ISBA/27/C/11

السلطة الدولية لقاع البحار

المجلس

Distr.: General
31 January 2022
Arabic
Original: English

الدورة السابعة والعشرون

دورة المجلس، الجزء الأول

كينغستون، 21 آذار/مارس – 1 نيسان/أبريل 2022

البند 11 من جدول الأعمال المؤقت*

مشروع نظام استغلال الموارد المعدنية في المنطقة

مشروع مبادئ توجيهية بشأن وضع بيانات مرجعية عن الحالة الأصلية للبيئة

أعدته اللجنة القانونية والتقنية

المحتويات

الصفحة

أولا – مقدمة 4

ثانيا – الغرض والنطاق 4

ثالثا – أخذ العينات والحصول على البيانات 5

ألف – التغير المكاني والزماني 6

باء – إمكانية تكييف استراتيجيات أخذ العينات 10

جيم – التنسيق والتعاون 11

دال – نوعية البيانات 11

هاء – إدارة البيانات والعينات 12

رابعا – الأوقيانوغرافيا الفيزيائية 13

ألف – مقدمة 13

* ISBA/27/C/L.1.

030222 240122 21-17339 (A)

الرجاء إعادة استعمال الورق

باء – درجة الاستبانة عند أخذ العينات 14
جيم – المتغير المقيس: درجة الحرارة والملوحة 16
دال – المتغير المقيس: التيارات 17
هاء – المتغير المقيس: المد والجزر والأمواج 18
واو – المتغير المقيس: الاضطراب 19
زاي – المتغير المقيس: الخصائص البصرية 19
حاء – المتغير المقيس: الضوضاء 21
طاء – جودة البيانات 22
ياء – إدارة البيانات 24
خامسا – الأوقيانوغرافيا الكيميائية والكيمياء الجيولوجية الحيوية 24
ألف – مقدمة 24
باء – المنهجية العامة 26
جيم – درجة الاستبانة عند أخذ العينات 28
دال – المتغير المقيس: المغذيات 29
هاء – المتغير المقيس: الأكسجين 30
واو – المتغير المقيس: نظام الكربونات 33
زاي – المتغير المقيس: الفلزات النزرة 35
حاء – المتغير المقيس: المادة العضوية والمادة غير العضوية 37
طاء – المتغير المقيس: مقتفيات النظائر المشعة (المقتفيات الإشعاعية) 41
ياء – جودة البيانات 43
كاف – إدارة البيانات 44
سادسا – الخصائص الجيولوجية 44
ألف – مقدمة 44
باء – المنهجية العامة 45
جيم – درجة الاستبانة عند أخذ العينات 46
دال – المتغير المقيس: قياس الأعماق 46
هاء – المتغير المقيس: خصائص الرواسب 46

واو – تصنيف الموائل 48
زاي – جودة البيانات 48
حاء – إدارة البيانات 48
سابعا – المجتمعات الأحيائية 49
ألف – مقدمة 49
باء – المنهجية العامة 50
جيم – درجة الاستبانة عند أخذ العينات 50
دال – المتغير المقيس: المجتمعات السطحية 52
هاء – المتغير المقيس: المجتمعات القاعية 55
واو – المتغير المقيس: الترابط 65
زاي – المتغير المقيس: أداء النظم الإيكولوجية 67
حاء – المتغير المقيس: علم السموم الإيكولوجية 71
طاء – المتغير المقيس: الثدييات البحرية وأسماك القرش والسلاحف والسوابح السطحية 72
ياء – المتغير المقيس: الطيور البحرية 73
كاف – جودة البيانات 74
لام – إدارة البيانات 76
ثامنا – المراجع 78

أولا - مقدمة

1 - ينبغي أن يكون بيان الأثر البيئي الذي يود مقدِّم الطلب لخطة عمل إعداده وتقديمه بموجب نظام استغلال الموارد المعدنية في المنطقة (نظام الاستغلال) مستنداً إلى البيانات المرجعية عن الحالة الأصلية للبيئة التي وضعت كجزءٍ من عقد للاستكشاف عملا بأنظمة الاستكشاف ذات الصلة وشروط وأحكام عقد الاستكشاف.

2 - وتركز المبادئ التوجيهية الحالية في المقام الأول على العقيدات المتعددة الفلزات الموجودة في أعماق البحار الواقعة في وسط وشمال غرب المحيط الهادئ وفي المحيط الهندي. وقد لا تنطبق بعض العناصر على جميع أنواع المعادن. وستصدر مبادئ توجيهية مكررة أخرى في المستقبل لتغطية الكبريتيدات الكبيرة الموجودة في قاع البحر والمتعددة الفلزات والقشور المنغنيزية الحديدية الغنية بالكوبالت.

3 - وتحتوي هذه المبادئ التوجيهية على إرشادات بشأن الكيفية التي يتسنى بها لمقدِّم الطلب أو المتعاقد استيفاء المتطلبات المتعلقة بالحصول على البيانات الأساسية الأوقيانوغرافية والبيئية. وتتبنى على التوصيات التوجيهية للمتعاقدين لتقييم الآثار البيئية المحتملة الناشئة عن استكشاف المعادن البحرية في المنطقة وينبغي قراءتها مع تلك التوصيات (ISBA/25/LTC/6/Rev.1 بالاقتران مع ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1).

4 - وينبغي قراءة هذه المبادئ التوجيهية بالاقتران مع نظام الاستغلال، ونظام الاستكشاف ذي الصلة، والقواعد والأنظمة والإجراءات الأخرى ذات الصلة للسلطة الدولية لقاع البحار، والمعايير والمبادئ التوجيهية الأخرى ذات الصلة، بما فيها على سبيل المثال لا الحصر تلك المتعلقة بما يلي:

(أ) عملية تقييم الأثر البيئي؛

(ب) إعداد بيان الأثر البيئي؛

(ج) إعداد خطة الإدارة والرصد البيئيين؛

(د) تطوير وتطبيق نظم الإدارة البيئية.

5 - وفي حالة وجود أي تعارض بين هذه المبادئ التوجيهية ونظام الاستغلال، بما في ذلك مرفقاهما أو أي معايير، يُرجَّح النظام، بما في ذلك مرفقه، والمعايير.

ثانيا - الغرض والنطاق

6 - الغرض الأساسي من الحصول على البيانات الأساسية هو وصف البيئة الحالية بحيث يتسنى تقييم الآثار المحتملة للاستكشاف والاستغلال على البيئة البحرية قبل تنفيذ تلك الأنشطة. وتوضح البيانات الأساسية أيضاً المنهجيات وتشكِّل الأساس لرصد الآثار البيئية على المدى البعيد، وبالتالي ضمان أن يمكن للبيانات الأساسية أن تدعم بشكل فعال تقييمات الأثر البيئي وخطة الإدارة والرصد البيئيين بمجرد بدء أنشطة الاستغلال.

7 - وعند تقديم بيان التأثير البيئي، تقع على عاتق مقدِّم الطلب للموافقة على خطة عمل مسؤوليةُ تقديم تأكيدات بأن تأثير أنشطته لن يتجاوز العتبات المعتمدة. وليس الغرض من هذه الإرشادات تحديد تلك

العتبات، ولا معالجة قضـــايا الحفظ التي ينبغي أخذها في الاعتبار في تلك المرحلة. وتقع على عاتق مقدِّم الطلب مسؤوليةُ وصف كيفية استخدام البيانات الأساسية لاستخلاص الاستنتاجات عن أي تأثيرات في ذلك الوقت. وتحدَّد تدابير الإدارة عند تقديم خطة العمل، لأنها تعتمد على البيانات الأسـاسـية التي تم الحصـول عليها والاستنتاجات التي استخلصـها مقدِّم الطلب، والتي تقيَّم وفقاً لمعايير الأوسـاط العلمية حينذاك. لذلك، تقع على عاتق مقدِّمي الطلبات مسـؤولية التأكد من أن البيانات مناسـبة للغرض. وعلاوة على ذلك، تسـاعد البيانات الأساسية المقدمة على إثراء الخطط الإقليمية للإدارة البيئية.

8 - وتشكل عمليات أخذ العينات المصممة بشكل مناسب حجر الزاوية في المسوحات البيئية والرصد البيئي. وإذا لم تؤخذ العينات بأعداد كافية، مع تغطية مكانية كافية وبواسـطة المعدات المناسـبة بما يتماشـى مع أفضل التكنولوجيات المتاحة والممارسات السليمة المتبعة في القطاع، فستكون جميع البيانات والتحليلات اللاحقة معيبة أو موضـــع شـك. ويكفل اتباع أفضـــل هذه الممارســات أيضــاً ألا يكون لأخذ العينات تأثير إضافي غير ضروري على البيئة.

9 - وتحتوي هذه المبادئ التوجيهية على إرشادات بشأن الجوانب التالية:

(أ) نطاق وتغطية ومعيار البيانات الأساسية اللازمة لوصف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والجيولوجيـة للتجمعـات الأحيـائيـة التي تعيش في المنطقـة والعمود المـائي والتي قـد تتضـــرر جراء أنشطة التعدين؛

(ب) إجراءات الاســتعراض والتقييم المعتمدة لتقييم نوعية البيانات البيئية الأســاســية والدقة الإحصائية اللازمة لكشف التغيير وتمييزه عن المستويين الأساسي/الطبيعي؛

(ج) إدارة البيانات، لا سـيما في ما يتعلق بالبيانات الوصـفية اللازمة للمسـاعدة على إيداع البيانات والإبلاغ عن البيانات البيئية الأساسية.

10 - وفي هذه المبادئ التوجيهية، صُنفت البيانات الأساسية التي ينبغي جمعها تحت العناوين التالية:

(أ) الأوقيانوغرافيا الفيزيائية؛

(ب) الأوقيانوغرافيا الكيميائية والكيمياء الحيوية؛

(ج) الخصائص الجيولوجية؛

(د) التجمعات الأحيائية.

ثالثا - أخذ العينات والحصول على البيانات

11 - ينبغي أن تكون البيانات الأسـاسـية متعددة التخصـصـات للسـماح بإجراء تقييم شـامل للظروف والعمليات البيئية. وأخذ العينات وتكرار التجارب أمران ضـروريان لرسـم صـورة مناسـبة عن البيئة من أجل التعرف على التغيرات وتبيُّن ما إذا كانت مرتبطة بعمليات التعدين أو كانت، بدلاً من ذلك، ناتجة عن تقلبات واتجاهات مكانية وزمنية طبيعية أو أنشطة بشرية غير مرتبطة بنشاط التعدين. فبدون هذه المعرفة، لن يكون من الممكن عزو الانحرافات عن ظروف ما قبل التعدين التي لوحظت أثناء عمليات التعدين إلى أي شـــيء آخر غير أنشطة الاستغلال. لذلك، ينبغي جمع معلومات شاملة عن التغير الطبيعي في الظروف الأساسية قبل بدء مرحلة التعدين التجاري.

ألف - التغير المكاني والزماني

12 - من المرجح أن يختلف حجم التغير ومقاييسه الزمنية المكانية باختلاف المتغيرات واختلاف عناصر النظام الإيكولوجي. وبالتالي، من المرجح أيضاً أن يختلف تكرار التجارب والتواتر اللازمين لمعالجة التغير باختلاف تلك العناصر. ولتحقيق تغطية صحيحة للتغير الزمني والمكاني ولتقليل هامش الخطأ المرتبط بالبيانات، ينبغي الحصول على ملاحظات مستنتجة بعد اختبارات متكررة لاكتشاف التغيرات الحاصلة نتيجة للزمن (المواسم، التغير بين السنوات) والمكان (التغير الأفقي والعمودي)، وللتمييز بين المناطق.

13 - وينبغي توخي الحذر لمواءمة مواقع أخذ العينات الأساسية مع متطلبات الرصد أثناء عمليات التعدين في المستقبل. لذلك ينبغي تحديد موقعها بحيث تصبح لاحقاً مناطق مرجعية للأثر ومناطق مرجعية للحفظ. كما ينبغي أخذها بأعداد كافية بحيث يمكن معالجة الآثار المرتبطة بالتأثيرات المباشرة وغير المباشرة بالدقة الإحصائية اللازمة. وعند اختيار أي ترتيب، ينبغي النظر في ظروف مثل التغير الطبيعي في ظروف المحيط، بما في ذلك اتجاهات تيارات المحيط والسمات التضاريسية الكبيرة ونوع الطبقات التحتية (مثل الطبقات التحتية اللينة والصلبة)، إذ ستؤثر هذه في أي اتجاه وعلى أي مسافة قد يتشتت رشاش الرواسب الناتج عن جهاز جمع عينات التعدين ثم يستقر.

