخرى كأنموذج الأقفاص وأحوال البحر والأحوال الجوية في وقت الحصاد، وعلى كمية الأسماك اللازم حصادها والنوعِ المُستَهدَفِ وكثافة السمك ضمن القفص. إن الحصاد عملية جوهرية تتطلب استخدام عمال وغواصين مدربين وحاذقين. ويجب التخطيط للكميات اللازم حصادها من الأسماك من كل قفص قبل وقت كافٍ، ومن المفيد وضع مخطط تقني لتنسيق عمل طاقم الحصاد.

تتضمن المشاكل الشائعة – التي يمكن مواجهتها خلال عمليات الحصاد – حصادَ العدد الخاطئ من الأسماك أو الإضرار بالأسماك أو الإخفاق في تبريد الأسماك المَصيدة بالشكل الأنسب. تلك هي مشاكل حساسة ويجب إيلاء الاهتمام الكافي لتجنبها:

حصاد كمية لا تفي بالغرض من الأسماك

إن لم تُسفر المحاولة الأولى عن كمية كافية من الأسماك تفي بمتطلبات الحصاد، فيجب إجراء محاولات لاحقة. قد تكون عمليات الحصاد المتكررة بكنس الشباك صعبةً، ففي بعض الأحيان قد تحتاج شبكة الصيد إلى صيانة على اليابسة، أو قد لا يتوفر عدد كافٍ من أسطوانات الرئة المائية، أو أن الغواصين قد شارفوا على استنفاد الزمن الأقصى المسموح لهم به في الأعماق. علاوة على ذلك فإن الحصاد بالكنس المتكرر للشباك يُجهِد الأسماك في القفص، وما يتبع ذلك من محاذير مَرَضِيَّة أو فقدانٍ للشهية.

حصاد كمية تفيض كثيراً عن الحاجة

إن جرى اصطياد كمية من الأسماك تفوق تلك المطلوبة، فقد لا يتوفر العدد الكافي من الحاويات أو الكمية الكافية من الثلج، ما قد لا يسمح بالمحافظة على السلسلة الباردة.

من جهة أخرى فإن تحرير الأسماك الفائضة عقب اصطيادها بشبكة الحصاد الجيبية قد تنتهي إلى إجهادٍ أو إخافةٍ أو نفوق.

الضرر الذي يلحق بالأسماك المَصِيدَة أو بالأسماك المتبقية في القفص

قد يتسبب ذلك بخسارة اقتصادية نتيجة لانخفاض قيمة الأسماك المَصِيدَة أو الوفيات المتزايدة في مخزون القفص.

انقطاع السلسلة الباردة أثناء الحصاد أو التعليب أو التجهيز

يمكن أن يؤدي ذلك إلى منتجات غير قابلة للبيع، لأن سلامة الغذاء وجودته تستوجب أن تُبَرَّد الأسماك سريعاً وأن تبقى باردة على مدى مراحل التجهيز.

التحضيرات السابقة للحصاد

اعتيان الأسماك

إن كان قفصاً ما، سيُحصَد للمرة الأولى، فمن حسن التصرف اعتيان أسماكه بضعة أيام قبل موعد حصاده، ذلك للوقوف على متوسط الوزن وتَوَزُّع الحجم. سيؤكد الاعتيان ما إذا كان الوزن وفقاً للعينة متوافقاً والوزن المتوقع. وهذا سوف يستبعد حصاد دفعة لم تبلغ بعد الحجم التسويقي المطلوب.

تجويع الأسماك

من الهام تجويع الأسماك قبل حصادها للإبقاء على العملية نظيفة وغير عُرضةٍ للإجهاد بالقدر الممكن. يخدم تجويع الأسماك الأهداف الآتية:

- منع الغذاء المهضوم جزئياً من أن يُتَقَيَّأ في أحواض النقل، ومنع المواد البرازية من أن تتحرر فيها والتَّسبب في نَتَنِ رَدغَةِ الثلج أو رَدغَةِ الماء المالح المثلج.
- التخلص من بقايا الغذاء من الأمعاء، ما يزيد من فترة الصلاحية لأن الغذاء غير المهضوم سيتحلل.
- خفض الإجهاد الشامل للسمك المُستَزرَع: إنها ممارسة حميدة أن تُجَوَّع الأسماك قبل أي عملية تداول (حصاد، نقل، استبدال شباك، وغير ذلك) إذ لوحِظَ أن التجويع يزيد من مقاومة الأسماك لمثل هذه المناسبات المُجهِدَة.

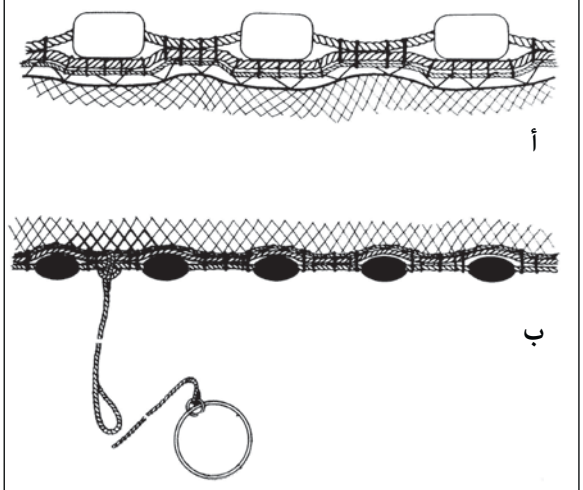
إن كانت الأسماك قد غُذِّيَت بغذاءٍ حاوٍ على علاجات طبية، تأكد من أن فترة الانقطاع قد انقضت قبل الحصاد.

تحضير التجهيزات

نَظِّمْ التجهيزات الضرورية كلها مسبقاً، بما فيها الشباك والحاويات ومعدات الغواصين وأسطوانات الرئة المائية. تأكد من كميات الثلج لضمان أن الكمية المناسبة منه ستُنقَل إلى موقع القفص (انظر المقطع أدناه حول التجهيز والتعليب).

إن كان القفص سيُحصَدُ للمرة الأولى، سيكون مكتظاً بالأسماك وبالتالي فإن عملية الحصاد يجب أن تتم بعناية. على عمال المزرعة تَجَنُّب اصطياد عدد فائض من الأسماك (انظر الاعتبارات أعلاه). يُنصَحُ بأن يتفقد غواصٌ المخزونَ داخل القفص بضع ساعات عقب الحصاد للتأكد من أن الأسماك المتبقية لم تُعانِ من عملية الحصاد.

الشكل 56
تفاصيل بنية الخط العائم والخط الغاطس لشبكة جيبية



ملحوظة: تفاصيل بنية الخط العائم (الحبل العلوي) (أ) والخط الغاطس (الحبل القاعدي) (ب) لشبكة جَيْبِيَّة. لاحظ أن الشبك مخيطٌ بإحكام على كل من الخطين العائم والغاطس بحيث لم يُترَك أي مسافات حرة. ومن أجل أن تلعب شبكة السينة دور "شبكة جيبية"، تُثَبَّتُ حلقات "الخط الجيبي" على الخط الغاطس

طرق الحصاد

الشبكة الجيبية

تُعَدُّ تِقانةُ الشبكة الجَيبيَّة مناسبة عندما يتطلب الأمر حصاد كميات كبيرة من الأسماك أو إفراغ القفص كلياً. إنها تستخدم شبكة صيد كبيرة يبلغ طولها طول محيط القفص على الأقل، وذلك للإحاطة بالأسماك الموجودة في القفص جميعها.

تكون الشبكة الجَيبيَّة النظامية مستطيلة الشكل مصنوعة من نسيج شبكي خفيف (مثلاً نايلون 210/24) لتسهيل التداول، وذات عيون قياسها يتناسب وحجم الأسماك.

تمتلك الشبكة الجَيبيَّة طوافات على الخط العلوي (الحبل القِمِّي) (الشكل 56أ)، في حين أن الخط الأدنى (الحبل القاعدي) مزود بخط رصاصي مَخيطٍ به (الشكل 56ب) لضمان التوجيه الصحيح في عمود الماء.

يجب أن تكون مقاييس الشبكة الجَيبيَّة:

الارتفاع = ارتفاع جدار القفص + سدس قطر القفص

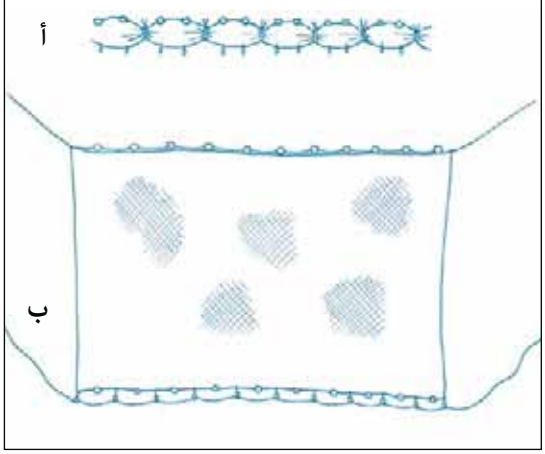
الطول = محيط القفص

يعتمد تحديد مقاييس الطوافات والمُغْرِقات على مقاييس القفص والكتلة الحية الواجب حصادها، فكلما كان حجم القفص أكبر والكتلة الحية الواجب حصادها أكبر كلما تطلب الأمر قوة طُفُوٍّ أكبر وقوة إغراقٍ أكبر.

على امتداد طول الحبل القاعدي تُربَطُ حلقات الزَّم التي يمر عبرها خط الزَّم ويمتد للأعلى إلى العاملين على السطح. عندما يُشَدُّ خطُ الزَّمِّ هذا بإحكام، سينغلق الجزء الأسفل من الشبكة ("جَيْب") وستصبح شبكة الصيد كلها على شكل كيس ذي قعر محكم الإغلاق.

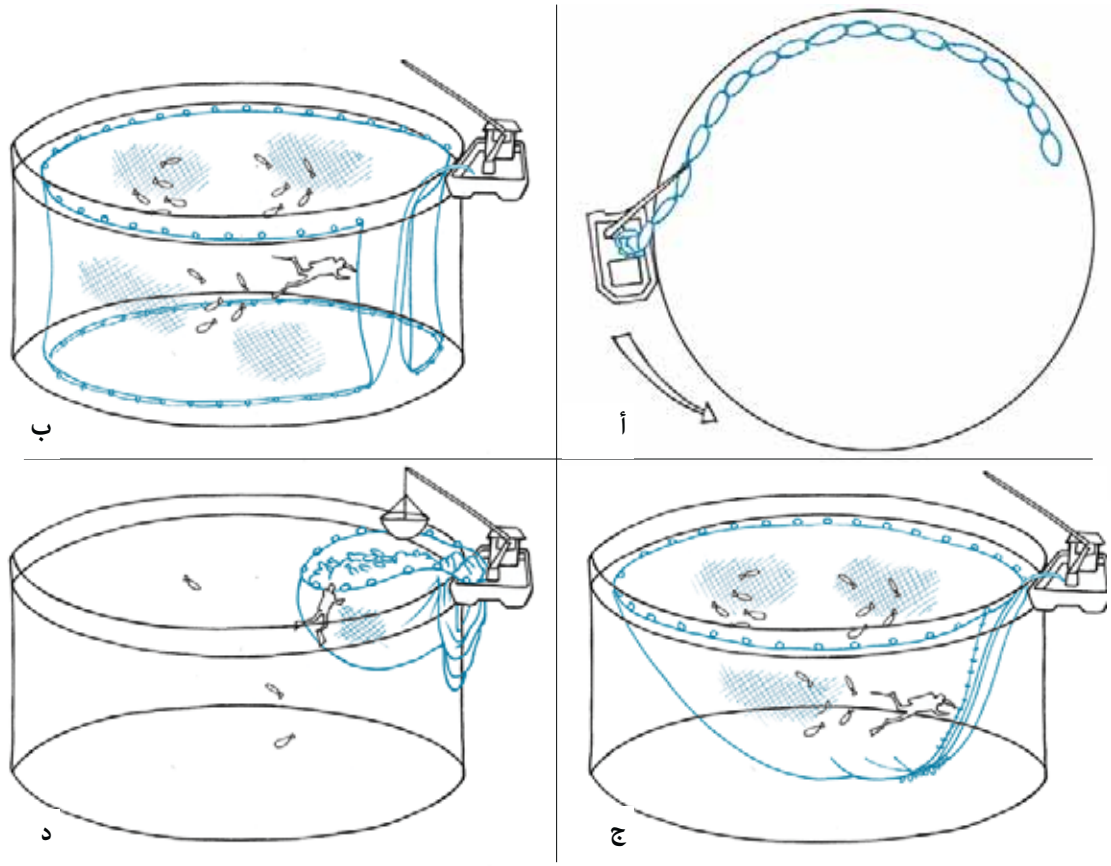
في التحضير للحصاد تُجمع الشبكة الجَيبيَّة بحيث يمتد الحبل العلوي قريباً من الحبل القاعدي وموازياً له. ثم يُؤَمَّن الحبل العلوي بخطوط رَزْمٍ قصيرة تُربَطُ بأسلوب العقدة السريعة الحَلّ (الشكل 57).

الشكل 57
شبكة جَيبيَّة معدة للحصاد (أ)، وبمجرد إنزالها في الماء (ب)



تُحزَم الشبكة بالطريقة التي تُمكِّن من وضعها داخل القفص حول المحيط إلى أن تقترب نهايتاها المتقابلتان بعضهما من بعض، وعادة يجب أن تلتقي النهايتان حيث يكون القارب مُرسًى (الشكل 58أ). عند الاستعداد، تُحَرَّر خطوط الرزم سريعاً بحيث يمكن أن يغوص خط الرصاص الغاطس سريعاً إلى القاع (الشكل 58ب).