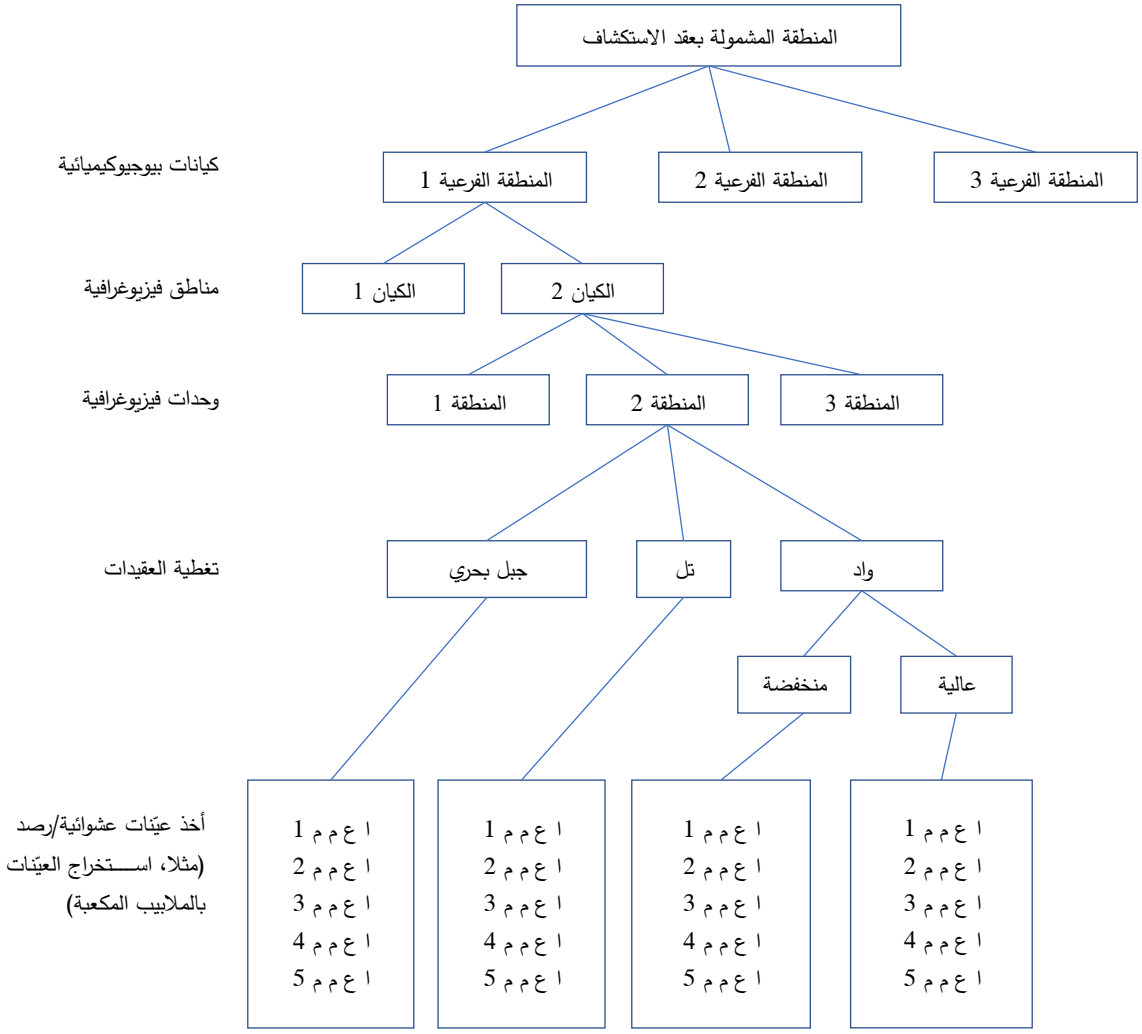
14 - وينبغي استخدام المراجع المعيارية للجغرافيا الأحيائية العالمية للمحيطات لتحديد التجمعات الأحيائية الكبيرة ذات الصلة؛ انظر على سبيل المثال Longhurst (1998) في ما يتعلق ببيئة الطبقات البحرية العلوية، و Sutton et al. (2017) في ما يتعلق ببيئة الطبقات البحرية الوسطى، و Watling et al. (2013) في ما يتعلق ببيئة قاع البحر. وتشكل الجغرافيا الأحيائية الجديدة حالياً محوراً للجهود البحثية، كما هو الحال بالنسبة لدراسات الخصائص الأحيائية الإقليمية، والتي تسمى أيضاً خرائط الموائل الواسعة النطاق، والتي قد تؤدي إلى وضع أداة أكثر عملية لدعم مناهج الإدارة المكانية (McQuaid et al., 2020). وربما تكون وحدات إسري البحرية البيئية (www.esri.com/en-us/about/science/ecological-marine-units/overview) مرجعاً مفيداً في هذا الصدد، ولكن ليس كبديل عن جمع وتحليل بيانات إضافية خاصة بالمواقع. وينبغي رسم خرائط التيارات الرئيسية في جميع أنحاء العمود المائي وينبغي تحديد السمات الأوقيانوغرافية المتوسطة النطاق ودون المتوسطة النطاق ذات الصلة ضمن منطقة أخذ العينات (المقياس: 1-100 كيلومتر)، مثل التعرجات والدوامات والجبهات، وكذلك السمات المتأثرة بالتضاريس الطبيعية لقاع البحر مثل رقاب الجبال البحرية وأعمدة تايلور. وينبغي الاطلاع على البيانات المحفوظة المتعلقة بمقاييس الارتفاع ودرجات حرارة سطح البحر والملتقطة بواسطة سواتل الاستشعار عن بُعد، وينبغي تحليلها لتحديد التيارات والسمات الأوقيانوغرافية السطحية. وينبغي أن تمتد المنطقة المنظور فيها إلى ما وراء المنطقة المشمولة بالعقد لتشمل أنظمة التيارات الرئيسية في المنطقة وتنوعها، بما في ذلك مناطق منشأ السمات الرئيسية المتوسطة النطاق مثل الدوامات. وهذا ضروري لتحديد المنطقة التي ينبغي إدراجها في أنشطة وضع النماذج الأوقيانوغرافية وفهم المصدر المحتمل للملاحظات الأوقيانوغرافية والبيولوجية داخل المنطقة المشمولة بالعقد. ولرصد التغيرات الموسمية والتي تحدث من سنة إلى أخرى وتغطية ما يحدث من الظواهر الأوقيانوغرافية النادرة مثل النينيو، إضافة إلى الاتجاهات المسجَّلة على مدى كل عقد من الزمن، لا بد من سلسلة زمنية تمتد على الأقل 20 عاماً في الماضي وتغطي بيانات درجات الحرارة المقيسة بأنظمة الموجات الدقيقة والأشعة تحت الحمراء. وينبغي تعزيز السلاسل الزمنية

ببيانات لون المحيطات وينبغي مراجعة المناطق المنظور فيها للتحقق من صحة المناطق الأحيائية وتحديد التغير بين السنوات (Henson et al., 2010). وينبغي تحديد المواسم الرئيسية.

15 - وفي المناطق شبه المتجانسة مثل داخل دائرة دوامات محيطية تقع فوق سهل سحيق، قد تكون هناك منطقة عمودية واحدة يمكن التعرف عليها. وقد تشير التدرجات العرضية أو الطولية إلى أكثر من طبقة واحدة. وعلى مقربة من الجبهات وتلال وسط المحيط، قد يكون هناك تغير مكاني كبير يؤدي إلى نشوء مناطق متعددة. وفي حقول الدوامات، ينبغي أن تكون أعمال أخذ العينات مرنة بحيث تشمل دوامات المُرتفع الجوي والمُنخفض الجوي.

16 - وللحصول على عينات من الرواسب والمياه المسامية والعينات البيولوجية (بما في ذلك الحمض النووي الريبي المنزوع الأكسجين والعينات المعدّة للتحليل الجزيئي)، ينبغي استخدام مخطط لأخذ عينات من الطبقات المتداخلة لضمان أن يشمل جمع العينات والبيانات مجمل الظروف البيئية على نطاق أي منطقة مشمولة بعقد استكشاف، كما هو موضح في الشكل أدناه. وعلى أساس البيانات التي تُجمع من أجل المتغيرات الأخرى - في المقام الأول الأوقيانوغرافيا الفيزيائية (انظر الفرع الرابع)؛ والأوقيانوغرافيا الكيميائية (انظر الفرع الخامس)؛ والخصائص الجيولوجية (انظر الفرع السادس) - ينبغي تقسيم المناطق إلى كيانات بيوجيوكيميائية وكيانات منتمية لأعماق البحر. وضمن كل كيان من هذه الكيانات، ينبغي إنشاء مجموعة متداخلة من المناطق الفيزيائية والعناصر أو السمات الجيومورفولوجية والوحدات ذات التضاريس المختلفة وذات التغطية المختلفة للعقيدات (الوفرة والحجم) من أجل تغطية الظروف التي يُتوقع أن تكون مسبِّبات هامة للتغيرات في وظائف التجمعات والوظائف البيوجيوكيميائية. وكل منطقة فيزيوغرافية هي عبارة عن مجمع من الوحدات الفيزيوغرافية داخل منطقة محددة. وتشمل هذه الوحدات الفيزيوغرافية عادة الجبال البحرية والسهول السحيقة والتلال والمنحدرات والقمم والوديان، حيث تتوافر كميات منخفضة إلى عالية من العقيدات ذات الأحجام المختلفة. وينبغي تعريف الوحدات الإضافية حسب الحاجة لتغطية الظروف المحددة وتنوعها في المناطق المعنية المشمولة بالعقد. ويمكن معاينة هذا الأمر في الشكل أدناه. وينبغي تحديد موقع الوحدات ومداها اعتماداً على قياس أعماق البحر من على متن السفن والصور الصوتية والبصرية العالية الدقة لقاع البحر، مثل تلك التي يتحصَّل عليها باستخدام المركبات المشغّلة عن بُعد أو المركبات الغواصة المستقلة أو الأجهزة المتحكّم فيها بالكابلات.

مخطط نظري لبرنامج أخذ العيّنات



مختصر: ا ع م م = استخراج العيّنات بالملابيب المكعبة.

17 - ينبغي إجراء عمليات الرصد في أوقات مختلفة ومحددة سلفاً من السنة لتغطية التغيرات الموسمية في الإنتاجية والظروف الهيدروديناميكية. وعلى وجه التحديد، ينبغي تغطية فترات التناقض بين أنظمة تدفق مياه القاع ومواســمها مع توافر مواد عضــوية مختلفة. وبالإضــافة إلى ذلك، ينبغي قياس التغيرات اليومية طوال دورة الـ 24 ساعة حيثما تكون ذات أهمية (مثل الأنظمة السطحية).

18 - وحيثما تُظهِر المتغيرات تقلبات زمنية كبيرة لا يمكن معالجتها عن طريق إجراء عمليات رصــــد منفصلة وحيث توجد تكنولوجيات الرصد المناسبة مثل المنصات المستقلة وأجهزة الاستشعار وأخذ العينات، ينبغي إجراء عمليات الرصد بشكل مستمر وبوتيرة عالية. وينبغي أن تكون فترات الرصد المستمرة موقوتة لتغطية النطاق الزمني لمتغير معين في موقع معين كما في حالة دورات المد والجزر أو دورات الإنتاجية الموسمية، على سبيل المثال. وينبغي إدراج عمليات لرصد الأنظمة القاعية التي ثبت أنها تُظهر ديناميكيات زمنية مهمة في بيئات المياه العميقة (Davies et al., 2009).

19 - أما المتغيرات التي لا يتوقع أن تظهر تقلبات موسمية كبيرة فينبغي التحقق من صحتها مرة واحدة على الأقل من خلال مقارنة عمليات الرصد في المواسم المتباينة (الربيع/الصيف والشتاء).

20 - وينبغي إجراء عمليات الرصد في المواسم أو الظروف البيئية المتشابهة لتقييم التغير الحاصل بين السنوات. وبما أن التغييرات بين السنوات قد تحدث على مدار عدة سنوات، فإن إجراء عمليات الرصد على مدار عدة سنوات يزيد من احتمال التقاط الأحداث الدورية. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تغطي استراتيجية أخذ العينات الزمنية التغيرات الحاصلة بين السنوات وينبغي أن تشمل الاختلافات الدورية المحتملة، مثل تلك المرتبطة بالتذبذب الجنوبي لظاهرة النينيو. وينبغي مراعاة عوامل الإجهاد الطبيعية الأخرى كالاحتباس الحراري وارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وتأثيرها على البيئة حيث تُجمع البيانات الأساسية وتغيرها الزمني، عند وضع خط الأساس البيئي. وينبغي إيلاء المزيد من الاعتبار للتأكد من أن أي تغير يلاحظ لا يكون نتيجة للاضطراب الناجم عن عمليات أخذ العينات السابقة.

21 - وعند إجراء مقارنات زمنية أو مكانية، ينبغي أن يظل العنصر الآخر ثابتاً. فللمقارنة بين الفصول، على سبيل المثال، ينبغي مقارنة العينات من نفس الوحدة الفيزيوغرافية ونفس الأعماق.

22 - وما لم يُذكر خلاف ذلك في الفروع المتعلقة بمتغيرات بعينها، ينبغي أن تكون درجة الاستبانة العمودية لأخذ العينات على النحو التالي:

(أ) للعينات المأخوذة من العمود المائي (بما في ذلك القياسات الفيزيائية، ما لم يذكر خلاف ذلك في الفرع الرابع - باء)، ينبغي استخدام درجة استبانة أعلى لأخذ العينات عند عمق 200 متر تحت السطح (ثلاث أو أربع عينات على أعماق محددة على أساس التغير الموضعي) وعند 500 متر فوق قاع البحر (على سبيل المثال عند 5 م، و 10 م، و 25 م، و 50 م، و 75 م، و 100 م، و 150 م، و 200 م، و 500 م فوق قاع البحر)، علماً بأن الظروف الجوية السطحية والتضاريس المحلية قد تؤثر على درجة الاستبانة التي تكون ممكنة في مواضع قريبة جداً من قاع البحر؛

(ب) للعينات المأخوذة من قاع البحر، وما لم يُشر إلى درجة استبانة أعلى في الفروع الخاصة بالمتغيرات المحددة، ينبغي أن تكون درجة الاستبانة العمودية بين 0-0,5 سم، وبين 0,5-1 سم، وكل 1 سم في الأسفل حتى عمق 10 سم، وكل 2 سم من على عمق 10 سم إلى عمق 20 سم أو نزولاً إلى العمق المتوقع أن تتأثر الرواسب عنده بمعدات التعدين، أيهما أعمق. وعند الحاجة إلى قياسات أعمق، ينبغي أخذ عينات عند كل 5 سم بين عمق 20 سم وعمق 50 سم، وكل 20 سم في طبقات أعمق فوق عمود رواسب يصل إلى 5 أمتار. وينبغي اعتبار درجة الاستبانة هذه دليلاً وينبغي زيادتها حيث تشير الدراسات الأولية التي تجرى بدرجة استبانة عالية، مثل تحديد مناطق الأكسدة والاختزال، إلى الحاجة إلى المزيد من الطبقات لتمييز الملامح الرأسية بشكل مناسب. وعندما تكون ظروف الرواسب السطحية أكثر سيولة ولا يمكن أخذ شرائح ذات درجة استبانة عالية، ينبغي اتباع نهج أكثر واقعية وينبغي أخذ عينات بمقدار 0-1 سم.

23 - وينبغي الحصول على عينات مكررة عشوائية من كل موقع للعينات وينبغي أن يكون تكرار التجربة كافياً لتغطية التغير الحاصل وللتمييز بين الوحدات الفيزيوغرافية. ويتحدَّد عدد العينات المكررة المطلوبة لوصف ظروف خط الأساس في منطقة معينة بناء على عدد من العوامل، من بينها المتغير قيد النظر، ومن المرجح أن يختلف باختلاف المناطق المشمولة بالعقد. لذلك، ينبغي تبرير عدد العينات المكررة باستخدام

الإحصاءات المناسبة. ويُتوقع انخفاض التغير الزماني والمكاني في طبقات الرواسب العميقة. ومن ثم، لتقييم الظروف في طبقات الرواسب العميقة، قد تكون القياسات في عينة لبّية طويلة واحدة من كل موقع تتكرر على مدى عدة حملات قياسات كافية، ما لم تلاحَظ تغيرات زمنية أو مكانية واسعة النطاق.

24 - وينبغي اعتبار العينات أو البيانات التي تُجمع أثناء نشر منصة واحدة نفسه، مثل العينات اللبّية المأخوذة من عملية واحدة لنشر ملابيب متعددة أو أجهزة استشعار متعددة مثبتة على جهاز إنزال، ينبغي اعتبارها نقطة واحدة لأخذ العينات (أي اختبار بيولوجي واحد). وعند تقسيم العينات، ينبغي أن يكون الغرض هو الحصول على متغيرات مختلفة من نفس العينة وليس إنشاء عينات زائفة. وتُنشأ العينات الزائفة عندما تؤخذ عينات فرعية من نفس العينة الرئيسية، كعينة لبية مكعبة أو عدة عينات لبية من جهاز إنزال واحد لملباب متعدد الأذرع، ثم تُعامل وكأنها تجارب مكرَّرة. وهذه العينات ليست مستقلة من الناحية الإحصائية.

25 - وفي الحالات التي لا يتم فيها تفصيل عملية أخذ العينات اللازمة لتحديد التغير المكاني والزماني في الفروع ذات الصلة أدناه، فإن البروتوكولات الواجب اتباعها هي تلك المبينة في الوثيقة ISBA/25/LTC/6/Rev.1 بالاقتران مع ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1.

باء - إمكانية تكييف استراتيجيات أخذ العينات

26 - ينبغي أن تتبنى الاستراتيجيات الأولية لأخذ العينات والرصد على أفضل البحوث والبيانات المتاحة. وينبغي تنقيح الاستراتيجيات بانتظام كلما توفر المزيد من المعلومات للتأكد من أنها وافية بالغرض ولكي تبين التقلبات المكانية والزمانية بشكل مناسب. وينبغي إثبات أن عمليات الرصد التي تجرى في مناطق أو على نطاقات مكانية اعتبرت متجانسة بالفعل تظهر تبايناً أقل من عمليات الرصد التي تجرى في المناطق التي يتوقع فيها المزيد من التباين. كما ينبغي التثبت مما إذا كانت عمليات الرصد التي تجرى في مواسم مماثلة أقل تبايناً من عمليات الرصد التي تجرى خلال أوقات مختلفة من العام. ومع ذلك، ينبغي إجراء تغييرات في استراتيجية أخذ العينات بحذر حتى لا تفوت الأحداث العرضية، أو يترك التغير الحاصل بين السنوات دون حل أو يؤدي ذلك إلى عدم الاتساق الذي يمنع التحليل الزمني، خاصةً إذا توقفت عمليات الرصد في مواقع معينة أو خلال مواسم معينة.

27 - وقد تم الحصول على إسهامات من بعض الخبراء للتأكد من أن المنهجيات الواردة في هذه المبادئ التوجيهية تتوافق مع أفضل الممارسات. ومع ذلك، فإن التقنيات والإجراءات تتطور بمرور الزمن. لذلك، لتوصيف البيئة بشكل مناسب، ينبغي استخدام أفضل التكنولوجيات المتاحة أو، إذا لم تكن كذلك، ينبغي تقديم تبرير لذلك. وينبغي التماس التعليقات المستقلة من منظمة أو شخص لديه خبرة ذات صلة في هذا المجال تيسيراً لإدخال التعديلات المناسبة عند اللزوم. وعندما يكون جمع البيانات قد بدأ بالفعل، ينبغي توخي الحذر لضمان اتساق البيانات التي تم الحصول عليها مع النهج المختلفة للسماح بإجراء تقييمات متكاملة لجميع البيانات التي تم الحصول عليها.

28 - ومع توافر تفاصيل التكنولوجيا التي ستُستخدم لاستغلال الموارد ومضي عملية الاستكشاف قدماً، ينبغي تعديل برنامج أخذ العينات حسب الاقتضاء لضمان تركيز البيانات الأساسية على المناطق التي يُتوقع حدوث التعدين فيها وحيث يحتمل معاينة أي تأثير. وهذا مهم بشكل خاص عندما يتجاوز العمق المحتمل للتعدين أعماق أخذ العينات المقترحة للمتغيرات الفردية أو حيثما يتبين وجود تغير كبير في المعالم.

جيم – التنسيق والتعاون

29 – ينبغي، حيثما أمكن، مواءمة قياسات المتغيرات المختلفة من حيث الزمان والمكان على السواء لتيسير التحليل المتكامل للبيانات ولتعزيز القدرة التفسيرية. وهذا مهم بشكل خاص للمتغيرات ذات الصلة بالعمليات المترابطة أو المماثلة التي تقع ضمن نفس التخصصات أو تلك المترابطة في ما بينها ارتباطاً وثيقاً (مثل الجيولوجيا – الكيمياء الحيوية للرواسب وما إلى ذلك؛ الأوقيانوغرافيا – كيمياء المحيطات، علم الأحياء في عرض البحر، وما إلى ذلك)، أو التي تحتاج إلى دمجها لإنشاء منتجات مشتقة. وحيثما تكون المنهجية متوافقة، ينبغي استخدام عينات مأخوذة من عينات لبّية متفردة للرواسب لتحليل معالم متعددة (على سبيل المثال، نفس العينات اللبّية للمياه المسامية وخصائص الرواسب). ولا ينبغي تقسيم العينات اللبّية المأخوذة بملابيب مكعبة من الكائنات الحيوانية الضخمة والعيانية إلى عينات فرعية (انظر الفرع السابع، الفقرات 234–237).

30 – وينبغي أن يتعاون المتعاقدون ويتبادلون البيانات والمعلومات مع بعضهم البعض ومع الأوساط العلمية حيثما أمكنهم ذلك لتسهيل إجراء التحليلات التي تتجاوز المناطق المشمولة بالعقود الخاصة بالمتعاقدين الأفراد. وسيساعد القيام بذلك على تهيئة سياق في شكل أنماط واسعة النطاق. وهذا السياق يمكن أن يسهّل تفسير واستخدام الملاحظات الأساسية ودعم التحليل على نطاق واسع، ويمكن لنتائج ذلك أن تثري خطط الإدارة البيئية الإقليمية. ومن الميزات الأخرى لهذا النهج أنه يخفّف من العبء الملقى على عاتق المتعاقدين الأفراد.

31 – ويوصى بشدة بتبادل البيانات بين المتعاقدين والأوساط العلمية لضمان الحصول على بيانات عالية الجودة باتباع أحدث المنهجيات.

32 – وتناول النظام العالمي لرصد المحيطات (www.goosocean.org) أيضاً العديد من المتغيرات التي نوقشت في هذه المبادئ التوجيهية. فقد أنشأ هذا النظام إطار عمل بشأن المتغيرات الأساسية للمحيطات التي يمكن استخدامها لوضع خطة فعالة من حيث التكلفة لتجميع نظرة عامة عالمية مثلى عن كل متغير أساسي في المحيطات. وتحتوي العديد من المتغيرات الواردة في هذه المبادئ التوجيهية على صحيفة حقائق أساسية عن متغيرات المحيطات المرتبطة بها والتي أنشأتها ونشرتها فرق الخبراء. وتبيّن صحائف الوقائع القياسات الواجب أخذها وخيارات الرصد المتاحة وممارسات إدارة البيانات التي ينبغي اتباعها. كما أنها تحيل المستخدم إلى أفضل الممارسات والأدلة وتحتوي على معلومات أساسية. والمعلومات الواردة فيها هي تكملة لهذه المبادئ التوجيهية. وتتوافق المجموعة الحالية من المتغيرات الأساسية للمحيطات مع الملاحظات الفيزيائية والكيميائية الحيوية لعلوم المحيطات ولكنها تفتقر إلى معلومات مهمة عن علم الأحياء والكيمياء الجيولوجية الحيوية القاعية.

دال – نوعية البيانات

33 – ينبغي مقارنة جميع البيانات التي تم قياسها بالملاحظات المستمدة من نفس المنطقة أو نفس العمق والمناطق البيوجغرافية المتوفرة في المؤلفات العلمية وفي المصادر الأخرى. ويُعتبر التوافق الجيد بين أحدث النماذج وملاحظات المتغيرات مؤشراً قوياً على مجموعة بيانات أساسية ذات نوعية جيدة وتتسم بالاتساق والاكتمال. لذلك ينبغي أن تكون مقارنة الملاحظات بنتائج النموذج عنصراً أساسياً للإبلاغ وينبغي أن تتضمن إشارة إلى جميع المعلومات اللازمة لتشغيل النموذج وإعادة إنتاج النتائج. وفي حالة حدوث تناقضات

بين القياسات والنموذج، ينبغي فحصها لتصحيح الخطأ. وقد يتطلب القيامُ بذلك تكييف النموذج أو جمع المزيد من العينات.