الشكل 58
نظام الحصاد بالشبكة الجيبية



يتفقد الغواصون الشباك للتأكد من أن الشبكة مُتوضِّعة بالشكل المناسب وأنها ليست عالقة بشيء ما أو ملتوية. ثم تُجمع النهايتان العموديتان للشبكة معاً بالأحزمة اللَّدَنية لربط الكابلات (الأحزمة السَّحابَة).

تتألف المرحلة التالية من إغلاق حبل الرصاص لشبكة السينة، وذلك بسحب الخط الجيبي للحصول على شكل كيسي مغلق ومنفصل عن شبكة قفص المزرعة (الشكل 58ج). في هذه المرحلة يكون هدف الغواصين ضمان ألا يرتفع خط الرصاص بعيداً عن أرضية شبكة القفص إلى أن ينغلق الجيب نهائياً وبحيث لا تتمكن الأسماك من الهروب من القاع.

بمجرد أن يحاط بالأسماك وقبل رفع الشبكة، من الهام أن يقوم الغواصون بإجراء تقديرٍ بصريٍ لعدد الأسماك لتَجَنُّب الحصاد المفرط، إذ يمكن للغواصين تحرير الكميات الفائضة من الأسماك لتعود إلى شبكة القفص عبر قعر الشبكة الجيبية قبل انغلاقه كلياً.

اللوحة 121

غَرْفُ الأسماك من قفص المزرعة العائمة. أ) الأسماك ذوات الحجم التسويقي تتكدس بكثافة في شبكة سينة، ب) غَرْفُ الأسماك باستخدام رافعة على ظهر القارب، ج) شبكة غَرفٍ مثبتة بأسلوب سريع التَّحَرُّر، و د) الأسماك المصيدة تُحَرَّر في حاوية الجمع

مُجامَلَةً من *TECHNOSEA SRL*

مُجامَلَةً من *F. CARDIA*

عندما يكتمل إغلاق الجيب، تُرفَع الشبكة إلى القارب من قبل العمال بمساعدة الرافعة إن لزم الأمر (الشكل 58د).

عندما ترفع الشبكة إلى القارب ويصبح خط الالتحام خارج الماء، تُقطَع الأحزمة السَّحابَة اللَّدَنية التي تربط النهايتين العموديتين معاً، وتُفتَح الشبكة وتمدد على امتداد السياج.

يجب الانتباه إلى تجنب إلحاق الضرر بالأسماك أو وقوعها فريسة أي من طيات الشبك.

عند سحب الشبكة يتناقص الحجم المتاح داخل الشبكة الجيبية إلى أن تبدأ الأسماك بالظهور على السطح. في هذا الوقت ما زال من الممكن تحرير بعض من الأسماك الفائضة وذلك ببساطة من خلال غمر الخط العائم.

عندما يتم التأكد من أن الكمية اللازمة من الأسماك قد استوفيت، والشبكة قد ثُبِّتَت على السياج، تُجمع الأسماك بواسطة شبكة غَرْفٍ خاصة (تُعرَفُ أيضاً بـ "الشبكة الجامعة " أو "شبكة الإرساء") (اللوحة 121). بالاستعانة برافعة القارب، تجري المناورة بشبكة الغَرْفِ هذه التي يمكن فتح قعرها بإثارة نظام التحرير السريع الذي يسمح بتحرير الأسماك في الصناديق عبر القعر المفتوح دون الحاجة لقلب الشبكة. إن إطار شبكة الغَرْفِ مصنوع من الفولاذ، وقاعدتها تُغلَقُ بسلكٍ مارٍ عبر عديد من الحلقات، وهو مثبت على قمة لجام شبكة الغَرْفِ (السهم الأحمر في اللوحة 121ب)، ومنه على نظام الإغلاق الآلي (أي زناد خطافي سريع التَّحَرُّر). عندما يُحَرَّر السلك، تنفتح قاعدة شبكة الغَرْفِ وتتحرر الأسماك.

شبكة السينة اليدوية

التقانة *1*

تُشبه تقانة الحصاد هذه تلك التقانة المتبعة في طريقة الشبكة الجيبية الموصوفة آنفاً، ولكن عرض السينة هنا أصغر (من ثلث إلى نصف محيط القفص). إنه من الأسهل التعامل مع شبكة أصغر وهي تستخدم بطريقة مختلفة. يتطلب هذا الأسلوب عدداً أقل من العمال وهو مناسب للاستخدام عندما يتوجب حصاد عدد محدود من الأسماك، أو عندما يكون قفص ما، مزدحماً بكثافة.

توضع شبكة السينة عمودياً داخل القفص وذلك من القارب الذي قد أُرسِيَ على طوق القفص (الشكل 59أ).

يثبت الغواصون إحدى نهايتي الشبكة على جدار القفص باستخدام الأحزمة اللَّدَنية لربط الكابلات (الأحزمة السَّحابَة).

تسحب النهاية الحرة للسينة من قبل الغواصين على امتداد محيط القفص (الشكل 59ب) إلى أن تنغلق الدائرة بالطرف المقابل من السينة (الشكل 59ج).

يمكن عندئذ تأمين طرفي السينة بواسطة بعض الأحزمة اللَّدَنية لربط الكابلات (الأحزمة السَّحابَة)، في حين تُقْطع الأحزمةُ السابقُ ربطُها على جدار القفص لتحرير شبكة السينة.

بَدْءاً من هذه المرحلة، تُطَبَّق الخطوات السالف ذكرها في الشبكة الجيبية (الشكل 59د).

التقانة *2*

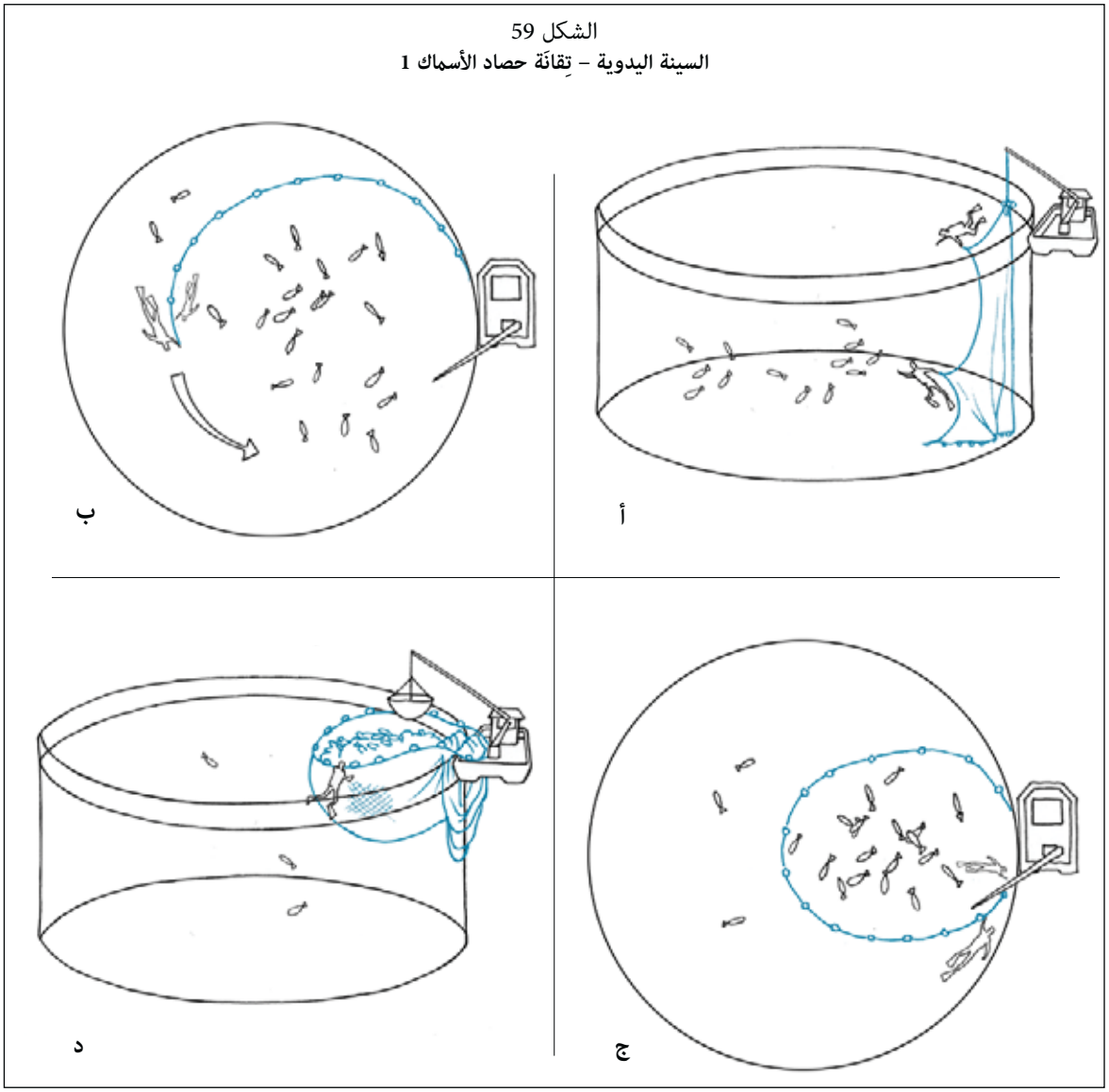
تُنَزَّل الشبكة في القفص في الجانب المقابل للقارب (الشكل 60).

تُسْحَب شبكة السينة ببطء من قِبَل المُشَغِّلين على القفص، كما يدفع الغواصون الشبك مع إبقائه قريباً من جدار القفص. يتأكد الغواصون أيضاً من أن خط الرصاص يتحرك قُدُماً مع باقي أجزاء الشبكة (الشكل 60أ). إن الغواصين مسؤولون عن تقدير عدد الأسماك في الشبكة وعن السماح للبعض بالهروب من السينة اليدوية وفقاً للحاجة.

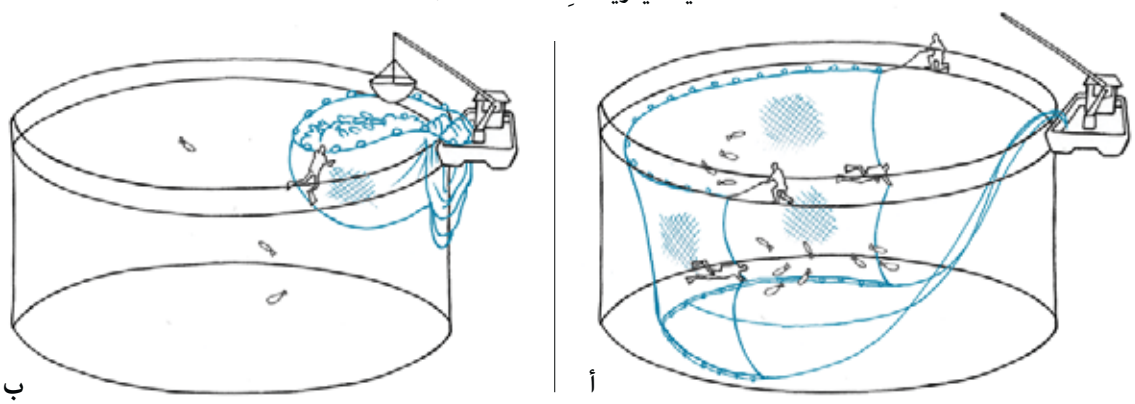
يمكن التعامل مع خط الرصاص من القارب عبر حبالٍ متصلةٍ بأسفل الشبكة. يُستَكمَلُ السحب بالحبال المُتعامَل بها من قِبَل الطاقم على ظهر القارب.

يُرفَع خط الرصاص ويُغلَق الجزء القاعدي من الشبك (الشكل 60ب). بمجرد أن يتشكل الكيس الجيبي، يمكن عندها مباشرة العمل بالحصاد كما هو موصوف أعلاه.

الشكل 59
السينة اليدوية – تِقانَة حصاد الأسماك 1



الشكل 60
السينة اليدوية – تِقانَة حصاد الأسماك 2



أسلوب شبكة الرفع

يُعَدُّ أسلوب الحصاد بشبكة الرفع بسيطاً وفعالاً. وشبكة الصيد المستخدمة بخسة الثمن وبسيطة التصميم. ليس لشبكة الرفع طوافات ولا مُغْرِقات. إنها مستديرة الشكل ذات قطر أقله 1.5 مرة قطر القفص. وهي مُقَوَّاة بحبلين متقاطعين بالتعامد، وهي أيضاً مزودة بعديد من الخطاطيف ("خطاطيف نتاشة" أو الوصلات المسماة "carabineers" وهذه أفضل) على طول محيطها.

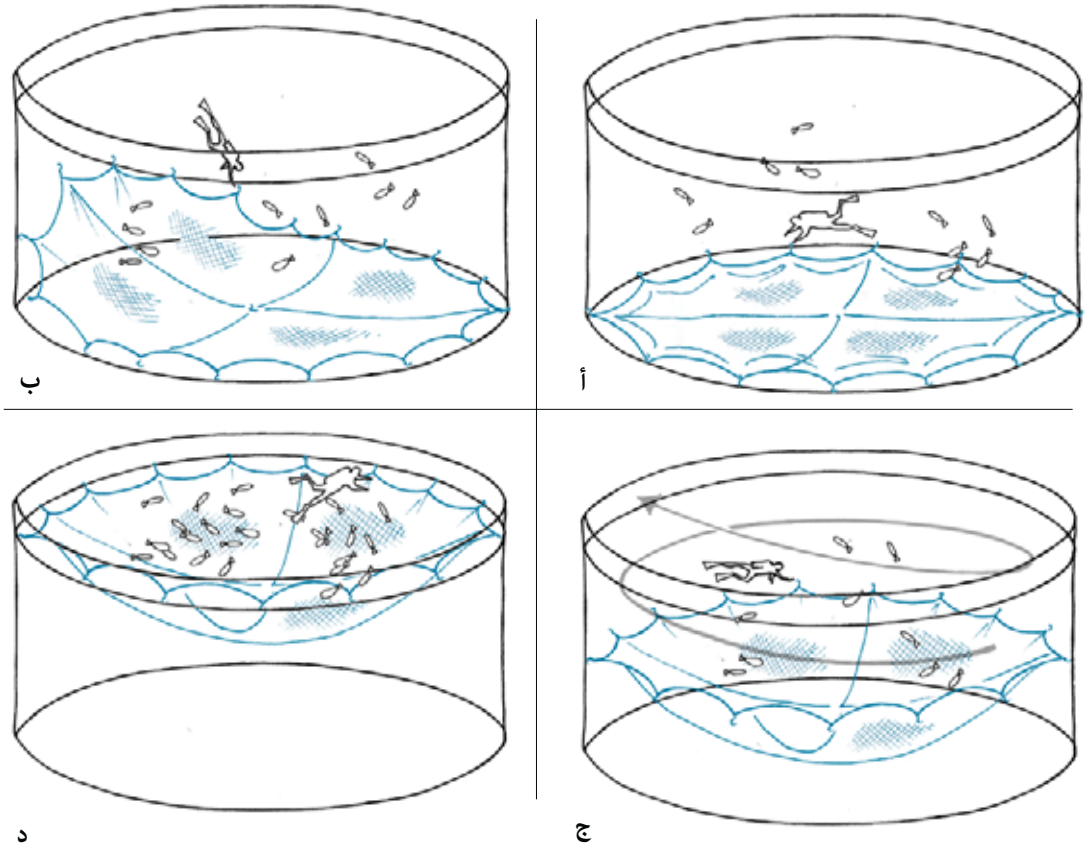
يتألف الجزء الأول من العملية من مَدِّ شبكة الرفع كلياً على قاع القفص (الشكل 61أ).

يقوم غواص أو اثنان برفع الشبكة تدريجاً إلى السطح (الشكل 61ب).

تُجرَى هذه العملية على التدريج، حيث يسبح الغواصان من الأسفل إلى الأعلى في مسار حلزوني (الشكل 61ج). تُنزَع الخطاطيف ثم يعاد تثبيتها على جدار القفص تَقَدُّماً للأعلى فالأعلى، بحيث أنه عقب عدد من الجولات، تصبح شبكة الرفع قريبة من السطح (الشكل 61د).

عندما تصبح شبكة الرفع تماماً عند السطح، تُسحب من قبل طاقم السطح بحيث تصبح شبكة الرفع قريبة من قارب الحصاد. تُتَابع عندئذ عملية الحصاد كما في أساليب الحصاد الأخرى الموصوفة أعلاه.

الشكل 61
أسلوب شبكة الرفع



ملحوظة: تُنْشَر شبكة الرفع المجهزة بخطاطيف على محيطها على أرضية شبكة القفص. يسبح عندئذ الغواصون من القاع إلى الأعلى مُتَّبِعِين مساراً حلزونياً (السهم الرمادي)، ويثبتون شبكة الرفع خطافاً عقب خطاف على الجدار الشبكي تِباعاً وقُدُماً للأعلى إلى أن يُرفع محيط شبكة الرفع بكامله خارج الماء.

قفص حصاد داخلي صغير

يمثل هذا الأسلوب استراتيجية لتسهيل الحصاد اللاحق دون التأثير على باقي أسماك القفص، وذلك باحتواء زُمرةٍ فرعيةٍ من الأسماك في قفص داخلي. يُرَكَّبُ قفص مستطيل صغير داخل قفص المزرعة (اللوحة 122 والشكل 62).

إن لهذه الطريقة ميزات مضاعفة:

- سوف يقتصر صيام السمك على الدفعة الكائنة داخل "قفص الحصاد" الصغير، في حين سيستمر تقديم الغذاء بانتظام لباقي الأسماك.
- إن الحجم المصغر لقفص الحصاد الصغير سيسهل من عمليات الحصاد، التي ستكون أسرع وسوف تتطلب استخدام عدد أقل من العمال والمعدات.

فعلى سبيل المثال، إن قفصاً قطره 19 م ومحيطه 60 م وارتفاع جداره 10 م يمكن أن يُجَهَّزَ بقفص أصغر قرابة 10 × 4 × 10 م ارتفاعاً.

إن للطرف الجانبي لقفص الحصاد الداخلي باباً يمكن إغلاقه بِزِمامٍ منزلق يمتد على طول ثلاث حواف من قفص الحصاد بحيث يمكن فتح الجانب بكامله تماماً (الشكل 62أ). تتكون الطريقة من سَوْق الكمية المرغوب فيها من السمك إلى داخل القفص الصغير. يجب أن تكون الكمية كافية لأجل عدة عمليات حصادٍ لاحقةٍ التي ستجري على مدى الأيام القليلة القادمة.

لملء قفص الحصاد، يمكن استخدام السينة اليدوية (التِّقانَة 1) كما هو موضح أعلاه. يكمن الفرق في أن نهايتي السينة العليا والسفلى مُلتَحِمَتين بالجانب المفتوح من قفص الحصاد. يُناوَر بالسينة اليدوية بحيث تكون نهاية قفص الحصاد مفتوحة (لشكل 62ب). إن جدار السينة المُوَجَّه من قِبَل الغواصين سيدفع بالأسماك إلى داخل قفص الحصاد. ثم يمكن إقفال الجدار المفتوح لإنهاء العملية (الشكل 62ج).

يمكن إجراء الحصاد من قفص الحصاد الصغير باستخدام إحدى هاتين الطريقتين:

- سينة يدوية مستطيلة مشابهة لتلك الموضحة أعلاه ولكنها ذاتُ قياسٍ أصغرَ بكثير.
- يمكن سحب قفص الحصاد بكامله للأعلى إن كانت الكتلة الحية قد أُنقِصَت من قَبْل بشكلٍ كافٍ في عمليات حصاد سابقة.

أياً ما كانت التقانة التي ستطبَّق، فعندما تُسحَب الشبكة سيتشكل كيسٌ تكون الأسماك بداخله جاهزة للحصاد.

تتباين أساليب الحصاد بشكل كبير. إن لكل مزرعة ولكل فريق حصاد تقاناته الخاصة المبنية على خبراته الخاصة وتجهيزاته والتسهيلات المتاحة في ذلك الموقع.

ولكن في التقانات المذكورة أعلاه جميعها، يلعب الغواصون دوراً جوهرياً. يتوجب على الغواصين:

- فَهْمُ تحركات الأسماك داخل القفص وتعديل وضعية الشبكة بما يُناسب.
- فَهْمُ كم من الأسماك هي مُحتَجَزَة في شبكة الحصاد، وإعطاء إشارة لفريق العمل على السطح عندما يتوجب سحب الشبكة.
- تخمين الكتلة الحية للأسماك الكائنة في شبكة الحصاد، خلال مرحلة السحب، وتقدير عدد الأسماك الواجب تحريرها لتعود إلى شبكة القفص.

إن هذه المهارات ذات أهمية خاصة للتقليل من محاذير الحصاد الموصوفة في مُستَهَل هذا الفصل.

اللوحة 122
قفص حصاد صغير موضوع داخل قفص سمكي أكبر

مُجامَلَةً من F. CARDIA

التجهيز والتعليب

أثناء القيام بعمليات الحصاد والتجهيز والتعليب يجب مراعاة المحافظة على "السلسلة الباردة" في كلٍ من مراحل العملية، فالثلج جوهري لهذه العمليات. إن "السلسلة الباردة" هي بمثابة تَتَابُعٍ من عمليات التخزين والتوزيع المُتَحَكَّمُ بحرارتها،

وتُطبَّق في تجهيز الأغذية. في حال غذاء البحر الطازج، يجب الإبقاء على السمك في حرارة تقل عن 4 °م من لحظة الحصاد إلى حين الشحن.

إن سلامة السلسلة الباردة يجب إثباتُها وإدارتها من خلال إجرائية مناسبة لتحليل المخاطر ونقاط المراقبة الحرجة (HACCP)، حيث يتوجب تحليل الخطوات كلها اعتباراً من الحصاد إلى الشحن. يسمح هذا الإجراء للمربي بما يلي: (1) تخمين المجازفات المحتملة للتخزين الآمن و/أو التلوث، (2) تحديد النقاط الحرجة المحتملة للعملية والمعايير النسبية الواجب مراقبتها، (3) تحديد مقاييس لتلك المعايير، و(4) تحديد الخطوات التصحيحية اللازم اتخاذها في حال بَدَت المعايير غير القياسية انها مصدرٌ لخطرٍ ما.

خلافاً لأساليب تربية الأحياء المائية الأخرى، يتطلب حصاد الأحياء المائية المُرَبَّاة في أقفاص نقل المعدات والثلج والأسماك بواسطة المراكب. وإذ يمكن أن تكون مرحلة النقل هذه طويلة جداً، فقد تتطلب اقتناء التجهيزات المناسبة واستخدامها كما ينبغي، كما تتطلب إدراكاً لأساليب التعامل مع الأسماك وممارسات تخزينها.

الثلج

يمكن لآلة ثلج فعالة أن تُؤَمِّنَ رقائق الثلج الكافية لعمليات الحصاد والتعليب. يُستَخدَمُ الثلج لقتل الأسماك وتعليبها، وكذلك لضمان تماسك السلسلة الباردة خلال العمليات.

قبل حصاد الأسماك يجب تحضير حاويات معزولة مع كمية كافية من الثلج.

يمكن قتل الأسماك إنسانياً بالصدمة الحرارية باستخدام رَدْغَةِ الثلج والماء. تُحَضَّر رَدْغَةُ الثلج بإضافة ماء البحر إلى حاويات الثلج. لكل طن من الأسماك تتناسب الكمية المطلوبة من الثلج مع درجة حرارة مياه البحر. فكلما ارتفعت الحرارة كلما كبرت كمية الثلج اللازمة في الحاويات.

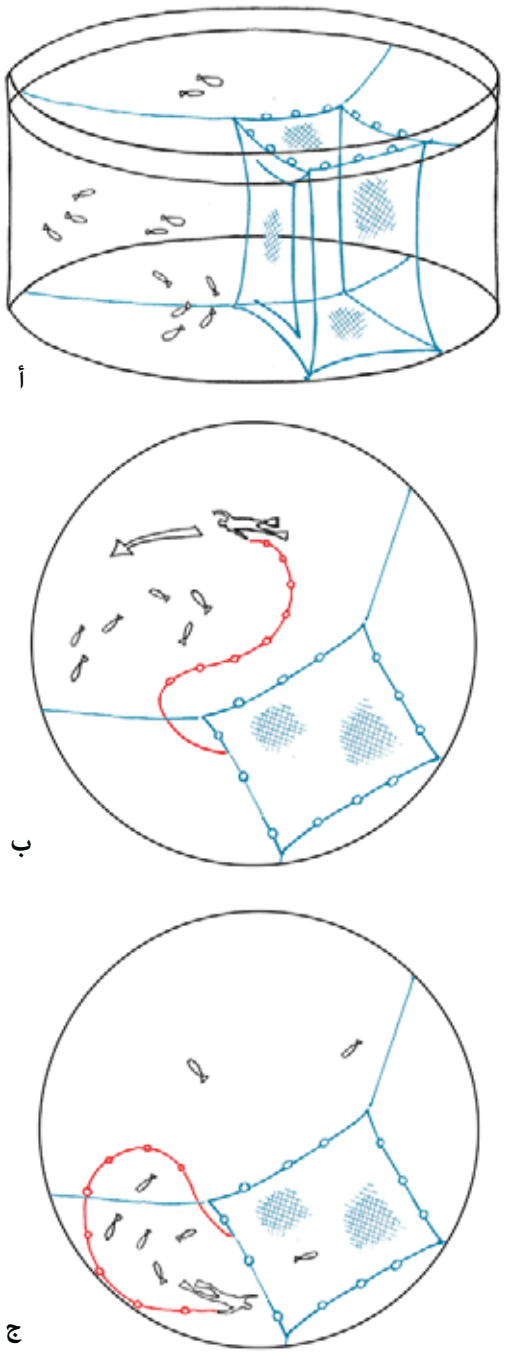
يقدم الشكل 63 مثالاً على الكمية النظرية من الثلج اللازمة لتبريد طن واحد من السمك إلى 4 °م، بافتراض أن درجة حرارة الثلج – 5 °م، وأن كمية ماء البحر المضاف لإعداد رَدْغَةِ الثلج هي 200 ليتر.

تعتمد كمية الثلج اللازم للحصاد على المتغيرات التالية:

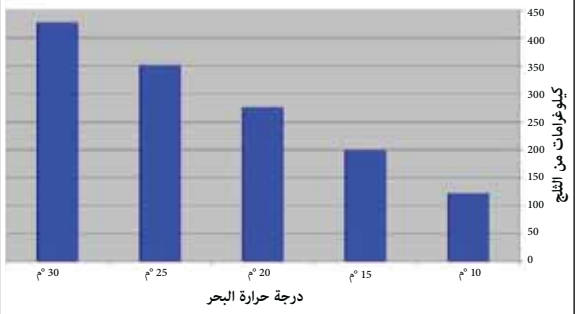
- عزل الحاويات،
- درجة الحرارة الخارجية للهواء والماء،
- دى تَعَرُّض الحاويات لضوء الشمس،
- المسافة من موقع القفص إلى المرسى،
- ديمومة العملية بكاملها.