34 - وإذا لوحظت انحرافات كبيرة لا يمكن عزوها إلى اختلافات حدثت في الظروف البيئية، فينبغي فحص الطرق أو التحقق من صحتها مع مختبرات أخرى.

35 - وينبغي توثيق مسار العمل الكامل، بما في ذلك المعلومات التفصيلية عن منهجية القياس ومراقبة الجودة (على سبيل المثال المعايير والفراغات المقيسة) توثيقاً كاملاً، لا سيما في الحالات التي لا تتوفر فيها معايير أو حيثما انحرفت الأساليب المطبقة عن المعايير المتفق عليها. وعند استخدام طرق غير قياسية، ينبغي تعميم هذه الأساليب علناً عن طريق نشرها في المجلات ذات الصلة أو في قواعد بيانات الطرق المعمول بها (على سبيل المثال، نظام أفضل الممارسات في مجال المحيطات للجنة الأوقيانوغرافية الحكومية أو منصة protocols.io).

36 - ويعتمد عدد العينات المكررة المطلوبة ضمن كل وحدة فيزيوغرافية على التباين الطبيعي الموجود (انظر أعلاه). وينبغي استخدام الأساليب الإحصائية، بما في ذلك تحليل الطاقة (Jumars, 1981)، لاتخاذ قرار بشأن الجهد المبذول لأخذ العينات المطلوب لاكتشاف التغييرات النسبية بدرجة استبانة مناسبة.

37 - وينبغي عرض هامش الخطأ وحدود الكشف عن المنهجية إلى جانب أي قياسات.

38 - وحيثما تصحَّح البيانات من حيث العمق أو درجة الحرارة أو حجم العينة أو أي متغير آخر، ينبغي تقديم تفاصيل التصحيح وشرح الإجراء بدقة. وينبغي أن تكون هذه المعلومات مصحوبة بالبيانات الأولية.

39 - وحيثما تُستخدم منهجيات مختلفة نتيجة لإمكانية تكييف استراتيجيات أخذ العينات أو من خلال التعاون في مجمل الدراسات، ينبغي تقديم أي تفاصيل عن منهجية التوحيد لجعل النتائج قابلة للمقارنة.

40 - وحيثما تحتاج أجهزة أخذ العينات إلى ضبط، ينبغي أن يتم ذلك في أقرب وقت ممكن من موعد استخدامها (مثلا بالنسبة للتشخيص الدقيق للأس الهيدروجيني في عين المكان، ينبغي ضبط الأقطاب الكهربائية على متن سفينة أخذ العينات قبل إرسالها).

41 - وتتعلق المعلومات الواردة في هذه المبادئ التوجيهية بالحد الأدنى من التوقعات. وستزيد أي عينات أو تحليلات إضافية تتجاوز ما هو مذكور في هذه الوثيقة والوثائق الإضافية المذكورة من الجودة، وبالتالي فهو أمر يشجَّع عليه.

هاء - إدارة البيانات والعينات

42 - ينبغي حفظ البيانات (بما في ذلك البيانات الوصفية) والعينات والنماذج باستخدام معايير الحفظ الملائمة الطويلة الأجل تسهيلا لإعادة النظر في المعلومات الأولية، إذا تطلب الأمر مزيداً من التحليل أو مراقبة الجودة.

43 - وينبغي على المتعاقد أن يحفظ البيانات الأولية بطريقة يمكن تتبعها حتى مصدرها. وينبغي تضمين مساحة ووقت الجمع والمنهجية المستخدمة فيها.

44 - وينبغي تقديم البيانات الأولية والمشتقة، في شكل متفق عليه، إلى مراكز تجميع البيانات العالمية المعتمدة التي تزاول عملها منذ مدة طويلة والتي توفر سبل الاطلاع على تلك البيانات للناس دون قيود.

45 - وينبغي تخزين البيانات الرقمية، بما في ذلك البيانات الوصفية ذات الصلة، بأمان محلياً وفي السحابة الإلكترونية لضمان توافرها على المدى الطويل. وينبغي أيضاً أن تقدَّم إلى أمانة السلطة على النحو المبين في التوصيات لإرشاد المتعاقدين بشأن محتوى التقارير السنوية وشكلها وهيكلها (ISBA/21/LTC/15).

46 - وينبغي نشر البيانات والنتائج في المجلات العلمية الدولية والخاضعة لاستعراض الأقران والمتاحة للجميع، وينبغي تقديمها في المؤتمرات العلمية الدولية لتيسير نشر المعلومات الجديدة. وعلاوة على ذلك، يساعد نشرها العديد من الخبراء المستقلين على تقديم تعليقاتهم وإبداء موافقتهم.

47 - وينبغي جمع إحداثيات الطول والعرض بالدرجات العشرية وفقاً للنظام الجيوديسي العالمي لعام 1984، وينبغي تسجيل الوقت والتاريخ بالتوقيت العالمي الموحّد. وينبغي أن تُتبع في أشكال التقارير المعاييرُ الدولية المقبولة.

48 - وينبغي تسجيل البيانات الوصفية القياسية (بما في ذلك الموقع، وعمق المياه، ورقم تعريف الرحلة، ورقم تعريف المحطة، والمحقِّق الرئيسي) باتباع معايير البيانات الوصفية المعمول بها.

49 - وكجزء من تقديم البيانات إلى السلطة، ينبغي للمتعاقدين تقديم معلومات مفصلة عن أجهزة الاستشعار وجهاز أخذ العينات المستخدم (النوع، والشركة المصنّعة، ورقم التعريف، وتاريخ وطريقة آخر عملية ضبط) وتقديم وصف مفصل للطرق المتبعة في القياس وتحليل العينات، بما في ذلك تفاصيل نشر معدات أخذ العينات، والمعلومات المرجعية المتعلقة بالمعايير المعتمدة، وأفضل الممارسات المرعية أو توصيف الطريقة في المنشورات العلمية المتبعة، بما يتماشى مع الإرشادات ذات الصلة.

50 - وحيثما تحتوي المعلومات الوصفية على إشارات إلى المنشورات (مثل تقارير الرحلات البحرية أو أوصاف الأساليب)، ينبغي توفير معرِّفات ثابتة أو نسخ مطابِقة منها لضمان توافرها على المدى الطويل.

51 - وبالنسبة للبيانات المشتقة، ينبغي توفير البيانات الوصفية ذات الصلة، بما في ذلك جميع المعلومات اللازمة لإعادة إنتاج التحليلات، وإذا لزم الأمر مع التحويلات المطبقة. وينبغي توفير مرجع للبيانات الأولية، وينبغي أن يشمل القياسات الأساسية وجميع المتغيرات الداعمة المستخدمة في الحسابات. وينبغي تحديد البروتوكولات والبرمجيات والرموز المستخدمة في الموارد الإلكترونية المفتوحة للجميع باستمرار والتي تسمح بمراقبة الإصدار وتحتوي على معرِّفات ثابتة (مثلا موقع GitHub أو منصة Protocols.io).

52 - وتنطبق هذه المبادئ على جميع المتغيرات. وترد معلومات إضافية في الفروع أدناه.

رابعا - الأوقيانوغرافيا الفيزيائية

ألف - مقدمة

53 - تتمثل الأهداف الرئيسية لإنشاء خط الأساس لأغراض الأوقيانوغرافيا الفيزيائية لأي منطقة مشمولة بالعقد في ما يلي:

(أ) تحديد الظروف الفيزيائية المائية والديناميكية المائية وهيكل العمود المائي وتغيره من أجل:

'1' فهم موائل الكائنات البحرية؛

'2' تحديد استراتيجية مفصلة لأخذ العينات لتدابير أخذ العينات الأخرى؛

(ب) تقييم التشتت المحتمل لأي أعمدة ناجمة عن العمليات والتصريف وحجمها وخصائصها.

54 - وينبغي تحديد المتغيرات التالية من أجل تحديد خط الأساس لأغراض الأوقيانوغرافيا الفيزيائية:

(أ) درجة الحرارة والضغط والملوحة: معايير مياه البحر التي تحدِّد طبقات العمود المائي والكتل المائية المتميزة التي ينبغي قياس المتغيرات الأخرى ضمنها. وستكون هذه المتغيرات ضرورية أيضاً عند استخلاص المعلومات من البيانات الأخرى؛

(ب) التيارات: معرفة التيارات أمرٌ بالغ الأهمية لفهم الترابط بين مجموعات الكائنات البحرية ولتقييم مدى تشتت أي أعمدة ناجمة عن العمليات والتصريف؛

(ج) المد والجزر والأمواج: تتفاعل المد والجزر مع تدفق التيارات للتأثير على عملية الاختلاط. ويؤثر المد والجزر أيضاً في بعض الكائنات البحرية (دورات المد والجزر)؛

(د) الاضطراب: الاختلاط المضطرب العمودي عاملٌ مهيمن في التحكم في التدفق العمودي للمواد في العمود المائي، بينما يؤدي الاختلاط المضطرب بفعل المواد القاعية دوراً مهماً في تحول كتلة الماء؛

(هـ) الخصائص البصرية: يكتسي اختراق الضوء وتوافره أهمية حاسمة للعديد من العمليات في الجزء العلوي من العمود المائي، بما في ذلك تكوين الكتلة الحيوية بواسطة العوالق النباتية المحيطية من خلال التمثيل الضوئي، والدوران البيوجيوكيميائي من خلال التفاعلات الكيميائية الضوئية وتسخين الجزء العلوي من المحيط. وتشمل الخصائص البصرية أيضاً حقل الضوء ذي الصلة بأنواع الحيوانات التي تستخدم الومَضان الأحيائي للتغذية والاختباء والتكاثر. وقد تمنع جزيئات الرواسب الآتية من عمود نزح المياه الحيوانات من استخدام الومَضان الأحيائي، مما يقلِّل من نجاح فرص التزاوج و/أو التغذية؛

(و) الضوضاء: تحدث الضوضاء بسبب العديد من المصادر الموجودة داخل المحيط وعلى سطحه. ويمكن أن تؤثر في طائفة متنوعة من الكائنات البحرية، بما في ذلك اللافقاريات والأسماك والثدييات البحرية. وقد تتأثر الأنواع البحرية في تطورها وأجسامها ووظائفها وسلوكها، وخدمات النظام الإيكولوجي ومعدلات الوفيات، التي بدورها لها تأثير اجتماعي - اقتصادي على مصائد الأسماك. وعلاوة على ذلك، يمكن أن تؤثر الأنشطة المُحدثة للضوضاء في صحة الكائنات الحية ورفاهية الأنواع البحرية وديناميكيات النظام الإيكولوجي.

باء - درجة الاستبانة عند أخذ العينات

55 - بالنسبة للعديد من طرق أخذ العينات المادية، ينبغي استخدام نفس وسيلة أخذ العينات لأخذ العينات في نفس الوقت. فهذا النهج يزيد في درجة الاستبانة بشكل كبير وينبغي اتباعه حيثما أمكن.

56 - وينبغي تحديد التغير في المعالم المادية باستخدام منهجية مختلفة لأخذ العينات، وذلك على النحو المبين أدناه:

(أ) التغير المكاني (العمودي): المحطات (الموصلية ودرجة الحرارة والعمق وأجهزة أخذ عينات المياه)، ومحدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المنزّل، والأجسام العائمة/العوامات المنجرفة، والمركبات الغواصة المستقلة/العوامات الانسيابية، ومحدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المركّب على السفينة؛

(ب) التغير المكاني (الأفقي): الأقسام (الموصلية ودرجة الحرارة والعمق وأجهزة أخذ عينات المياه)، والأجسام العائمة/العوامات المنجرفة، والمركبات الغواصة المستقلة/العوامات الانسيابية، ومحدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المركّب على السفينة، والاستشعار عن بُعد بواسطة السواتل؛

(ج) التغير الزمني: المراسي/العوامات المتحركة المزودة بمحدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار أو عدادات تسجيل التيار الأخرى، ومحطات/أقسام إعادة الإرسال، والأجسام العائمة/العوامات المنجرفة، وأجهزة الإنزال إلى القاع، والاستشعار عن بُعد بواسطة السواتل.