يجب الحفاظ على السمك مبرداً في الحاويات. من الضروري تفقد درجة حرارة السمك بشكل دوري، وإضافة الثلج إلى الحاويات كلما ارتفعت حرارتها عن 4 °م. ولهذا السبب يتوجب حيازة كميات احتياطية

الشكل 62
قفص حصاد صغير موضوع داخل قفص سمكي أكبر



الشكل 63
الكمية النظرية من الثلج اللازم لتبريد طن واحد من الأسماك الناتجة



ملحوظة: الكمية النظرية من الثلج اللازم لتبريد طن واحد من الأسماك الناتجة إلى 4 °م (درجة حرارة الثلج = -5 °م)

من الثلج المخزن في حاويات مخصصة لهذه الغاية ضمن معدات الحصاد.

قد تُفَضَّلُ آلات صنع رقائق الثلج على غيرها من آلات صنع الثلج، نظراً لأن رقائق الثلج تمتلك مساحة سطح أكبر بالنسبة لحجمها. وهذا يعني أن التبادل الحراري سيكون أسرع خلال عمليات الحصاد والتغليف. يجب استخدام مياه الشرب العذبة عوضاً عن المياه المالحة لتعليب الأسماك لأن الثلج المصنوع من المياه المالحة ذو درجة ذوبان أقل وقد تتلف جلد السمك.

ما دامت عمليات الحصاد تجري على القوارب (المجهزة عادة برافعة)، فإن محذور تلوث الحصاد كيميائياً يجب أخذه في الاعتبار والعمل على خفضه إلى الحدود الدنيا. إن الأسباب المحتملة للتلوث الكيميائي تشمل التلوث بالزيت من الرافعة أو بالوقود أو بالبرادة المعدنية. ولتجنب هذه المحاذير:

- يجب المحافظة على الرافعة بجاهزية جيدة للعمل وتفقد مكوناتها الهيدروليكية كافةً بشكل دوري.
- يجب أن يمتلك فريق الحصاد ألبسة ومعدات مخصصة للحصاد حصراً.
- يجب ألا تخزن الأسماك التي سبق وأن سقطت على ظهر القارب في حاويات الأسماك، بل توضع في حاوية منفصلة وتُفْحَصُ لاحقاً عند الترصيف لتحري أي تلوث ممكن.
- يجب تجنب التَّمَاس ما بين خطاف الرافعة أو القفص أو السلك من جهة والأسماك أو حاوياتها من جهة أخرى.
- يجب تجنب أي نوع من عمليات صيانة المركب أثناء الحصاد.

11. تنبيهات للسلامة

إن سلامة العاملين في تربية الأحياء المائية، ولاسيما في الأقفاص البحرية، تتطلب كُتَيِّباً منفصلاً. ومع ذلك، لا بد من الأخذ في الاعتبار بضع نقاط ذات علاقة، وهي مبحث هذا الفصل.

"السلامة أولاً" الكلمتان المكتوبتان بالحرف العريض على البرج الذي يشرف على سطح كثير من المراكب التجارية. إن بيئة العمل الآمنة هي شرط حتمي عندما يعمل الناس على الأقفاص أو القوارب في تربية الأحياء المائية (اللوحة 123).

تزداد الأخطار على العاملين على قوارب الخدمة في البحر بسبب استخدام الأدوات والمعدات في ظروف غير مريحة كالتعرض للأمواج والرياح والأمطار. تجعل هذه الأحوال البيئية العمل أكثر قساوة وتزيد من الإجهاد والتعب.

تُطَبَّق عادةً ضوابط نوعية على العمل في المياه. إن لم تتوفر ضوابط نوعية لسلامة العمل على الأقفاص، فيمكن تطبيق ضوابط قرينة أخرى لسلامة مهام خاصة (الغوص المهني، مراكب الخدمة، تجهيزات الرفع وغير ذلك) في عمليات التربية في الأقفاص.

لا يفرض القانون عادة وجوب إلغاء الأخطار الممكنة كلها، ولكنه يتوقع أن الأخطار قد قُوِّمَت وخُفِّضَت إلى حدودها الدنيا وأن العاملين محميون إلى أبعد الحدود الممكنة.

إن خفض الأخطار وبالتالي زيادة السلامة يمكن تحقيقهما من خلال إجراءات عديدة مثل:

- تطوير خطط تقويم الأخطار، وتبني أنظمة إدارة السلامة، وتحديد هوية الأشخاص من العاملين المسؤولين عن تطبيقها.
- تطوير خطط للصيانة ووضع برامج زمنية لصيانة المراكب والآليات ومعدات الرفع.
- التخطيط السليم للأنشطة اليومية. فإرهاق العاملين بالواجبات أو التقدير المتدني لعدد العاملين المكلفين بعمل محدد قد يُعَرِّض طاقم العمل للإجهاد والتعب ويزيد من الأخطار. يتوجب برمجة المهام اليومية تبعاً للتنبؤ بحال البحر وتَجَنُّب الأعمال الشاقة (استبدال الشباك، صيانة الإرساء، وغير ذلك) في الأوقات التي يكون الجو السيئ محتملاً.
- تحديث تدريب الطاقم باستمرار. يجب أن يعي العاملون الأخطار المحتملة، وكيف يمكن التقليل من آثارها، وكيف يجب التعامل مع الحوادث. فقد ينخفض مستوى انتباه العاملين ووعيهم إن عُدَّ عملٌ ما "آمناً"، أي أنه سبق وأن أُنْجِز عدة مرات دون حوادث. مع ذلك فالأخطار قد تكون في كل مكان، وثقافة السلامة يجب أن تُطْبَعَ في النفوس.
- توفُّر معداتِ السلامةِ في حالٍ صالحةٍ للعمل. يجب أن يكون العاملون محميين ويجب أن يكونوا على دراية بكيفية استخدام معدات السلامة.
- العمل على تدريب واحدٍ على الأقل أو أكثرَ من العمال على الإسعافات الأولية وعلى الإنعاش القلبي الرئوي (CPR) وعلى استخدام مانع الاختلاج الخارجي الذاتي الحركة (AED).

اللوحة 123
إجراءٌ خَطِر – تحميل الحبال والعمال على سطح مركب المزرعة

مُجامَلَةً من TECHNOSEA SRL

يجب تزويد القوارب بجهاز لاسلكي لاستخدامه في حالات الحوادث الخطرة في موقع القفص. قد يكون نداء الاستغاثة بالراديو ضرورياً لتفعيل استجابة الإسعاف الأولي على اليابسة أو لطلب عملية إنقاذ على الأقفاص.

يجب أن تكون معدات السلامة والإنقاذ متوفرة على سطح المراكب كلها، بما في ذلك طوق نجاة مربوط بحبل النجاة، طوافة ضوئية، أنوار الاستغاثة اللافتة للنظر, وغير ذلك. إن المقاييس الموصى بها والضوابط الإلزامية تُقَدَّم عادةً من قِبَلِ حرس السواحل أو السلطات المعنية الأخرى فيما يتعلق بالأنماط والأعداد الدنيا من معدات السلامة اللازم خزنها على سطح أي مركب وسهولة الوصول إليها.

يجب ان تُقَدَّم معدات العوم الشخصية المناسبة كقميص النجاة من قبل صاحب المشروع، ويجب أن تُلبَس من قبل كل من يعمل على سطح قارب الخدمة، ولاسيما خلال القيام بالعمليات على الأقفاص.

تكون عادة الضوابط النوعية لمعدات الطفو الشخصية متوفرة من قِبَل حرس السواحل أو أي سلطات أخرى ذات علاقة.

يجب اعتمار الخُوَذ أثناء كون الرافعة أو أي أداة رفع أخرى قيد الاستخدام وذلك من قِبَل الجميع سواء مُشَغِّلي الرافعة أم العاملين في الأماكن المتاخمة للرافعة.

يُنْصَح بشدة بألا يلبس العمال خواتم أو أساور أو ساعات يدوية أثناء التعامل بالشباك، فهذه الأجسام قد تقع في حبائل الشباك وتسبب أذيات خطرة.

الغوص بالرئة المائية

يجب الإقلال ما أمكن من استخدام الغواصين، إلا أنه في حال عدم توفر منظومةِ مراقبةٍ مُؤَتمَتَة لتَفَقُّد تماسك المزرعة وآليات عملها، يؤمن الغواصون دعماً جوهرياً لإدارة المزرعة وضمان سلامة مخزونها السمكي.

إن الغوص المهني، كالغوص المعتمد على الرئة المائية أو على نظام النارجيلة للتَزَوُّد السطحي، يمثل مصدر خطرٍ متميزٍ على مُشغِّلي المزرعة. توضع عادة ضوابط خاصة للغوص المهني على الصعيد الوطني، ولكن نادراً ما تتناول هذه الضوابط التحديات النوعية لغواصي المزارع القفصية. لذلك تبرز الحاجة لِتكييف قواعدَ وتوصياتٍ للسلامة عن ضوابط الغوص الوطنية بما يتناسب وبيئة العمل في المزارع القفصية، ومن ثم تَبَنِّيها رسمياً من قِبَل كل شركة أو رابطة لتربية الأحياء المائية.

إن الضوابط والتطبيقات المُثلى التي يمكن استخدامها نماذجَ أو مَرَاجِعَ، تُقَدَّمُ بالتفصيل من قِبَلِ منظمات أو روابط مثل سلطة الصحة والسلامة (HSE)، رابطة متعاقدي الغوص الدولية (ADCI)، رابطة مدارس الغوص الدولية (IDSA)، رابطة متعاقدي البحر الدولية (IMCA) وغيرها.

إن توظيف غواص مهني رفيع المستوى يتمتع بمهارات خاصة بسلامة الغوص بالرئة المائية يمكن أن يدعم إدارة المزرعة القفصية في تطوير تحليلٍ للمخاطر وتكريس خطة لمنع تلك المخاطر وفي الإشراف على فريق الغوص ومراقبته.

للاستخدام في المزرعة، يُسمَح بالعمل حصراً للغواصين المدَرَّبين الحاصلين على رخص غوص. إذ يوصى بشدة باستخدام غواصين مهنيين، وعدم إيكال مهام الغوص العَرَضية لعمال المزرعة.

يجب أن يكون نظام "المُرافَقَة للسلامة" إلزامياً في المزرعة، فالغوص المنفرد يجب حظره قطعياً. ولا بد من تكليف غواصَين اثنين على الأقل لأداء أي عمل مُفرَد، مع وجود غواص ثالث على السطح جاهز لمد يد العون حال حدوث أي حادث تحت الماء.

تُجرى عادة معظم أعمال الغوص المزرعية ضمن أفق أول 15–20 متراً. ويعتمد العمق الأقصى لعمليات الغوص على المهام الموكلة للغواصين. تكون آفاق العمق عادة لكل من المكونات على النحو الآتي:

- 6–8 م من أجل صيانة منظومة الشبيكة،
- 0–15 م لصيانة القفص وعمليات الحصاد،
- 15–20 م لصيانة المُغرِقات وأنبوب الإغراق.

لا تُعَدُّ آفاق العمق هذه شديدة الخطورة، وبالتالي ليس من داعٍ لغوص تخفيف الضغط إن كان العمل مخططاً له بالشكل الصحيح. مع ذلك، يتوجب على الغواصين دائماً استخدام التقديرات المُحافِظَة لزمن الأعماق والجداول المُحافِظَة للغوص، وعليهم على الدوام التقيد بفترات التوقف الآمنة. فترة توقف آمنة واحدة كل خمسة أمتار لمدة ثلاث دقائق خلال أي صعود.

تعود آفاق العمق المذكورة أعلاه إلى أقفاص عمقها 10–12 م. ولأقفاص أعمق يجب تطوير إجراءات نوعية خاصة للسلامة وإنفاذها (مثلاً في تسمين أسماك التونة).

يكون غوص تخفيف الضغط ضرورياً وبشكل متكرر عند الحاجة لِتَفَقُّد خطوط الإرساء أو صيانتها. في هذه الحال يجب التخطيط للغوص بعناية، وإجراء تقديرات مسبقة للزمن اللازم لإنجاز العمل، والزمن المسموح به في القاع، وزمن الغوص الفعلي اللازم، وعدد التوقفات لخفض الضغط ومُدَدِها. والتخطيط هذا يتوجب إنجازه قبل البدء بالعمل.

يجب أن يكون الغواصون جميعهم مجهزين بحاسوب الغوص. فهو سيُعْلِم الغواص بعمقه الآني، والعمق الأقصى المُحقق، ومدة الغوص، وتوقفات تخفيف الضغط (إن كانت ضرورية) وتوقفات السلامة. يمكن لهذه الأداة أيضاً أن تكون مفيدة جداً للأطباء المعالجين في حال التعرض لحادث أو لاعتلال نقص الضغط الذي يتطلب علاجاً في غرفة الأوكسيجين العالي الضغط. في الواقع يمكن لمعطيات الغوص المُستَقاة من حاسوب الغوص أن تكون ذات أهمية بالغة في اختيار المعالجة المثلى بالأوكسيجين العالي الضغط.

اللوحة 124
غطاء واقٍ مصنوع من نسيج شبكي غير ذي عُقَدٍ ملفوفٍ حول المرحلة الأولى من مُنَظِّم الغوص بالرئة المائية للإقلال من خطر وقوعه في حبائل شبكة السينة

مُجامَلَةً من F. CARDIA

بعض الأخطار الأكثر شيوعاً الواجب أخذها في الاعتبار في تشغيل المزارع القفصية:

- الوقوع في حبائل الشباك أو الحبال، ولاسيما أثناء الحصاد أو التعامل بشباك الحصاد تحت الماء أو أثناء العبور من باب الغواص في جدار الشبك، إذ يمكن أن تعلق المعدات، كقناع الغوص او المُنَظِّم، بالشبك (اللوحة 124).
- قد يكون معدل الصعود أسرع مما يجب أو مُتَجاوزاً المعدل الآمن ولاسيما خلال عمليات الحصاد.
- يمكن للوثب الارتدادي المتكرر أن يمثل خطراً جدياً على الغواصين، وخصوصاً إن كانت الفترات البينية السطحية قصيرة، أو إن كانت عمليات الغوص عميقة.

يُطلَبُ غالباً من الغواصين أن يعملوا على مكونات الإرساء التي ترزح تحت توترٍ وتتنازعها قِوى وحمولاتٌ شديدة. قد تتطلب صيانة مثل هذه المكونات استخدام أكياسِ الرفع أو مِرفاعٍ يدوي ("come-along") أو رافعةِ القارب. وقد يسبب انفِلاتُ أداةٍ أو مكونٍ ما كائنٍ تحت التوتر حوادث أو يُفاقِمُ خطورةَ الأحوال غير الآمنة.

يجب أن يكون قارب خدمة الغواصين مجهزاً دائماً بوحدة التزود بالأوكسيجين لاستخدامها في الإسعاف الأولي في الحقل حال ظهور بوادرِ اعتلالِ انخفاضِ الضغط على غواصٍ ما. ويجب أن يكون طاقم قارب الخدمة كلَّهُ مدرباً على استخدام الأوكسيجين ومعدات الإسعافات الأولية الأخرى، وعلى التشخيص والمعالجة من اعتلال انخفاض الضغط أو رضوض الضغط الأخرى، وعلى إجراءات الاتصال بإدارة المزرعة وخدمات الاستجابة السريعة. يجب أن تكون أرقام الاتصال بالطوارئ وكذلك معدات الاتصال متاحة ومتيسرة لطاقم القارب.

الحمولة الآمنة للعمل

في أي عملية رفع، يجب احترام "الحمولة الآمنة للعمل" (SWL، التي تُدعى أيضاً "حدود حمولة العمل" أو WLL) لكل من مكونات الرفع كما يجب الامتثال لها. إن الحمولة الآمنة للعمل SWL هي حدود الحمولة التي تُحسَبُ بتقسيم الحمولة الدنيا الكاسرة (MBL) على بعض العوامل الآمنة. يتراوح هذا العامل بين 4 و 10 وهو يُقَدَّمُ عادة من قِبَل مُصَنِّع المُكَوِّن.

على سبيل المثال، إن كان لحبلٍ ما، حمولة دنيا كاسرة MBL تعادل 1 500 كغ وعامل أمان يعادل 6، فإن الحمولة الآمنة للعمل SWL ستساوي:

1 500 ÷ 6 = 250 كغ

إن الحبل أو مكون الرفع يجب ألا يُستَخدَم أبداً لرفع حمولات أثقل.

هذا وإن الحمولة الآمنة للعمل SWL لمنظومةٍ مُركبةٍ من المعدات يجب ألا تتجاوز الحمولة الآمنة للعمل SWL لأضعف مكونٍ في تلك المنظومة في أي عملية رفع.

المراجع ومطالعات إضافية

Aguilar-Manjarrez, J. & Crespi, V. 2013. *National Aquaculture Sector Overview map collection. User manual. / Vues générales du secteur aquacole national (NASO). Manuel de l'utilisateur*. Rome, FAO. 65 pp. (also available at www.fao.org/docrep/018/i3103b/i3103b00.htm).

Akzo Nobel, N.V. 1995. *Nets for cages in modern fish farming (meeting demands on reliability)*. A publication of the Marketing Group Ropes, Nets and Sewing Threads. 10 pp.

Ashley, C.W. 1993. *The Ashley book of knots*. London, Faber and Faber. 632 pp.

Association of Diving Contractors UK (ADC). 2011. *The inshore diving supervisor's manual*. Second edition, Issue 2.

Berka, R. 1986. *The transport of live fish. A review.* EIFAC Technical Papers No. 48. Rome, FAO. 52 pp. (also available at www.fao.org/docrep/009/af000e/af000e00.HTM).

Beveridge, M. 2004. *Cage aquaculture*. Third edition. London, Blackwell Publishing. 376 pp.

Caggianio, M. 2000. Quality in harvesting and post-harvesting procedures – influence on quality. Fish freshness and quality assessment for seabass and seabream. *CIHEAM-IAMZ, Cahiers Options Mediterraneenes*, 51: 55–61.

Chen, J., Guang, C., Xu, H., Chen, Z., Xu, P., Yan, X., Wang, Y. & Liu, J. 2008. Marine fish cage culture in China. *In* A. Lovatelli, M.J. Phillips, J.R. Arthur & K. Yamamoto, eds. *FAO/NACA Regional Workshop on the Future of Mariculture: a Regional Approach for Responsible Development in the Asia-Pacific Region. Guangzhou, China, 7–11 March 2006*, pp. 285–299. FAO Fisheries Proceedings No. 11. Rome, FAO. 325 pp. (also available at www.fao.org/docrep/011/i0202e/i0202e00.htm).

Colorni, A. 2002. *Streptococcus iniae* infections in Red Sea cage cultured and wild fishes. *Disease of aquatic organisms*, 49: 165–170.

FAO. 1972. *Catalogue of fishing gear designs. FAO catalogue de plans d'engins de pêche*. UK, Fishing News Books Ltd. 160 pp.

FAO. 2009. *Environmental impact assessment and monitoring in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 527. Rome. 57 pp. Includes a CD–ROM containing the full document (648 pp.). (also available at www.fao.org/docrep/012/i0970e/i0970e00.htm).

FAO. 2015. *Fisheries operations. Best practices to improve safety at sea in the fisheries sector.* FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 1, Suppl. 3. Rome. 196 pp. (also available at www.fao.org/3/a-i4740e.pdf).

FAO/ILO/IMO. 2012. *Safety Recommendations for Decked Fishing Vessels of Less than 12 metres in Length and Undecked Fishing Vessels*. FAO, Rome. 254 pp. (also available at www.fao.org/docrep/017/i3108e/i3108e00.htm).

FAO/Regional Commission for Fisheries. 2009. *Report of the Regional Technical Workshop on Sustainable Marine Cage Aquaculture Development. Muscat, Sultanate of Oman, 25–26 January 2009*. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 892. Rome, FAO. 135 pp. (also available at www.fao.org/docrep/011/i0723e/i0723e00.htm).

Flook, V. 2004. *Yo-Yo diving and the risk of decompression illness*. Prepared by Unimed Scientific Ltd for the Health and Safety Executive Research Report 214. Health and Safety Executive.

Halwart, M. & Moehl, J.F. eds. 2006. *FAO Regional Technical Expert Workshop on Cage Culture in Africa. Entebbe, Uganda, 20-23 October 2004.* FAO Fisheries Proceedings No. 6. Rome, FAO. 113 pp. (also available at www.fao.org/docrep/009/a0833e/a0833e00.htm).

Halwart, M., Soto, D. & Arthur, J.R. eds. 2007. *Cage aquaculture – regional reviews and global overview*. FAO Fisheries Technical Paper No. 498. Rome, FAO. 241 pp. (also available at www.fao.org/docrep/010/a1290e/a1290e00.htm).

Health and Safety Executive (HSE). 2000. *Health and safety on floating fish farm installations*. HSE Books. (also available at www.hse.gov.uk).

Health and Safety Executive (HSE). 2011. *Commercial diving projects inland/inshore.* Diving at Work Regulations 1997. HSE Books. (also available at www.hse.gov.uk).

Health and Safety Executive (HSE). 2011. *Personal buoyancy equipment on inland and inshore waters*. HSE Information Sheet. HSE Books. (also available at www.hse.gov.uk).

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2007. *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture 1. Interaction between Aquaculture and the Environment*. Gland, Switzerland, and Malaga, Spain. 107 pp.

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2009. *Guide for the Sustainable Development of Mediterranean Aquaculture 2. Aquaculture site selection and site management*. Gland, Switzerland, and Malaga, Spain. viii + 303 pp.

Kapetsky, J.M. & Aguilar-Manjarrez, J. 2007. *Geographic information systems, remote sensing and mapping for the development and management of marine aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 458. Rome. FAO. 125 pp. (also available at www.fao.org/docrep/009/a0906e/a0906e00.htm).

Kapetsky, J.M., Aguilar-Manjarrez, J. & Jenness, J. 2013. *A global assessment of potential for offshore mariculture development from a spatial perspective.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 549. Rome, FAO. 181 pp. (also available at www.fao.org/docrep/017/i3100e/i3100e00.htm).

Klust, G. 1982. *Netting materials for fishing gear*. Second edition. UK, Fishing News Books Ltd. 193 pp.

Lekang, O.-I. 2013. Aquaculture Engineering. Second edition. Oxford. Wiley-Blackwell. 432 pp.

Libert, L., Maucorps, A. & Innes, L. 1987. *Mending of fishing nets*. Second edition. UK, Fishing News Books Ltd. 124 pp.

Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J. & Soto, D. eds. 2013. *Expanding mariculture farther offshore – technical, environmental, spatial and governance challenges, FAO Technical Workshop, 22–25 March 2010, Orbetello, Italy*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 24. Rome, FAO. 73 pp. Includes a CD–ROM containing the full document (314 pp.). (also available at www.fao.org/docrep/018/i3092e/i3092e00.htm).

Loverich, G. & Gace, L. 1997. *The effect of currents and waves on several classes of offshore sea cages*. Ocean Spar Technologies, LLC. Open Sea Aquaculture 97. Maui, USA. 13–144 pp.

Mosig, J. & Fallu, R. 2004. *Australian fish farmer: a practical guide to aquaculture*. Second edition. Collingwood, Australia, Landlinks Press. 444 pp.

Muir, J. & Basurco, B. eds. 2000. *Mediterranean offshore mariculture*. Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches; n. 30). Advanced Course of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean on "Mediterranean Offshore Mariculture", 1997/10/20-24. Zaragoza, Spain, CIHEAM-IAMZ. 215 pp.

Piccolotti, F. & Lovatelli, A. 2013. *Construction and installation of hexagonal wooden cages for fish farming – a technical manual*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 576. Rome, FAO. 76 pp. (also available at www.fao.org/docrep/018/i3091e/i3091e00.htm).

Polk, M. ed. 1996. *Open ocean aquaculture. Proceeding of an international conference. May 8-10, 1996 Portland, ME, USA*. New Hampshire/Maine Sea Grant College Program Rpt. # UNHMP - CP - SG - 96 - 9.

Prado, J. ed. 1990. *Fisherman's workbook*. UK, Fishing News Books Ltd.

Price, C.S. & Beck-Stimpert, J. eds. 2014. *Best Management Practices for Marine Cage Culture Operations in the U.S. Caribbean*. GCFI Special Publication Series Number 4. 52 pp. (also available at www.gcfi.org/Publications/CaribbeanAquaBMP.pdf).

Ross, L.G., Telfer, T.C., Falconer, L., Soto, D. & Aguilar-Manjarrez, J. eds. 2013. *Site selection and carrying capacities for inland and coastal aquaculture. FAO/Institute of Aquaculture, University of Stirling, Expert Workshop, 6–8 December 2010. Stirling, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland*. FAO Fisheries and Aquaculture Proceedings No. 21. Rome, FAO. 46 pp. Includes a CD–ROM containing the full document (282 pp.). (also available at www.fao.org/docrep/017/i3099e/i3099e00.htm).

Ryan, J., Mills, G. & Maguire, D. eds. 2004. *Farming the deep blue*. Dublin, Marine Inst. 67 pp.

Saffir, H.S. 1973. *Hurricane wind and storm surge, and the hurricane impact scale*. The Military Engineer, Alexandria, Virginia, January-February 1973 No. 423.

Swingle, H.S. 1969. *Methods of analysis for waters, organic matter and pond bottom soils used in fisheries research.* Auburn, USA, Auburn University.

Standards Norway. 2009. *Marine fish farms – requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation, NS-9415:2009 Standard*.

Tidwell, J.H. ed. 2012. *Aquaculture production systems*. Oxford. Wiley-Blackwell. 421 pp.

Vázques Olivares, A.E. 2005. *Design of a cage culture system for farming in Mexico* [online]. UNU-Fisheries Training Programme, Final Project 2003. [Cited 6 May 2015]. www.unuftp.is/static/fellows/document/alfredo03prf.pdf.

Young, P. 2011. *Notes on Meterology*. Routledge, Abingdon, Oxfordshire (112 pp).