57 - وينبغي إجراء القياسات وأخذ العينات الأوقيانوغرافية والهيدروكيميائية في نفس المحطات المستخدمة لأخذ العينات البيولوجية، مع إجراء قياس واحد على الأقل داخل كل منطقة فيزيوغرافية. وعندما تكون المسافات بين المناطق الفيزيوغرافية أكثر من 50 كم، يوصى بإدراج محطات إضافية على الأقل بحيث تضاف محطة واحدة عند كل 50 كم في كلا الاتجاهين العرضي والطولي، مع درجة استبانة أعلى في المناطق ذات التدرجات الأفقية الكبيرة أو السمات التضاريسية الواسعة النطاق (محطة واحدة عند كل 10-30 كم).

58 - وينبغي استخدام جهاز لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق مزود بأجهزة استشعار إضافية (مثل التعكّر أو الأكسجين المذاب أو الأس الهيدروجيني أو الفلورية أو الإشعاع النشط بالتمثيل الضوئي)، وينبغي دمجه مع جهاز وردي الشكل لجمع عينات المياه لدراسة التغير لعمودي لخاصيتي العمود المائي الفيزيائية والكيميائية. وينبغي أن تكون درجة الاستبانة عند أخذ العينات للمعالم الفيزيائية أعلى من المعالم الأخرى. لذلك، بالإضافة إلى الأعماق المذكورة في الفقرة 22، ينبغي أخذ العينات عند عمق 0 م، و 10 م، و 25 م، و 30 م، و 50 م، و 75 م، و 100 م، و 125 م، و 150 م، و 200 م، و 250 م، و 300 م، ثم عند كل 100 م نزولاً إلى 600 1 م، و 750 1 م، و 000 2 م، ثم عند كل 500 م إلى 200 م فوق قاع البحر.

59 - وينبغي تعديل مخطط أخذ العينات هذا حسب الاقتضاء لضمان تبيان جميع السمات المهمة للعمود المائي.

60 - ولدراسة التغير النهاري لخصائص العمود المائي، ينبغي إنشاء محطة نهارية لكل فيزيوغرافية. وينبغي أخذ العينات من السطح حتى عمق 200 م. وكما ورد في الفرع الثالث - ألف، ينبغي تكرار أخذ العينات كل موسم على مدى عدة سنوات لتحديد التغير السنوي والتغير الحاصل في ما بين السنوات.

61 - وبالإضافة إلى الأعماق المذكورة في الفرع الثالث - ألف، ينبغي قياس التيارات على السطح وعند الأعماق التالية: 10 م، و 25 م، و 50 م، و 100 م، و 200 م، و 300 م، و 500 م، و 750 م، و 000 1 م، و 200 1 م، و 500 1 م، ثم عند كل 500 م إلى 200 م فوق قاع البحر. وينبغي تعديل هذا المخطط إذا كان الهيكل العمودي للكتل المائية يوحي بأن القيام بذلك ضروري. ويمكن استخدام توليفة من محدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار المركبة على ناقلات مختلفة للحصول على بيانات وعينات عن التغير المكاني (العمودي والأفقي) والزمني للتيارات. ويمكن الحصول على ملفات عالية الجودة لتعريف

سرعة العمق المطلقة باستخدام محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار (بشكل منفصل أو مدمج مع جهاز لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق). ويؤدي استخدامه مع محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المركّب على السفينة و/أو محدِّد دوبلر صوتي ثانوي لقياس التيار موجَّه نحو الأعلى إلى تحسين جودة البيانات المتحصل عليها (Thurnherr et al., 2010).

62 - ويقوم محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المركّب على السفينة بجمع البيانات عن التوزيع المكاني للتيارات على أعماق تصل إلى 600 1 متر، وذلك بحسب مواصفات محدِّد دوبلر المستخدَم. ومع ذلك، ثمة خطأ كبير في القياس بالنسبة للقياسات على نطاقات طويلة (800 م و 600 1 م، على التوالي). وللحصول على درجة استبانة أفضل في الجزء العلوي من 100-200 متر، ينبغي الجمع بين جهازين من أجهزة محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار المركّبة على السفينة (على سبيل المثال OS75 أو OS38 مع OS150 أو WH300) (Firing and Hummon, 2010).

63 - وينبغي استخدام المراسي المزودة بمحدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار (أو غيرها من عدادات تسجيل التيار) لدراسة التغير الزمني للتيارات وخصائص العمود المائي الأخرى. وينبغي نشر المراسي لمدة لا تقل عن 12 إلى 13 شهراً (لتغطية دورة سنوية واحدة)؛ فعمليات النشر الأطول تسفر عن جمع معلومات أفضل. وينبغي أن يكون عدد محدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار (أو عدادات تسجيل التيار الأخرى) كافياً لضمان تغطية مفصلة لمسافة 200 متر من القاع. ويوصى بشدة باستخدام محدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار إضافية (أو عدادات تسجيل التيار الأخرى) في الطبقات السطحية والمتوسطة والسحيقة.

64 - وترد التوصيات في المؤلفات المنشورة عن محدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار المنزّلة (Thurnherr et al., 2010)، ومحدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار المركّبة على السفن (Firing and Hummon, 2010)، ومحدِّدات دوبلر الصوتية لقياس التيار ومحدِّدات دوبلر الصوتية المقطورة (Sgih et al., 2001).

65 - وينبغي نشر مصائد الرواسب وغيرها من المعدات ذات الصلة في المراسي من أجل الحصول على بيانات عن التغير الزمني لخصائص المياه الأخرى والترسّب.

66 - وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي نشر الأجسام العائمة والعوامات المنجرفة لدراسة التغير الزمني للتيارات في الأعماق المناسبة.

جيم - المتغير المقيس: درجة الحرارة والملوحة

67 - ينبغي إجراء تحديد سمات الموصلية ودرجة الحرارة والعمق للعمود المائي أو الاستشعار بواسطة المركبات المشغّلة عن بُعد أو المركبات الغواصة المستقلة أو العوامات الانسيابية لتوصيف الظروف الفيزيائية للعمود المائي. وينبغي وصف مياه البحر وفقاً لمعيار TEOS-10. وبالإضافة إلى التكوين القياسي لقياس الضغط (المحوَّل إلى العمق) والموصلية (المحوَّلة إلى الملوحة) ودرجة الحرارة، ينبغي استكمال أي عينات تؤخذ لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق باستخدام مستشعرات إضافية للمعالم الأخرى حيثما أمكن ذلك (لتحديد أمور منها، على سبيل المثال، التعكّر والأكسجين المذاب والأس الهيدروجيني والفلورية والإشعاع النشط بالتمثيل الضوئي والنترات وقياس الارتفاع). وترد الاعتبارات الرئيسية

لجمع بيانات جيدة عن الموصلية ودرجة الحرارة والعمق ومعايير البيانات في ICES Data and Information Group (2006).

68 - ويمكن تركيب أجهزة قياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق أو أجهزة الاستشعار المناسبة على أسلاك، أو أجسام عائمة/عوامات منجرفة، أو مراسي/عوامات متحركة أو أجهزة إنزال إلى القاع، أو يمكن استخدامها كأجهزة سابحة لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق. والمسبار السابح لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق مسبارٌ يُطلق من قاذف محمول أو مثبت ويُسترجع عن طريق لف الحبل للخلف بينما تحافظ السفينة على مسارها وسرعتها.

69 - وينبغي استخدام قياسات أجهزة الاستشعار عن بُعد بواسطة السواتل للحصول على معلومات عن المعالم الأوقيانوغرافية على نطاق زمني شامل. وبالإضافة إلى درجة حرارة السطح وملوحة السطح، يمكن للسواتل قياس توزيع الجليد البحري، وارتفاع الأمواج، وارتفاع السطح، والتبعثر المرتد لموجات الرادار، ولون المحيط. ويمكن الاطلاع على قدر كبير من المعلومات عن السواتل ومجموعات البيانات في المواقع الشبكية الخاصة بكل من الإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (لا سيما مركز المحفوظات النشطة الموزعة لعلم الأوقيانوغرافيا الفيزيائي بمختبر الدفع النفاث)، والإدارة الوطنية لدراسة المحيطات والغلاف الجوي، ووكالة الفضاء الأوروبية، والوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء الخارجي، وبرنامج Copernicus.

70 - ويمكن تجهيز العوامات والمراسي والعوامات المنجرفة والأجسام العائمة بأجهزة استشعار لقياس درجة حرارة سطح البحر، ودرجة حرارة مياه البحر، وضغط سطح البحر، وضغط مياه البحر، وملوحة سطح البحر، وملوحة مياه البحر، وسرعة الرياح، وتركيز الأكسجين المذاب، والفلورية ولون المحيط، ودرجة الحرارة في طبقات مختلطة، والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون المذاب (pCO_2). ويمكن استخدامها لجمع المعلومات البيولوجية (مثلا بشأن تناثُر دعاميص السمك) ودراسة التيارات وأمواج المحيط. وتولى اعتبارات رئيسية لجمع بيانات جيدة بواسطة العوامات ومعايير البيانات ومعالجة البيانات في وثائق الفريق المعني بالتعاون لتشغيل عوامات البيانات، وفريق إدارة بيانات العوامات الطافية التابع لمعهد البحوث الفرنسي لاستغلال البحار، والأوساط العاملة ضمن برنامج Argo.

دال - المتغير المقيس: التيارات

71 - ينبغي تحديد التيارات باستخدام طريقتي يولِر (قياس السلاسل الزمنية لسرعة التيار واتجاهه في موقع ثابت) وطرق لاغرانج (يُلاحظ المسار الذي يتبعه كل جسيم سائل كدالة زمنية) لكي يتسنى الحصول على نظرة شاملة. فبالنسبة لطريقتي يولِر، يمكن استخدام عدادات قياس التيار الميكانيكية أو غير الميكانيكية. ينبغي استخدام بروتوكولات ومنهجيات مشروع FixO3 للمراسي والأنواع الأخرى لأنظمة يولِر (Coppola et al., 2016). أما بالنسبة لطرق لاغرانج، فيمكن استخدام العوامات الطافية أو العوامات المغمورة أو العوامات المنبثقة أو العوامات الطافية المنبثقة. ويمكن استخدام صور السواتل التي تبيِّن درجة حرارة سطح البحر ولونه كعوامات طافية زائفة لدراسة التيارات السطحية على افتراض أن جميع حالات النزوح لسمات السطح التي تظهر في الصور هي ناتجة عن تأفُّق التيارات السطحية. ويمكن الاطلاع على استعراض موجز ومراجع لجميع المنهجيات، بما في ذلك مزايا وعيوب كل منها، في Thomson and Emery (2014).

72 - وينبغي استخدام البيانات المتحصل عليها لاستحداث نموذج للدوران العددي والتحقق من صحته. وإلى جانب نموذج نقل الرواسب المناسب، سيتضمن نموذج الدوران العددي تأثيرات تجميع الجسيمات وتفكيكها ويمكن استخدامه لفهم التشتت المحتمل للأعمدة الناجمة عن العمليات والتصريف.

73 - وينبغي قبول أي نماذج تستخدمها أوساط وضع النماذج للمحيطات باعتبارها مناسبة لدراسات التشتت بالقرب من قاع البحر، وعلى نطاق أوسع، في العمود المائي برمته. ويمكن استخدام استعراض رموز لاغرانج لتتبع الجسيمات عبر الإنترنت وخارجها بحيث يتضمن ذلك إشارات إلى المؤلفات ذات الصلة في Van Sebille et al. (2018) و Numerical Models (2000) للمساعدة في وضع اليد على النموذج المناسب.

74 - ومن الخطوات المهمة في تحليل البيانات الحالية تمثيلها البياني. ويشرح Joseph (2014) كيف يمكن تحقيق ذلك لكل من البيانات المقيسة والمُنمذجة.

75 - والمعالم التي ينبغي قياسها رهينةٌ بالمعدات المستخدمة. ومع ذلك، ينبغي إدارج حجم واتجاه سرعة التيارات ومكونات السرعة الموضعية والطولية والسرعة العمودية ضمن تلك المعالم.

76 - ومن بين هذه القياسات، ينبغي توصيف النظام الحالي للعمود المائي، ولا سيما الطبقة الممتدة من الطبقة الحدودية السفلية حتى 200 متر فوق قاع البحر. وينبغي أن تشمل التحليلات بنية الحقل، والتغيرات المكانية لسرعة التيارات واتجاهها (مع إيلاء اهتمام خاص للمناطق ذات الجيومورفولوجيا المعقدة)، والتغيرات الزمنية لسرعة التيارات واتجاهها. وينبغي تمييز التقلبات الزمنية بشكل يومي وموسمي وفي ما بين السنوات؛ وينبغي تسجيل الأحداث العرضية مثل العواصف وتيارات التعكّر.

هاء - المتغير المقيس: المد والجزر والأمواج

77 - ينبغي قياس المد والجزر باستخدام إما أجهزة استشعار الضغط المركّبة على المراسي المثبتة أو قياس الارتفاع بواسطة السواتل. ومع أن الأدوات الأوقيانوغرافية الحديثة الموجودة على المراسي المثبتة يمكنها تبيان تغيرات الضغط إلى جزء من المليمتر عند عمق المحيط الكامل، فهي تتطلب تصحيح درجة الحرارة ومعلومات عن عوامة جهاز استشعار الضغط (حوالي 1 سم/السنة) لأخذ قياسات العمق بدقة. ويساعد استخدام أجهزة استشعار الضغط المزدوجة على تصحيح هذا الانحراف. وتصف أدلة اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات قياسات مستوى سطح البحر وتفسيرها. ويمكن استخدام قياس الارتفاع بواسطة السواتل لتحديد المد والجزر عن طريق تقدير التغير في سطح البحر على أساس الممرات المتكررة لرادار الساتل. ويمكن الاطلاع على بيانات قياس الارتفاع (بما فيها البيانات المستقاة من السواتل Topex/Poseidon و Jason-1 و ERS-1 و ERS-2 و Envisat و Doris) والبرمجيات والكتيبات ذات الصلة من خلال موقع +Aviso الإلكتروني (www.aviso.altimetry.fr).

78 - وينبغي استخدام أي طريقة مقبولة بشكل عام لتحديد قياسات موجات الجاذبية السطحية، مثل قياس الارتفاع بواسطة السواتل، وعوامات الموجة المزودة بمقاييس التسارع، ومقاييس الموجة (بما في ذلك مقاييس نوع المقاومة ونوع السعة وضغط الموجة) والرادارات الساتلية ذات الفتحة الاصطناعية.

79- والمعالم التي ينبغي قياسها هي بيانات الضغط أو مستوى سطح البحر، حسب ما إذا كانت المراسي المثبتة ستُستخدم أو كان قياس الارتفاع سيُؤخذ بواسطة السواتل.

80 - ومن بين هذه القياسات، ينبغي تحديد سعة المد والجزر والفترة الزمنية، والمكونات الرئيسية للمد والجزر وعدم تساويهما، وعلو الأمواج واتجاهها.

واو - المتغير المقيس: الاضطراب

81 - ينبغي تقدير شدة الاضطراب بالطرق المباشرة أو غير المباشرة باستخدام البيانات المستمدة من مسبار لقياس سرعة الاحتكاك، أو جهاز قياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق، أو محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار، أو مقياس سرعة دوبلر الصوتي، أو محدِّد دوبلر الصوتي لقياس التيار (Thorpe, 2007).

82 - وينبغي إجراء عمليات رصد لتحديد شدة الاضطراب بالقرب من قاع البحر قدر الإمكان. وبما أن الاضطراب الحاصل بفعل المواد القاعية ينتشر عموماً صعوداً عبر الطبقة الحدودية السفلية، ينبغي إجراء القياسات الميدانية نزولاً إلى الجزء الداخلي من المحيط وينبغي أن تشمل طبقة الحد السفلي بأكملها. ويرتبط التعكّر بالقرب من القاع ارتباطاً وثيقاً بشدة الاضطراب. وبناء على ذلك، ينبغي الجمع بين قياسات الاضطراب والتقصي عن حالات التعكّر (انظر الفقرات 85-96). وعند استخدام الطريقة المباشرة، يوصى باستخدام مسبار لتحديد ملامح البنية المجهرية أفقياً يكون مرتبطاً بمركبة غواصة مستقلة لاستنتاج التوزيع المكاني لشدة الاضطراب. وإذا استُخدمت طريقة مقياس Thorpe، فينبغي إجراء دورة صعوداً وهبوطاً لقياس الموصلية ودرجة الحرارة والعمق بدقة شديدة، وذلك بالقرب من القاع قدر الإمكان. وإذا استُخدمت طريقة دوبلر الصوتية، فينبغي وضع المرسى المحدِّد للتيار في قاع البحر.

83 - وتعتمد المعايير التي ينبغي قياسها على المنهجية المستخدمة:

(أ) للقياس المباشر: قياس سرعة الاحتكاك على النطاق الجزئي، وخفض سرعة الجهاز، والتسريع الجانبي للجهاز، وقياس درجة الحرارة بدرجة استبانة عالية؛

(ب) للقياس غير المباشر: قياس درجة الحرارة والموصلية والضغط والسرعة.

84 - ومن بين هذه القياسات، ينبغي تحديد معدل تبديد الطاقة الحركية المضطربة، والكثافة، ووتيرة الطفو، وسجل السرعة الرأسية، وتقلبات درجة حرارة البنيات الداخلية المجهرية، والانتشار الدوامي العمودي، ومقاييس Thorpe، ومعدلات تبديد درجة الحرارة.

زاي - المتغير المقيس: الخصائص البصرية

85 - يمكن تقسيم الخصائص البصرية لمياه البحر إلى خصائص بصرية ظاهرة وخصائص بصرية متأصلة على النحو التالي:

(أ) تعتمد الخصائص البصرية الظاهرة على طبيعة مياه البحر مع موادها المذابة وجسيماتها والتوزيع الزاوي (هندسة) للإشعاع الشمسي، وينبغي قياسها باستخدام مقاييس الإشعاعي الطيفي التي يستخدم فيها جهاز عرض أحادي اللون متغيّر لفصل الضوء إلى شرائط موجية؛

(ب) تعتمد الخصائص البصرية المتأصلة على طول موجة الضوء والوسط المائي، ولكنها مستقلة عن حقل الضوء المحيط وتوزيعه الزاوي، وينبغي قياسها باستخدام مقاييس توهين الشعاع الأحادية اللون (مقياس النفاذيّة)، أو مقاييس توهين الامتصاص الطيفي، أو أجهزة استشعار التشتت (أو الانتثار الخلفي)، أو الخلايا الشعيرية للدليل الموجي السائل، أو أدوات حيود الليزر، أو قياس التدفق الخلوي.

86 - وينبغي الحصول على الخصائص البصرية باستخدام أحد الأساليب التالية:

(أ) أخذ العينات المادية على متن السفن في المحطات (التنميط العمودي وأخذ العينات، القياسات الراديومترية المربوطة أو المحمولة باليد) أو عندما تكون سابحة (القياسات الإشعاعية بأجهزة مركبة على السفن أو مربوطة أو محمولة باليد، أو أخذ العينات باستخدام أنظمة التدفق أو السحب المتموج أو أجهزة المشغلة في أعماق ثابتة أو سلاسل مزودة بأجهزة استشعار مناسبة)؛

(ب) القياسات المأخوذة من المركبات الغواصة المستقلة، و/أو العوامات الانسيابية، و/أو منصات يولِر المثبتة (المراسي، والحوامل الثلاثية القوائم السفلية، والأجهزة الأخرى للإنزال إلى القاع)، و/أو أجهزة لاغرانج (العوامات المنجرفة والأجسام العائمة)؛

(ج) الاستشعار عن بُعد من على متن السفن أو الطائرات أو منصات السواتل. ويمكن أن تكون القياسات من هذا النوع ساكِنة (الشمس هي مصدر الإضاءة) أو نشطة (تُستخدم إشارة من منصة جهاز الاستشعار كمصدر، ويُستعان بإضاءة الليزر بشكل عام).

87 - وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تحديد الخصائص البصرية باستخدام النماذج العكسية (انظر Werdell et al., 2018، للاطلاع على التفاصيل) أو النماذج البيولوجية البصرية (انظر Ogashawara, 2015، للاطلاع على التفاصيل).

88 - ويمكن استخدام أنواع مختلفة من مقاييس الفلورية لقياس الومضان أو الانبعاث الضوئي أو الومَضان الأحيائي (ويمكن أن تكون بمثابة إضافة للطرق الصوتية الحديثة لتقدير الكتلة الحيوية). ويمكن الاطلاع على التفاصيل المتعلقة بكل منها في Moore et al. (2009) والمراجع الواردة فيه. ويمكن إعداد جهاز الاستشعار لقياس التعكر (مقياس التعكر وأجهزة استشعار الانتثار المرتد) في مجموعة متنوعة من التشكيلات، وهناك العديد من الطرق ومعايير التشكيل الخاصة بها (على سبيل المثال، معيار المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس ISO 7027). انظر أيضاً Petihakis et al., 2014؛ و Tamburri, 2006. ويمكن أيضاً استخدام الاستشعار عن بُعد لقياس الفلورية والومَضان الأحيائي لقياس ومضان العوالق انطلاقاً من السواتل (على سبيل المثال، Erickson et al., 2019).

89 - وتيسيراً لتقييم أي تركيز زائد للمواد الجسيمية المعلقة في الأعمدة الناجمة عن العمليات والتصريف، يلزم تحويل بيانات التعكر البصري أو الصوتي إلى تركيز الجسيمات العالقة. ولهذه الغاية، ينبغي ضبط أجهزة الاستشعار البصرية أو الصوتية مع الجسيمات العالقة الموجودة موضعياً في العمود المائي. وبالنسبة للدراسات الأساسية، ينبغي أن يتم ذلك بالرجوع إلى تركيز الجسيمات العالقة المحدد في عينات المياه المأخوذة بالتزامن مع قياسات التعكر. ولرصد الأعمدة الناجمة عن العمليات والتصريف، يمكن اتباع نفس النهج إذا كان من الممكن أخذ عينات المياه مباشرة من العمود. وإلا، ينبغي ضبط أجهزة الاستشعار خارج الموقع في مستعلقات مصنوعة من مياه البحر المحلية المصفاة ومواد مضافة مصدرها العمود.

90 - وطريقة EPA 180.1 ومعيار المنظمة الدولية لتوحيد المقاييس ISO 7027 معترف بهما دولياً للتحقق من أداء مقياس التعكر واستشعار التعكر والامتثال لهذه الطريقة.

91 - والأجهزة التي تتوافق مع طريقة EPA 180.1 مناسبة لقياس مستويات التعكر بين 0 NTU و 40 NTU. وينبغي أن يكون لمقاييس التعكر هذه درجة استبانة قدرها 0.02 NTU أو أفضل في الماء مع درجة تعكر تقل عن 1 NTU.

92 - ويحدد معيار ISO 7027 طريقتين كميتين لاستخدام مقاييس التعكر: قياس الغبشية (لقياس الإشعاع المنتشر، يسري على المياه المنخفضة التعكر) وقياس الكدر (لقياس توهين التدفق الإشعاعي، يسري أكثر على المياه الشديدة التعكر). وعادةً ما تتراوح نسب التعكر الناتجة عن ذلك والتي تقاس وفقاً للطريقة الأولى بين 0.05 NTU أو أقل و 400 NTU. وبحسب تصميم الجهاز، يمكن أيضاً إعمال قياس الغبشية على المياه الشديدة التعكر. وطريقتا NTU و FNU متكافئتان عددياً.

93 - ويعبَّر عن الكدر الذي يقاس بالطريقة الثانية بواسطة وحدات FAU، وتتراوح النتائج عادة بين 40 FAU و 4 000 FAU.

94 - وبحسب المنهجية المتبعة، فإن البارامترات التي ينبغي قياسها هي الإشعاع، وشدة الإشعاعية، وشدة الإشعاعية العددية، ومعامل التوهين لانتشار الضوء، ومعامل التوهين للشدة الإشعاعية العددية، والإشعاع المتاح في مجال التمثيل الضوئي، وانعكاس شدة الإشعاعية، وانعكاس الإشعاع، ومعامل الامتصاص، ومعامل التشتت، ومعامل توهين الشعاع، ودالة حجم الانتثار، ولون المحيط، والومضان، والومَضان الأحيائي، والشفافية والتعكر.

95 - ومن بين هذه القياسات، ينبغي تحديد ما يلي: الكلوروفيل - أ والأصباغ الأخرى، والرؤية، وحجم الرواسب العالقة، والكتلة الحيوية للعوالق النباتية، وتركيز الجسيمات والكربون العضوي المذاب، والإنتاجية في شكل جزيئات الكربون العضوي، وتكوين الأنواع (للكشف عن تكاثر الطحالب الضارة وتحليل النترات) (انظر أيضاً الفرعين الخامس - حاء والسابع - دال).

96 - وبالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام القياسات البصرية للتحقق من صحة قياسات الاستشعار عن بُعد وضبطها.