مَسرَد للمصطلحات

نقص أوكسيجين الأنسجة	نقص الأوكسيجين أو غيابه في الدم والأنسجة.
سلسلة التوازن	سلسلة كبيرة تربط نقطة الإرساء على قاع البحر (مِرساة أو كتلة إسمنتية) بخط الإرساء المرتبط بمنظومة الشبيكة. تعمل هذه السلسلة على تخميد (امتصاص) قوى الشد المطبقة على نقاط الإرساء المتولِّدة بفعل الأمواج والتيارات على الأقفاص.
رضّ ناجم عن الضغط	أذى عائد إلى التعرض لاختلافٍ في الضغط كاعتلال انخفاض الضغط، وانضغاط الآذان والجيوب، والإنصمام أو انسداد الأوعية الدموية، وغير ذلك.
دُفعَة	أو وَجبَة، أي مجموعة من الأفراد المتجانسة بخَصيصةٍ واحدة على الأقل (العمر عادةً) والمُرَباة معاً في وحدة التربية ذاتها (قفص شبكي).
سُلَّم بوفور	سُلَّم يشير إلى قوة الريح وحال البحر ذي العلاقة. إنه مبني على الخبرة والملاحظة ومراقبة حال البحر. وهو يتراوح بين 0 (هادئ) و12 (إعصاري).
الكتلة الحية	الوزن الحي الإجمالي لمجموعةٍ (أو مخزونٍ) من الأحياء (مثلاً، أسماك أو هوائم plankton) أو لجزءٍ محددٍ منها (مثلاً، أسماك التفريخ) في منطقة ما، في زمن مُعَيَّن.
لُجُم (مفردها: لِجام)	حبال الإرساء التي تربط طوق القفص بمنظومة الشبيكة. تُربَط اللُجُمُ عادة بالصفائح الزَّاويَّة كما تُربَط بالأطواق إما على أنابيب البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) أو على مرتكزاتٍ خاصةٍ مبنيةٍ في الطوق.
هِلال	مُكَوِّنٌ لَدَنِيٌ أو معدني من مكونات طوق القفص. يُجَهَّزُ كل قفص بعدد من الأَهِلَّة على أبعاد متساوية على محيط الطوق. تتولى هذه الأَهِلَّة الجمع ما بين حلقات HDPE المكونة للطوق، وتُزَوِّد الطوق بمُرتكزاتٍ حاملةٍ للسياج لتسهيل العمليات السطحية.
جماعة	مجتمع جزئي، فإن كان المجتمع مقسماً إلى عدة فئات تبعاً لتاريخ التفريخ فإن المجتمع ينقسم إلى جماعات عمرية.
طَوق	بنية القفص العائم المصنوعة من أنابيب البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) التي تُرَكَّبُ عليها شبكة القفص.
دينيير (denier)	وحدة قياس لكثافة كتلة خطية من النسيج، وتشير بالغرامات إلى كتلةِ 9 000 م من الليف المُفرَد الخيط.
المدى	المسافة التي يَعصِفُ عبرها الريح فوق البحر، ويُعَبَّرُ عنها عادة بالكيلومترات أو الأميال البحرية. إن مسافة المدى وقوة الريح تحددان حجم الأمواج في موقع معين.
أصبعيات	تشير إلى أي نوع سمكي اعتباراً من اليرقات النامية إلى عمر سنة واحدة من تاريخ الفقس بغض النظر عن الحجم.
مِخلَب المرساة	الجزء من المرساة الذي يصبح مغروساً في قاع البحر، مُهَيِّئاً مقاومة لقوى الشدّ.

طبعة قدم (المزرعة)	المساحة الكلية المشغولَة بالمزرعة، وتتضمن المكونات المغمورة لمنظومة الإرساء وخطوط الإرساء.
النتن الحيوي	تراكم المتعضيات المائية التي تلتحم بالأجسام المغمورة بالماء، كأبدان السفن وبُنى المرفأ والأقفاص الشبكية والمنصات العائمة، وتنمو عليها.
معدن مُغَلْفَن	مُكَوِّن معدني (عادة حديد أو فولاذ) محميٌ من خلال طلاءٍ واقٍ من الزنك.
شبك القفز	الجزء المُعَرَّض أو المرئي من القفص الشبكي اعتباراً من حبل مستوى الماء إلى الحبل القمي، وهو يثبت عادة على الجزء الأعلى من السِّناد العمودي أو سياج الطوق العائم.
عين الشبك	أحد الفراغات المفتوحة بين حبال شبكة ما. يُقاسُ مدى عين النسيج الشبكي mesh size بقياس طول جانب واحد للعين، مثلاً عين 25 مم (ويُعرَفُ أيضاً بـ "قياس الشريط bar size"). ويمكن أيضاً التعبير عن مدى العين بالإشارة إلى "المدى المُمَطَّط stretched size"، الذي يمثل مدى عين النسيج الشبكي مَقيساً في حال كون العينُ مشدودةً مِحوَرياً.
قفص شبكي	البُنْيَةُ الحاوية على مخزونٍ من السمك، وهي مصنوعة من نسيجٍ شبكيٍ مَخيطٍ مع الحبال. قد تحوي عُرًى أو حلقاتٍ لتثبيتها على مُكَوِّنِ تَعويم القفص السمكي (الطوق) أو على مُكَوِّنِ إغراقه (أنبوب الإغراق).
النسيج الشبكي	لأغراض هذا الكتيب، يشير "النسيج الشبكي" إلى نسيجٍ شبكيٍ حر (إما بمقادير كبيرة أو مُدْمَجٍ في قفص شبكي)، في حين تُشير "الشبكة net" إلى مُنْتَجٍ من النسيج الشبكي جاهز للاستخدام (مثلاً شبكة قفص أو شبكة صيد).
منطقةٌ محظورٌ فيها الصيد	منطقةٌ من البيئة البحرية مع المياه التي تعلوها والكائنات النباتية والحيوانية المُقترنَة، لا يُسمَحُ بالصيد فيها وهي محمية تشريعياً بقانون أو بضوابط تنظيمية.
حُبَيْبَة	غذاءٌ مُتَكَتِّلٌ مُشَكَّلٌ بِكَبسِهِ ودَفْعِهِ قَسْراً عبر فتحاتِ قالَبِ تشكيلٍ بعملية انبِثاقٍ ميكانيكية.
سينة جَيْبِيَّة	شباكٌ تتميزُ باستخدام خطِ الجيب الكائن في أدنى الشبكة. يُمَكِّن خطُ الجيبِ الشبكةَ من أن تَنغَلِقَ وتأخذَ شكلاً جيبياً وبذلك تَحتَجِزُ الأسماك المِصيدة كلِّها.
صِفاد	رابطٌ معدنيٌ قابل للتحريك، ذو شكلِ "U"، يُستَخدَم لربط مكونات الإرساء والسلاسل والحلقات، وغير ذلك. يُثَبَّتُ بواسطة عَرَقَةٍ عادةً ما تُؤَمَّنُ بواسطة مِسمارٍ وُتَيدي.
ساق المرساة	الجزء المركزي المستقيم من المرساة الذي يرتبط به المِخلَب من جانب والعارِضة من الجانب الآخر.
منظومة الإغراق	الأوزان والبُنى الأخرى المرتبطة بالقفص الشبكي لإغراق الشبكة والمحافظة على حجمها وشكلها.
تحديد الموقع	عملية اختيار الموقع استمراراً إلى تحديد تفاصيل موقع الإرساء الدقيق وتوجيهه.
عين مجدولة	جَدلةٌ ناجمة عن ثني نهاية حبلٍ للخلف وجدلها في الحبل ذاته بحيث تتشكلُ عُروةٌ (أنشوطة).

جَدْل	وصلة نصف دائمة بين حبلين أو جزئي الحبل ذاته من خلال حَلٍ جُزئي لخيوطهما ثم ضفر الخيوط معاً.
رِكيزِة	الجزء العمودي من الهلال، الحامل لأنبوب السياج في قفصٍ شبكي.
تماسُك	وحدةُ قياسٍ لقوةِ الليف. وتُحسَب بتقسيم مقاومة شد الليف على وحدةِ قياسِ كثافةِ كُتلتِهِ "دينيير".
مقاومة الشد	مقاومةُ ليفٍ أو خيطٍ ما مَقيسَةً على أساس التوتر الأقصى الذي تستطيع المادة تَحَمُّلَه دون أن ينكسر.
حلقة	حلقة من المعدن أو اللدائن ذات ثلم على حافتها الخارجية ينغرس فيه حبلٌ أو شريطٌ. تُستَخدَم لحماية الحبال من الحك. وهي تُرَكَّب داخل عينٍ مجدولة.
خط رفع المرساة	حبلٌ مركبٌ على المرساة، على الجهة المقابلة للمِخلَب، يفيد في إطلاق المرساة خلال تركيبها أو في إزالة المرساة من مُنْغَرَسِها.
قمة الموجة	أعلى جزء من الموجة. يُقاس طول الموجة من قمة إلى قمة.
خط مُنزَلِق	حبلٌ متصلٌ بِذُروَةِ المرساة ويُستَخدَم لإصلاح حال مرساةٍ مُنْغَرِسَة.

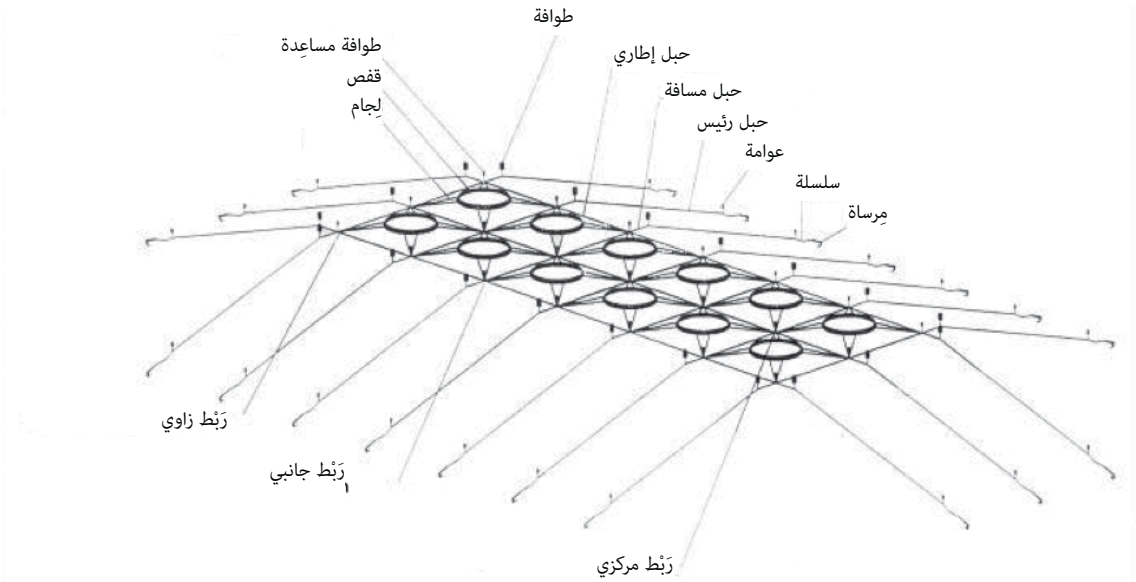
الملاحـق

الملحق 1 — رسومات تِقنِية وقائمة بمكونات منظومة الإغراق لنظام قفصي مزدوج الطوافة، في موقعٍ متوسط التَّعَرُّض، لأقفاص قطرها 16 متراً

الملحق 2 — الخصائص التِّقنِيَّة للنسيج الشبكي

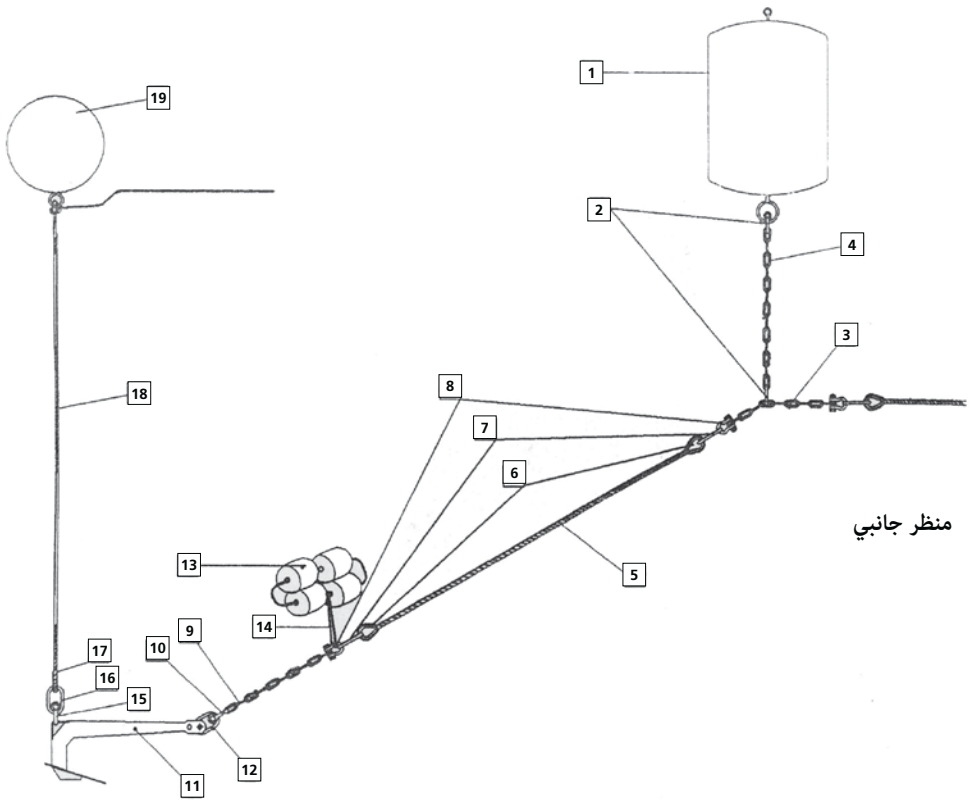
الملحق 1 – رسومات تِقنِية وقائمة بمكونات منظومة الإغراق لنظام قفصي مزدوج الطوافة، في موقعٍ متوسط التَّعَرُّض، لأقفاص قطرها 16 مترا

الشكل م1.1
منظومة شبيكة إرساء كاملة



المصدر: Polarcirkel (النرويج).