حاء - المتغير المقيس: الضوضاء

97 - ينبغي تحديد خاصيتين للضوضاء على مدى واسع من الترددات (1 هرتز - 20 كيلوهرتز): المستويات الطيفية للضوضاء (التفريق بين الضوضاء النبضية والضوضاء المحيطة) وانتشار الصوت. ويمكن الاطلاع على الآليات والقياسات والنمذجة العددية الأساسية للضوضاء المحيطية في Carey and Robinson et al. (2014) و Evans (2011). ويمكن إجراء قياسات الضوضاء انطلاقاً من السفن (في المحطات أو أثناء الإبحار)، والمركبات الغواصة المستقلة، والعوامات الانسيابية، والأجسام العائمة، والعوامات الطافية، والمراسي، والعوامات المتحركة، وأجهزة الإنزال إلى القاع، والحوامل الثلاثية القوائم. وينبغي أن يؤخذ في الاعتبار أن بعض أجهزة الاستشعار الأخرى تُحدث الضوضاء. وبالتالي، ينبغي توصيل حوامل ذات سماعة مائية أحادية أو صفائف سماعة مائية على مسافة ما من منصة الجهاز لتقليل الضوضاء. وينبغي قياس سرعة الصوت بشكل مباشر (بمساعدة أداة تحديد سرعة الصوت أو جهاز استشعار) أو ينبغي اشتقاقها من درجة الحرارة والملوحة (الموصلية) والضغط باستخدام جهاز لقياس

الموصـلية ودرجة الحرارة والعمق (انظر الفقرات 67–70). ويرد بيان طريقة اشـتقاق سـرعة الصـوت في Wong and Zhu (1995).

98 - وينبغي قياس المعالم التالية: مستويات الضوضاء الطيفية، وربما سرعة الصوت.

99 - ومن بين هذه القياسات، ينبغي تحديد ما يلي: مستويات الضوضاء المحيطة في المقاطع الرأسية من خلال العمود المائي من سطح البحر إلى قاع البحر، والتغير الزمني في مستويات الضوضاء المحيطة، وأعماق قناة تثبيت الصوت وتحديد مداه، وسرعة الصوت (إذا لم يتم قياسها بشكل مباشر).

طاء - جودة البيانات

100 - يمكن الاطلاع في Thomson and Emery (2014) على تقنيات التحليل، بما في ذلك الأساليب الإحصائية، التي ينبغي استخدامها في استقاء البيانات وتجهيزها وعرضها، ومعالجة الأخطاء، وتحليل حقول البيانات المكانية، والسلاسل الزمنية لتلك التقنيات والأساليب.

101 - وللحصول على بيانات ذات جودة عالية، ينبغي تصحيح أجهزة استشعار التوصيل والحرارة والعمق. وتختلف إجراءات المعايرة من مختبر إلى آخر، ولكن من المقبول عموما أنه في حين يمكن أن تخضع أجهزة استشعار الضغط ودرجة الحرارة لمعايرة ما قبل الرحلة البحرية وما بعدها في المختبر، فإن أفضل طريقة لمعايرة أجهزة استشعار التوصيل هي مقارنتها بالعينات التي يتم جمعها لتحليل الملوحة (الفريق المعني بالبيانات والمعلومات التابع للمجلس ICES Data and Information Group, 2006) الدولي لاستكشاف البحار، 2006؛ و Petihakis et al., 2014، والمعلومات والكتيبات المقدمة من قبل الشركات المصنِّعة) والمعيار الخاص بمياه البحر الذي وضعته الرابطة الدولية لعلوم فيزياء المحيطات.

102 - ولمراقبة جودة بيانات التوصيل والحرارة والعمق، ينبغي استخدام المعلومات الواردة من فريق العمل المعني بإدارة البيانات وتبادلها وجودتها التابع للرابطة الأوروبية للنظام العالمي لرصد المحيطات (2010) أو اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات (2010) أو النظام المتكامل لرصد المحيطات في الولايات المتحدة (2020 (أ)، 2020 (ب)).

103 - ولمراقبة جودة البيانات وتصحيحها فيما يتعلق بالمركبات الغواصة المستقلة والطائرات الشراعية، ينبغي الرجوع إلى Allen et al. (2018, 2020) و United States Integrated Ocean Observing System (2016) و Woo (2011). وفيما يخص إدارة البيانات، ينبغي الرجوع إلى فريق إدارة بيانات الطائرات الشراعية التابع لمراصد الطائرات الشراعية للجميع (2020).

104 - ولقياس درجة حرارة سطح البحر وملوحته، ينبغي الرجوع إلى Le Menn et al. (2019) و Data Buoy Cooperation Panel (2011).

105 - ولمزيد من المعلومات حول مختلف أنواع العوامات المنجرفة والمنصات العائمة وما يتيحه استخدامها من فرص ومزايا وما يواجهها من قيود وما تشهده من ابتكارات، انظر لومبكين وآخرين (2017).

106 - وينبغي تحويل قيم درجة الحرارة إلى درجة الحرارة المحتملة، مع الأخذ في الاعتبار تأثير الضغط الهيدروستاتي. وينبغي حساب الكثافة (الكثافة المحتملة) بشكل غير مباشر انطلاقا من الملوحة ودرجة الحرارة (درجة الحرارة المحتملة) والضغط باستخدام معادلة الحالة (TEOS-10).

107 - ويمكن الاطلاع على إرشادات بشأن مراقبة جودة بيانات محددات دوبلر الصوتية لقياس التيار في النظام المتكامل لرصد المحيطات في الولايات المتحدة (2019 (أ)) وفريق العمل المعني بإدارة البيانات وتبادلها وجودتها التابع للرابطة الأوروبية للنظام العالمي لرصد المحيطات (2010). ويمكن الاطلاع على معلومات عن تصحيح بيانات المراسي وتجهيزها (محددات دوبلر الصوتية لقياس التيار، ومقياس التيار الدوار، وأجهزة Microcat) في Karstensen (2005).

108 - وتؤدي المعايرة دورا حاسما في قياس الضوضاء بدقة. وينبغي الرجوع إلى المبادئ التوجيهية والمنشورات التالية: Biber et al. (2018) (للحصول على تفاصيل المعايرة) و Robinson et al. (2014) و United States Integrated Ocean Observing System (2017) (لمراقبة الجودة).

109 - وينبغي التحقق من صحة أي من النماذج المتبعة.

110 - وتبلغ الاستبانة المكانية للأجهزة الحديثة لقياس الإشعاع كيلومترا واحدا (المقياس الإشعاعي المتقدم ذو القدرة التحليلية العالية جدا)، ولكنها لا تعمل سوى في ظل طقس بلا غيوم. ويمكن استخدام أجهزة الاستشعار السلبي بالموجات الصغرية للمراقبة حتى وإن كانت حالة الطقس ملبدة بالغيوم، لأنها تستخدم موجات أطول (6-12 غيغا هيرتز)، ولكنها تتسم باستبانة مكانية أضعف بكثير (25-50 كلم) (Talley et al., 2011). ويمكن استخدام مقاييس الإشعاع الصغري لقياس ملوحة سطح البحر باستبانة مكانية تتراوح بين 50 كيلومترا و 100 كيلومتر على مدى نطاقات زمنية مدتها أسبوع أو شهر واحد على التوالي (Talley et al., 2011؛ و Thomson and Emery, 2014). وبالإضافة إلى درجة حرارة السطح وملوحة السطح، يمكن قياس توزيع الجليد البحري وارتفاع الأمواج وارتفاع مستوى السطح والتبعثر المرتد للرادار ولون المحيطات بواسطة الساتل. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن الاستشعار عن بعد بالسواتل في الأدبيات (مثل ستيوارت، 1985؛ وروبنسون، 2004؛ واللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات، 1992)، ووثائق الفريق التنسيقي الدولي المعني بلون المحيطات وبروتوكولات بصريات المحيطات للتحقق من صحة أجهزة استشعار لون المحيطات بالسواتل.

111 - وعلى مدى العقود الماضية، تراكمت مجموعات كبيرة من البيانات في إطار مختلف البرامج العلمية الدولية. وهي بيانات متاحة للعموم وينبغي استخدامها للمقارنة مع البيانات الأساسية التي تُجمع لغرض ضمان الجودة. وفيما يلي أمثلة على ذلك:

(أ) التجربة العالمية المتعلقة بالدوران المحيطي 1990-2002 (www.nodc.noaa.gov/woce/wdiu)؛

(ب) بيانات المنصات العائمة تحت السطحية الخاصة بالتجربة العالمية المتعلقة بالدوران المحيطي (www.aoml.noaa.gov/phod/float_traj/index.php)؛

(ج) قاعدة بيانات المحيطات في العالم (www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD/pr_wod.html)؛

(د) البرنامج العالمي لبيان مجمل درجة الحرارة والملوحة: (www.nodc.noaa.gov/GTSPP)؛

(هـ) شبكة SeaDataNet (www.seadatanet.org)؛

(و) قاعدة بيانات كوريوليس لإعادة تحليل البيانات المتعلقة بالمحيطات (www.coriolis.eu.org/Data-Products/Products/CORA)؛

(ز) مستودع بيانات البانجيا (www.pangaea.de/?t=Oceans)؛

(ح) البرنامج العالمي للعوامات المنجرفة، عُرف سابقا باسم برنامج السرعة السطحية: (www.aoml.noaa.gov/phod/gdp/index.php)؛

(ط) قاعدة بيانات التيارات البحرية العالمية (www.ncei.noaa.gov/products/global-ocean-currents-database-gocd)؛

(ي) عوامات آرغو: الصفحة الرئيسية المتعلقة بآرغو (www.argo.ucsd.edu) والصفحة الرئيسية الخاصة بمشروع آرغو الدولي (www.argo.net)؛ البيانات البيوجيوكيميائية الخاصة بعوامات آرغو (https://biogeochemical-argo.org)؛

(ك) البيانات الخاصة بالعوامات المنجرفة المحفوظة، والإدارة المتكاملة للبيانات العلمية، ووزارة مصائد الأسماك والمحيطات الكندية (www.dfo-mpo.gc.ca/science/data-donnees/drib-bder/index-eng.html)

(ل) وبالإضافة إلى ذلك، قد تكون الأطالس الإلكترونية التالية مفيدة:

'1' أطلس محيطات العالم لعام 2018 (www.nodc.noaa.gov/OC5/woa18)؛

'2' الأطلس الإلكتروني لبيانات التجربة العالمية المتعلقة بالدوران المحيطي (www.ewoce.org).

ياء - إدارة البيانات

112 - ينبغي تزويد السلطة بالبيانات والبيانات الوصفية على النحو المبين في الفرع ثالثا - هاء. ويمكن الحصول على إرشادات إضافية لمتغيرات محددة من المراجع المشار إليها أعلاه.

خامسا - الأوقيانوغرافيا الكيميائية والكيمياء الجيولوجية الحيوية

ألف - مقدمة

113 - لا بد من فهم البيئة الكيميائية للعمود المائي والرواسب (أي المياه المسامية والكسر الصلب) من أجل توصيف الظروف الأوقيانوغرافية والبيوجيوكيميائية الأساسية والقيام في مرحلة لاحقة بتقييم كل من الأثر المباشر للتعدين في قاع البحر والأثر غير المباشر الناجم عن رشاش الرواسب المعلَّقة التي قد يتم إنتاجها، بما في ذلك التغطية المحتملة لقاع البحر وتأثير ذلك على العمليات في العمود المائي.

114 - ويتوقف تطوير رشاش الرواسب المعلقة إلى حد كبير على تقنيات التعدين في المستقبل. فيمكن أن ينتقل الرشاش عبر مسافات أكبر (تتراوح بين كيلومتر واحد وعشرات الكيلومترات)، وقد يختلف عن المياه المحيطة به من حيث حجم الجسيمات والتركيب الكيميائي، ويستقر بعيدا عن المصدر، ولهذا السبب يمكن

أن يكون له تأثير محتمل على النظم الإيكولوجية السطحية والقاعية ووظائفها والدورات الحيوية الأرضية الكيميائية البحرية في مناطق أكبر.