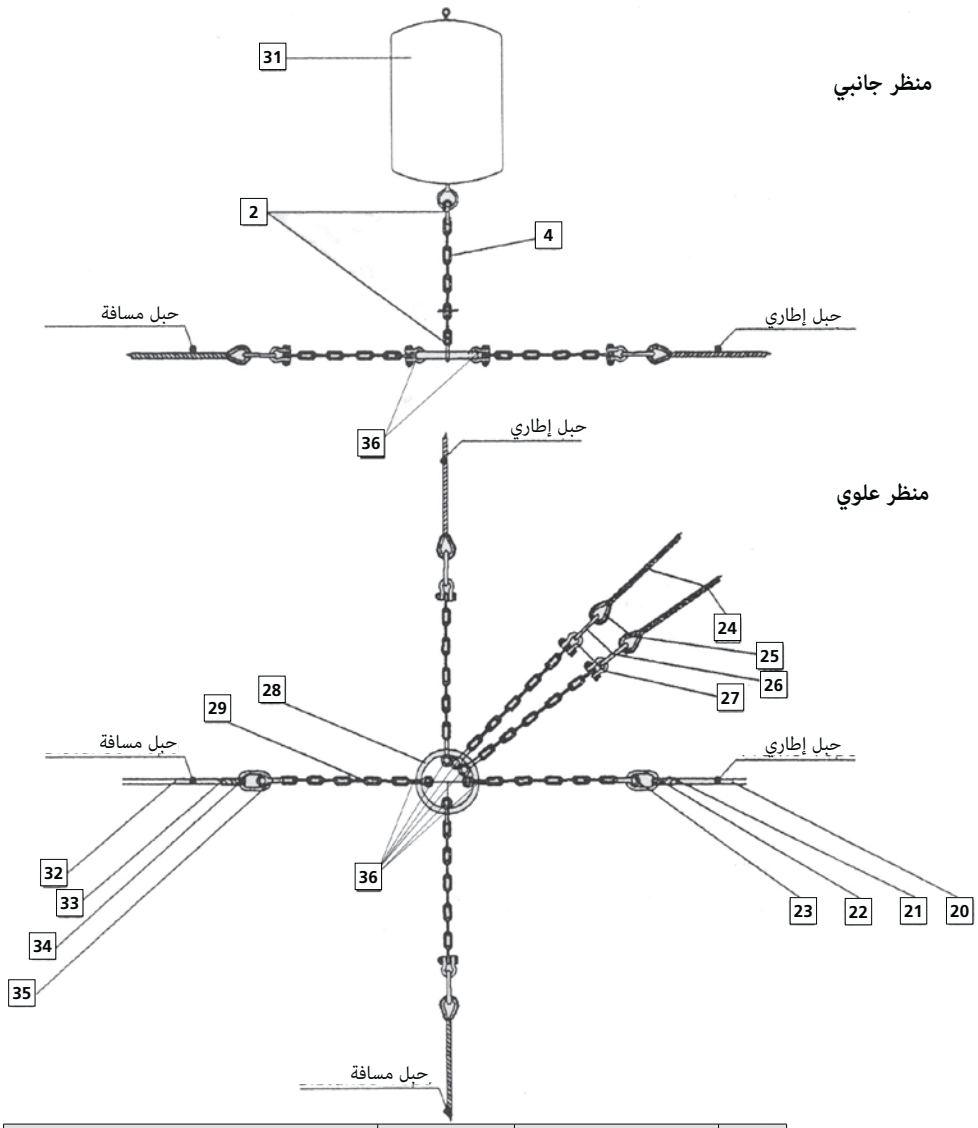
الشكل م2.1
خط الإرساء



الهوية	الوصف	البيان	
1	طوافة رئيسة	CB 680 ليتر طُفُوّ مصنوعة من البولي إيثيلين المُقولب بالدوران ومملوءة ببوليستيرين مُمَدَّد	
2	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 4.75 طن	
3	سلسلة مسافة	16 × 100 مم، والطول 2 متر	
4	سلسلة	13 × 88 مم، والطول 6 أمتار	
5	حبل رئيس	حبل بوليستيل Ø 48 مم، طول 120 متراً	
6	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل ذي قطر Ø 48 مم	
7	خاتم مسافة	25.B.6، 100 × 190 مم، ≠ 25 مم	
8	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن	
9	سلسلة قاعية	سلسلة مطلية بالقطران مستخدمة سابقاً، Ø 40 مم، طول 30 متراً	
10	صِفاد المرساة	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن أو الحمولة الآمنة للعمل SWL 9.5 طن	
11	مِرساة	أنموذج SAMSON 1 200 كغ	
12	رابِط	اختياري	
13	طوافات المياه العميقة	بولي بروبيولين قاسٍ، Ø 280 مم، الطُفُوّ 10 ليترات تقريباً	
14	حبل	اختياري	حبل بوليستيل Ø 12 مم، طول 3 أمتار
15	صِفاد	اختياري	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن
16	خاتم مسافة	اختياري	
17	حلقة	اختياري	
18	حبل	اختياري	حبل بوليستيل Ø 24 مم، طول 50 أمتار
19	عوامة	اختياري	مختلفة (9–10 ليترات تقريباً)

المصدر: Polarcirkel (النرويج).

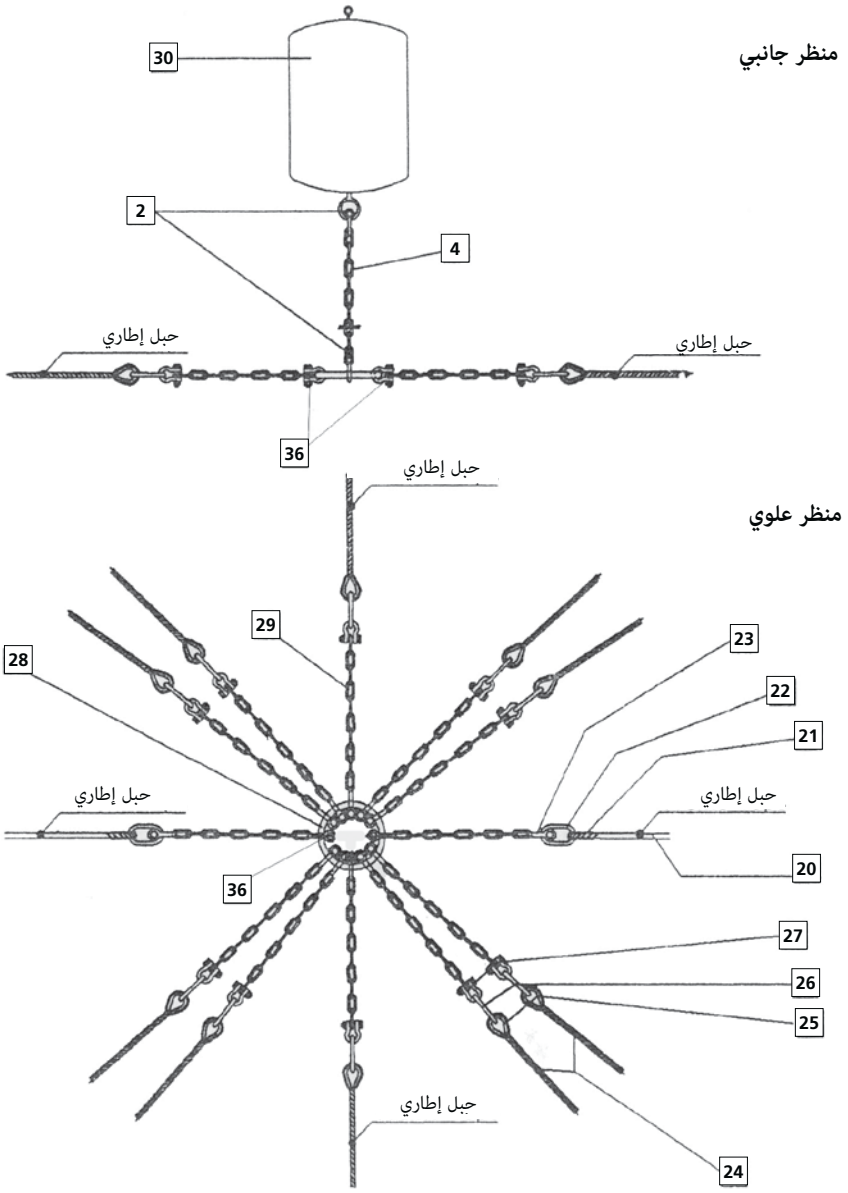
الشكل م3.1
رَبْط زاوي



الهوية	الكمية	الوصف	البيان
2	8	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 4.75 طن
4	4	سلسلة طوافة	13 × 88 مم، طول 6 أمتار
20	انظر الربط الجانبي	خط شبيكة	حبل بوليستيل Ø 48 مم، طول 27.3 متراً
21	انظر الربط الجانبي	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل Ø 48 مم
22	انظر الربط الجانبي	خاتم مُباعَدَة	25.B.6، 90 × 170 مم، ≠ 22 مم
23	انظر الربط الجانبي	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن
24	انظر الربط الجانبي	خط لِجام	حبل بوليستيل Ø 36 مم، طول 20 متراً
25	انظر الربط الجانبي	حلقة	8.5 إنش – مناسبة لحبل Ø 36 مم
26	انظر الربط الجانبي	خاتم مُباعَدَة	16.B.6، 90 × 120 مم، ≠ 16 مم
27	انظر الربط الجانبي	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 4.75 طن
28	4	خاتم	28.O.6، Ø 175 مم، ≠ 28 مم
29	24	سلسلة	16 × 100 مم، طول 1 متر
31	4	طوافة	CB طُفُوّ 260 ليتر مصنوعة بالقالب الدوار من البولي إيثيلين ومملوءة بالبوليستيرين المُمَدَّد
32	انظر الربط الجانبي	حبل مسافة	حبل بوليستيل، Ø 48 مم، طول 2 متر
33	انظر الربط الجانبي	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل Ø 48 مم
34	انظر الربط الجانبي	خاتم مسافة	25.B.6، 90 × 170 مم، ≠ 22 مم
35	انظر الربط الجانبي	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن
36	24	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن

المصدر: Polarcirkel (النرويج).

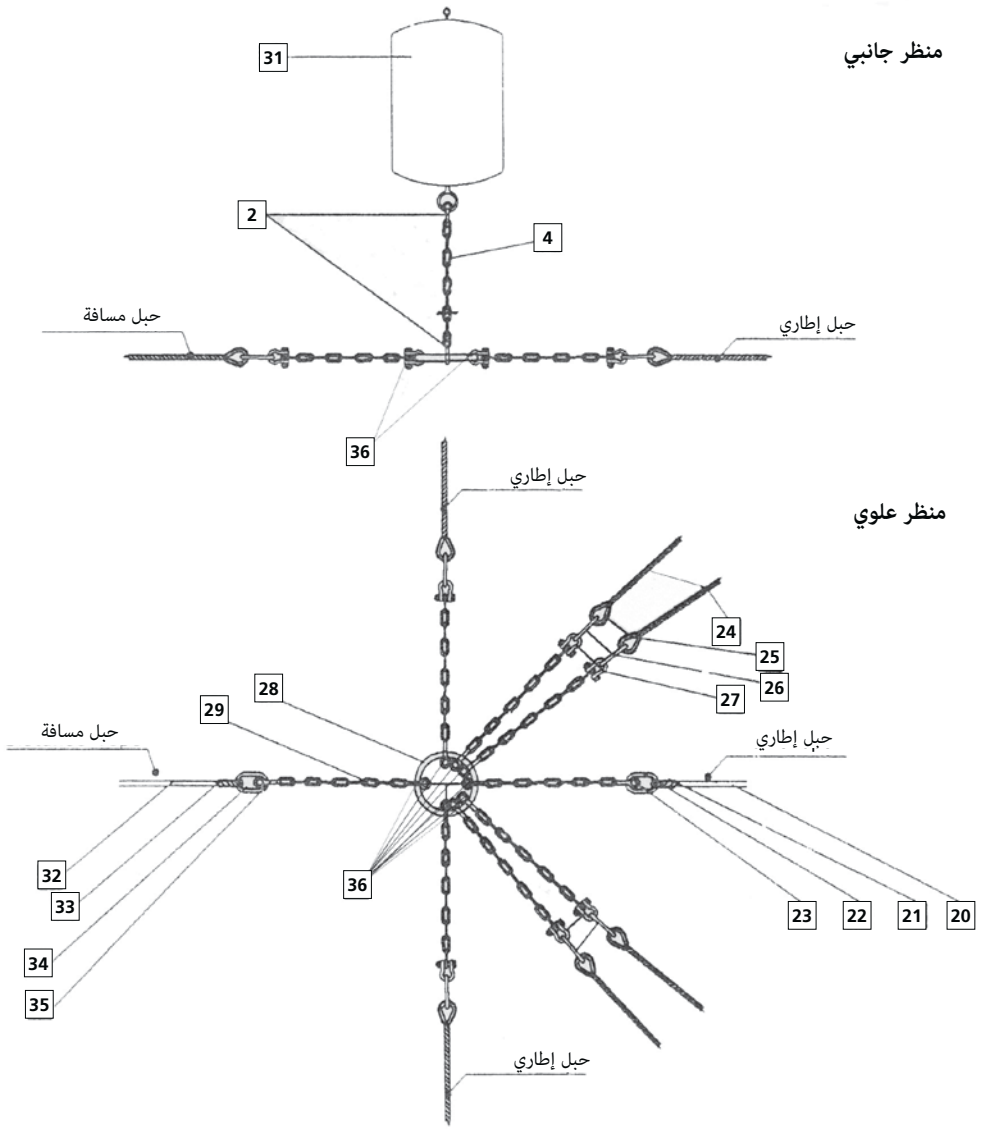
الشكل م4.1
رَبْط مركزي



الهوية	الكمية	الوصف	البيان
2	4	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 4.75 طن
4	2	سلسلة طوافة	13 × 88 مم، طول 6 أمتار
20	انظر الربط الجانبي	حبل إطاري	حبل بوليستيل Ø 48 مم، طول 27.3 متراً
21	انظر الربط الجانبي	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل Ø 48 مم
22	انظر الربط الجانبي	خاتم مُباعَدَة	22.B.6، 90 × 170 مم، ≠ 22 مم
23	انظر الربط الجانبي	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن
24	انظر الربط الجانبي	خط لِجام	حبل بوليستيل Ø 36 مم، طول 20 متراً
25	انظر الربط الجانبي	حلقة	8.5 إنش – مناسبة لحبل Ø 36 مم
26	انظر الربط الجانبي	خاتم مُباعَدَة	16.B.6، 90 × 120 مم، ≠ 16 مم
27	انظر الربط الجانبي	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 4.75 طن
28	2	خاتم	28.O.6، Ø 175 مم، ≠ 28 مم
29	12	سلسلة	16 × 100 مم، طول 1 متر
30	2	طوافة	CB طُفُوّ 680 ليتر – مصنوعة بالقالب الدوار من البولي إيثيلين ومملوءة بالبوليستيرين المُمَدَّد
40	28	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل SWL 8.5 طن

المصدر: Polarcirkel (النرويج).

الشكل م5.1
رَبْط جانبي



الهوية	الكمية	الوصف	البيان
2	12	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل 4.75 SWL طن
4	6	سلسلة طوافة	13 × 88 مم، طول 6 أمتار
20	17	حبل شبيكة	حبل بوليستيل Ø 48 مم، طول 27.3 متراً
21	34	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل Ø 48 مم
22	34	خاتم مُباعَدَة	22.B.6، 90 × 170 مم، ≠ 22 مم
23	34	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل 8.5 SWL طن
24	48	خط لِجام	حبل بوليستيل Ø 36 مم، طول 20 متراً
25	48	حلقة	8.5 إنش – مناسبة لحبل Ø 36 مم
26	48	خاتم مُباعَدَة	16.B.6، 90 × 120 مم، ≠ 16 مم
27	48	صِفاد	الحمولة الآمنة للعمل 4.75 SWL طن
28	6	خاتم	28.O.6، Ø 175 مم، ≠ 28 مم
29	48	سلسلة	16 × 100 مم، طول 1 متر
31	6	طوافة	CB طُفُوّ 260 ليتر – مصنوعة بالقالب الدوار من البولي إيثيلين ومملوءة بالبوليستيرين المُمَدَّد
32	14	حبل مسافة	حبل بوليستيل Ø 48 مم، طول 2 متراً
33	28	حلقة	11 إنش – مناسبة لحبل Ø 48 مم
34	28	خاتم مُباعَدَة	22.B.6، 90 × 170 مم، ≠ 22 مم
35	28	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل 8.5 SWL طن
36	48	أصفاد	الحمولة الآمنة للعمل 8.5 SWL طن

المصدر: Polarcirkel (النرويج).

الملحق 2 – الخصائص التِّقنِيَّة للنسيج الشبكي

الجدول م1.2
شبكة نايلون عديمة العُقَد

جَدْلَة 210/...	نَمَط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)		
			حد أدنى	متوسط	حد أقصى
4	رخو	0.35	–	7.5	–
	متوسط	0.38	–	8.0	–
	قاسٍ	0.40	–	8.5	–
6	رخو	0.51	–	8.8	–
	متوسط	0.53	8.6	9.1	10.2
	قاسٍ	0.55	8.8	9.3	10.3
7	رخو	0.73	–	–	–
	متوسط	0.76	13.5	14.0	14.5
	قاسٍ	0.80	–	–	–
9	رخو	0.77	–	13.5	–
	متوسط	0.82	13.0	14.0	15.5
	قاسٍ	0.85	14.0	15.0	16.5
12	رخو	0.92	16.0	16.5	17.5
	متوسط	0.95	16.5	16.7	18.0
	قاسٍ	1.00	16.0	17.0	19.5
15	رخو	1.21	21.0	22.0	23.5
	متوسط	1.28	21.5	22.5	24.5
	قاسٍ	1.32	22.5	24.0	25.5
18	رخو	1.61	28.0	30.0	31.5
	متوسط	1.71	28.0	30.5	34.5
	قاسٍ	1.80	30.0	31.5	33.5
24	رخو	1.91	32.5	33.5	35.5
	متوسط	1.99	32.5	34.5	37.5
	قاسٍ	2.03	33.0	35.0	38.0
30	رخو	2.12	35.5	37.0	38.5
	متوسط	2.22	–	38.5	–
	قاسٍ	2.46	38.0	39.5	41.0
36	رخو	2.44	44.0	44.5	45.5
	متوسط	2.59	42.0	45.5	48.0
	قاسٍ	2.70	45.0	46.5	47.5
42	رخو	2.65	46.0	47.5	49.0
	متوسط	2.87	46.0	48.5	52.5
	قاسٍ	3.00	46.5	49.5	51.6
48	رخو	3.40	57.5	57.0	59.5
	متوسط	3.55	58.5	59.5	64.5
	قاسٍ	3.68	58.5	61.0	63.0
60	رخو	3.82	61.5	64.5	66.5
	متوسط	4.01	63.0	67.5	73.5
	قاسٍ	4.18	67.0	70.0	74.5
66	رخو	4.45	72.5	75.5	78.0
	متوسط	4.70	72.5	76.0	80.0
	قاسٍ	5.01	–	77.5	–
72	رخو	4.85	80.0	84.5	87.0
	متوسط	5.28	81.5	86.0	93.0
	قاسٍ	5.45	82.5	87.0	92.5

الجدول م1.2 (تتمة)

جَدْلَة 210/...	نَمَط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)		
			حد أدنى	متوسط	حد أقصى
96	رخو	5.51	87.5	92.5	100.5
	متوسط	5.82	90.0	93.5	97.5
	قاسٍ	6.45	90.5	93.5	97.5
120	رخو	6.70	109.5	112.5	116.0
	متوسط	7.11	109.0	114.6	125.0
	قاسٍ	7.55	110.0	115.8	124.5
150	رخو	8.13	125.5	130.5	140.5
	متوسط	8.41	126.0	132.5	141.0
	قاسٍ	9.02	132.5	137.5	143.0
180	رخو	10.01	164.0	168.0	180.5
	متوسط	10.60	160.5	170.0	181.5
	قاسٍ	11.20	157.5	174.5	185.0
200	رخو	10.38	–	174.0	–
	متوسط	11.22	–	183.0	–
	قاسٍ	12.80	–	190.0	–
240	رخو	13.97	200.5	217.0	240.5
	متوسط	14.59			
	قاسٍ	15.40	206.0	219.5	230.5
300	رخو	19.67	265.0	280.0	332.0
	متوسط	21.54	269.5	288.0	297.5
	قاسٍ	23.00	–	305.0	–
400	رخو	26.25	315.5	334.0	355.0
	متوسط	28.33	318.0	338.0	366.5
	قاسٍ	29.76	332.0	349.0	349.5
500	رخو	36.6	–	430.0	–
	متوسط	38.5	–	450.0	–
	قاسٍ	40.60	–	460.0	–
600	رخو	51.00	–	562.0	–
	متوسط	53.60	–	605.0	–
	قاسٍ	55.00	–	636.0	–

المصدر: Badinotti Group SpA.

الجدول م2.2
نسيج شبكي عديم العُقَد من النايلون + البولي إيثيلين

جَدْلَة .../210	نَمَط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
24	رخو	1.44	19.4
48	رخو	2.88	39.0
48 DAL	رخو	3.30	45.0
260	رخو	11.88	118.0
280	رخو	17.00	170.0

المصدر: Badinotti Group SpA.

الجدول م3.2
نسيج شبكي عديم العُقَد من النايلون ذو عقدة مميزة

جَدْلَة .../210	مدى العين (مم)	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
30	10	2.85	42
	12.5	2.76	42
	14	2.70	42
	15.5	2.60	42
	21	2.5	42
36	10	3.80	56
	13	3.55	56
	14	3.52	56
	15.5	3.47	56
	18	3.42	56
	19.5	3.40	56
	21	3.30	56
42	13	4.10	63
	14	3.95	63
	15.5	3.90	63
	18	3.80	63
48	13	4.70	67
	15.5	4.55	67
	18	4.50	67
	19.5	4.45	67
	22.5	4.30	67
	25	4.15	67
60	15.5	5.75	85
	18	5.60	85
	19.5	5.50	85
	22.5	5.30	85
	25	5.15	85
	28.5	4.95	85
66	22	5.62	89
72	22.5	6.06	93
	25	5.90	93
	27	5.90	93
	28.5	5.60	93
84		6.20	106
96	22.5	6.95	118
	25	6.85	118
	28.5	6.75	118
108	25	8.32	138
120		8.74	140

المصدر: Badinotti Group SpA.

الجدول م4.2
النسيج الشبكي العديم العقد الأصلي 100%، التالي مع البولي إيثيلين العالي الضغط (NEXT with HPPE)

جدلة 100% HPPE	نايلون مزدوج تناظُر	نمط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
NEXT 100/72	210/66	متوسط	1.65	72.0
NEXT 100/86	210/96	متوسط	2.20	86.4
NEXT 100/103	210/96+	متوسط	2.53	103.8
NEXT 100/109	210/120	متوسط	2.52	109.0
NEXT 100/152	210/180	متوسط	3.29	152.0
NEXT 100/196	210/200+	متوسط	4.09	196.0
NEXT 100/245	210/240+	متوسط	5.84	245.0
NEXT 100/250	210/240+	متوسط	6.72	250.0
NEXT 100/320	210/400	متوسط	11.20	320.0

المصدر: Badinotti Group SpA.

الجدول م5.2
نسيج شبكي عديم العقد من البولي بروبيلين

جَدْلَة 210/...	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
18	1.36	26.0
48	2.68	49.0
72	4.00	73.0
180	6.14	89.5
200	5.70	97.0
220	8.00	136.0

المصدر: Badinotti Group SpA.

الجدول م6.2
نسيج شبكي عديم العقد من البولي إستر

جَدْلَة 210/...	نمط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
18	رخو	1.39	26
	متوسط	1.54	27
24	رخو	1.61	27
	متوسط	1.79	28
36	رخو	2.17	35
	متوسط	2.47	38
40	رخو	–	–
	متوسط	2.85	40
48	رخو	2.92	44
	متوسط	3.05	47
60	رخو	3.13	46
	متوسط	3.33	48
72	رخو	4.09	58
	متوسط	4.35	60
96	رخو	4.64	67
	متوسط	4.86	73
120	رخو	6.07	96
	متوسط	6.43	99

الجدول م6.2 (تتمة)

جَدْلَة 210/...	نمط الضَّفر	الوزن (1 000 عين × 1 م) (كغ)	الحمولة الكاسرة (BL) (كغ)
150	رخو	6.78	110
	متوسط	7.28	116
180	رخو	8.35	144
	متوسط	9.03	149
192	رخو	–	–
	متوسط	8.84	127
200	رخو	9.55	152
	متوسط	10.15	158
240	رخو	11.25	160
	متوسط	11.96	166
280	رخو	–	–
	متوسط	13.75	183
300	رخو	17.5	206
	متوسط	18.00	214
400	رخو	23.00	280
	متوسط	24.10	300

المصدر: Badinotti Group SpA.

ملاحظات عامة

نمت تربية الأحياء المائية في أقفاص سريعاً في العقود الأخيرة، وكان ثمة تَوَجُّه نحو تطوير نظم أشد كثافة للتربية في الأقفاص واستخدامها للتوسع نحو مناطق مائية جديدة غير معرضة للاستنزاف والانتشار فيها، ولاسيما المياه البحرية البعيدة عن اليابسة. تتباين أقفاص الأسماك من حيث التصميم والحجم والمواد المستَخدَمَة، كونها قد صُمِّمَت للاستخدام في بيئات متنوعة تتدرج بين مواقعَ محميةٍ نسبياً وأخرى ديناميّة شديدة التّعَرُّض، سواء أكانت بُنًى قَفَصيّة عائمة أم مغمورة كلياً. يركز هذا الكُتَيِّب التِّقني على أقفاص البولي إيثيلين العالي الكثافة (HDPE) لأنها واسعة الاستخدام في صناعة الاستزراع السمكي البحري العصرية في أنحاء عديدة من العالم. إنه يُزَوِّدُ القارئ بمعلومات عملية وتِقنيّة رفيعة المستوى حول تصميم قفص أنموذجي من البولي إيثيلين العالي الكثافة ومُكَوِّناته، وحول كيفية تجميع طوق القفص وتركيب الجيب الشبكي. وإلى جانب بُنْيَة القفص، تُقَدِّمُ معلومات شاملة حول منظومة شبيكة الإرساء وتركيبها. نهايةً، يعرض الكُتَيِّب ويناقش معلومات حول عمليات الاستزراع بما فيها صيانة بُنَى التربية وضبطها وزرع الأسماك المزمع تربيتها، وتغذيتها وحصادها وتغليفها، وكذلك حول النواحي التطبيقية والعمليات التشغيلية الدورية الأخرى.

Aquaculture operations in floating
HDPE cages: A field hanbook

I4508AR/1/03.17