115 - ويركز قياس الكيمياء الجيولوجية الحيوية للرواسب البحرية على العمليات والوظائف في قاع البحر. وهو يمزج بين دراسات التحويلات الكيميائية الأحيائية ورصد العمليات البيولوجية والكيميائية الأرضية والجيولوجية المعنية. وتركز الملاحظات على العمليات القاعية المرتبطة بإعادة تمعدن المواد العضوية المرسلة من المياه السطحية في إطار سلسلة من تفاعلات الأكسدة والاختزال. وتستند القياسات في معظمها إلى نتائج أخذ عينات الرواسب وما يليها من استخراج المياه المسامية على مستوى الطبقات والعينات الفرعية في طورها الصلب بغرض تحليلها. وفي بعض الحالات، مثل معدلات امتصاص الأكسجين وتوزيع الحموضة، يلزم الحصول على القياسات مباشرة في قاع البحر (أي في الموقع الأصلي). وبالنسبة لجميع متغيرات المياه المسامية التي ستستخدم لاحقا لتحديد كمية إطلاق المياه المسامية وتشتت رشاش الرواسب، ينبغي توجيه عينات إضافية إلى المياه القاعية من أجل بناء خط أساس يسمح بتحديد المواد الصلبة أو المياه المسامية التي تُطلَق نتيجة لاضطرابات قاع البحر أو المواد التي يتم تصريفها، وأثرها (أي توزيع ونقل وتحويل المواد المتفاعلة ونواتج التفاعلات).

116 - والمتغيرات الكيميائية التي ينبغي قياسها في العمود المائي والرواسب والمياه المسامية هي كالتالي:

(أ) المغذيات: إن توافر المغذيات الكبيرة غير العضوية (NO_3 و NO_2 و NH_4 و PO_4 و $Si(OH)_4$) في الطبقة العليا للمحيطات يحد من كمية الكربون العضوي المثبت من قبل العوالق النباتية وينظمها، ويشكل آلية رئيسية للتحكم في مدى توافر المواد العضوية في قاع البحر. وتوفر تركيزات المغذيات في المياه المسامية (NO_3 و NO_2 و NH_4 و PO_4) معلومات عن الدورة البيوجيوكيميائية للمواد العضوية وظروف الأكسدة والاختزال في طبقات الرواسب المختلفة؛

(ب) الأكسجين: توفر تركيزات الأكسجين في العمود المائي معلومات عن إنتاج المواد العضوية في الطبقة السطحية وإعادة تمعدنها أثناء إرسالها نحو قاع البحر. ويشكل توزيع الأكسجين في الرواسب، وعمق نفاذ الأكسجين، والتدفق عبر الوصلة البينية بين الرواسب والمياه مقياساً لإعادة تمعدن المادة العضوية القاعية ونشاط مجموعة الأنواع القاعية. وعلاوة على ذلك، يؤثر توافر الأكسجين على حركة معظم المعادن؛

(ج) نظام الكربونات: يقيد هذا النظام الإنتاج الأولي، وإعادة تمعدن الكربون العضوي، وأكسدة المعادن في رشاش الرواسب، وتحمُّض المحيطات، ونزع الأكسجين في العمود المائي، وإعادة تمعدن المواد العضوية، وتفاعلات الأكسدة والاختزال الثانوية، والتفاعلات المستحثة بين المياه المسامية والمعادن في الرواسب، وكلها تؤثر على وظائف النظام الإيكولوجي؛

(د) الفلزات النزرة: تشكل العديد من الفلزات النزرة عناصر أساسية للحفاظ على الوظائف الخلوية في الكائنات المجهرية. غير أن هذه العناصر، في ظل تركيزات مرتفعة، قد تؤدي إلى سمية تعتمد على استنواع المعادن والاستنواع الكيميائي وعلى الكائنات الحية؛

(هـ) المواد العضوية والمواد غير العضوية: إن توفير المواد العضوية في قاع البحر هو المحرك الرئيسي للعمليات البيوجيوكيميائية. وهي تكفل وجود الغذاء للحفاظ على الكتلة الأحيائية والتنوع البيولوجي للكائنات القاعية من خلال التفاعل الحاصل في الشبكة الغذائية القاعية. ويركز رصد العمود

المائي على إنتاجية هذه المواد وترسبها من السطح، في حين أن القياسات في قاع البحر تعمل على تحديد كمية ونوعية المواد العضوية المتاحة للكائنات القاعية، والدورة البيوجيوكيميائية في قاع البحر وديناميةدورة المواد العضوية القاعية؛

(و) مقتفيات النظائر المشعة (المقتفيات الإشعاعية): يلزم إجراء تحليل للنظائر المشعة المرتبطة بطور الرواسب الصلبة من أجل تحديد الخصائص الكمية لنشاط الاضطراب البيولوجي في الرواسب وتحديد معدلات الترسب. ويشكل توزيع النظائر المشعة الطبيعية خط أساس لتحديد الآثار المباشرة للتعدين على الرواسب والعمود المائي (بما في ذلك إطلاق المياه المسامية). وبالإضافة إلى ذلك، فإنه يتيح إجراء تقييم للنظائر المشعة، وبالتالي، لشدة النشاط الإشعاعي الطبيعي في العقيدات بمجرد بدء عملية التعدين.

باء - المنهجية العامة

117 - بالنسبة لمعظم المتغيرات الكيميائية والبيوجيوكيميائية، توجد أساليب مقبولة على نطاق المجتمع المحلي، وينبغي استخدامها لضمان بيانات عالية الجودة وصحيحة ودقيقة قابلة للمقارنة فيما بين مناطق الترخيص والجهات المتعاقدة.

118 - وينبغي أخذ عينات من البارامترات الكيميائية للعمود المائي باستخدام أهم التقنيات التالية:

(أ) أخذ عينات بواسطة زجاجات مياه باستخدام مسابر للتوصيل والحرارة والعمق تم الحصول عليها بمساعدة مركبات تشغَّل من بُعد: من أجل المغذيات والأوكسجين ونظام الكربونات والفلزات النزرة (باستخدام مسابر نظيفة للتوصيل والحرارة والعمق/زجاجات من طراز Go-Flo)، والمواد العضوية المذابة والجسيمات الدقيقة العالقة، بما في ذلك المادة العضوية الجسيمية. ويمكن استخدام أجهزة الاستشعار الكهروكيميائية والكيميائية البصرية للحصول على بيانات ومعلومات أساسية متواصلة عن الخصائص الكيميائية، ولكن لا ينبغي أن تحل محل جمع العينات المائية المتميِّزة لإجراء تحليل كيميائي عالي الدقة وعالي الجودة؛

(ب) مضخات في الموقع لنشاط النظائر المشعة، والفلزات النزرة وتركيزات الجسيمات الدقيقة العالقة؛

(ج) مصائد الرواسب الراسية والمربوطة لتركيزات الجسيمات وتدفقات الجسيمات؛

(د) عوامات آرغو البيوجيوكيميائية لأغراض قياس الحموضة والنيترات والأكسجين، في جملة أمور أخرى.

119 - وفي حين أن محطات قياس التوصيل والحرارة والعمق وعمليات نشر المضخات في الموقع ومصائد الرواسب المثبتة تتطلب العمل على نحو ثابت، مما يحد من مرونة عملية استقاء البيانات، ينبغي نشر مصائد الرواسب الراسية في العمود المائي لمدة تصل إلى سنتين لإجراء عمليات رصد محددة زمنيا. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي استخدام المنصات العائمة المستقلة والعوامات المنجرفة والأجهزة المماثلة المزودة بأجهزة استشعار كيميائية وكيميائية أحيائية وبصرية للحصول على بيانات مكانية وزمنية عن المتغيرات الكيميائية.

120 - وينبغي الحصول على عينات لتحليل الرواسب والمياه المسامية باستخدام ملباب متعدد الأذرع، أو ملباب دفع متحكَّم فيه بواسطة مركبة تشغل من بُعد، أو معدات موثوقة مماثلة للحصول على الديسيمترات العليا من الرواسب، وملباب ثقالي للحصول على عينات أعمق. وفيما يتعلق بأخذ العينات البيوجيوكيميائية والأوقيانوغرافية الكيميائية، ينبغي الرجوع إلى المنشورات عن الطريقة المتبعة الصادرة عن البرنامج الدولي لاكتشاف المحيطات (الذي كان يدعى سابقا البرنامج المتكامل لحفر المحيطات في الفترة 2003-2013)، ومبادرة Go-Ship ومبادرة برنامج دراسات الدورات الجيولوجية والبيولوجية والكيميائية للعناصر والنظائر النزرة (التي تركز على العمود المائي) للتوصل إلى أساليب مقبولة ومتفق عليها عموما لأخذ العينات الأوقيانوغرافية والبيوجيوكيميائية، إلى جانب المنشورات الموجودة في مستودع نظام أفضل الممارسات في المحيطات (الذي يستضيفه برنامج التبادل الدولي للبيانات والمعلومات الأوقيانوغرافية، وهو جزء من اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات)، فضلا عن المتغيرات الأساسية للمحيطات على النحو المحدد من قبل النظام العالمي لرصد المحيط.

121 - وينبغي استخراج المياه المسامية مباشرة بعد استعادة العينات اللبية، وذلك باستخدام الأساليب المناسبة لكل متغير؛ وينبغي أيضا، حيثما أمكن، تحديد أكبر عدد ممكن من المتغيرات البيوجيوكيميائية انطلاقا من نفس عينات المياه المسامية. وينبغي أن تتم عملية استخراج المياه المسامية في غضون بضع ساعات من جمع العينات. وبالنسبة لبعض المكونات الذائبة التي من المتوقع أن تتغير ببطء (مثل الفوسفات وحمض السيليسيك)، يمكن تخزين عينات المياه المسامية عند -20 درجة مئوية أو -80 درجة مئوية إلى أن تتم إعادتها إلى الشاطئ بغرض تحليلها. ويمكن تخزين عينات الرواسب اللبية التي لا يتم فحصها لأغراض المياه المسامية عند درجة حرارة 4 درجات مئوية أو عند درجة أكثر برودة (قبل أخذ عينات فرعية من كل طبقة من طبقات الرواسب). وبالنسبة لبعض المكونات الحساسة (مثل المغذيات)، ينبغي إجراء تحليل للمياه المسامية على متن السفينة في أقرب وقت ممكن بعد استخراج المياه المسامية من الرواسب، في حين يمكن إجراء تحليلات أخرى في المختبر على الشاطئ للعينات التي تُنقل مجمّدةً أو مبرَّدةً وتُحفظ بالطريقة المناسبة.

122 - وبما أن العمليات البيوجيوكيميائية وتدفقات المواد المذابة عن طريق الوصلة البينية بين الرواسب والمياه تتأثر بالظروف السائدة في المياه الفوقية، ينبغي دائما أخذ عينات من المياه التي تعلو الرواسب الموجودة في بطانة العينة اللبية باعتبارها العارضة الطرفية لمياه البحر فيما يخص المياه المسامية. وبما أن العينة يمكن أن يطالها التغيير أثناء الاسترداد أو المناولة، ينبغي مقارنتها مع العينات الواقعة في أعمق نقطة من العمود المائي من خلال جهاز قياس التوصيل والحرارة والعمق.

123 - وينبغي أخذ عينات من الرواسب الناقصة الأكسدة والمياه المسامية في كيس مزود بقفازات في ظل جو خال من الأكسجين (أي أن الكيس المزود بقفازات يُملأ بغاز خامل، مثل النيتروجين أو الأرغون) للحفاظ على استنواع المعادن وغير ذلك من المتغيرات التي تتأثر بعملية الأكسدة والاختزال.

124 - وترد أدناه إشارات إلى أحدث أفضل الممارسات القائمة لكل متغير على حدة، مع بيان الأماكن التي يلزم إدخال تعديلات عليها لضمان ملاءمتها لأغراض التعدين في أعماق البحار. وإذا لم تكن هناك ممارسة فضلى شائعة حتى الآن (مثل تجزئة حجم الجسيمات الغروانية/النانوية بالنسبة للفلزات النزرة)، يوصى باتباع منهجيةٍ ما وتُقدَّم إحالات مرجعية إلى أحدث المنشورات العلمية. والنظام العالمي لرصد المحيط (www.goosocean.org) هو نظام تعاوني مستدام لرصد المحيطات يشمل الشبكات الموضعية،

والنظم الساتلية، والحكومات، ووكالات منظومة الأمم المتحدة، وفرادى العلماء؛ ومعظم المتغيرات هي جزء من المتغيرات الأساسية للمحيطات على النحو الذي حدده النظام العالمي لرصد المحيط.

125 - وبما أن الأساليب المتبعة قد تكون عرضة للتغيير (بسبب التطورات التكنولوجية الجديدة، على سبيل المثال)، ينبغي استخدام مستودعات أفضل الممارسات على الإنترنت للوقوف على آخر مستجدات المنهجيات المتبعة. ويوصى بأن يكون مستودع نظام أفضل الممارسات في المحيطات (https://repository.oceanbestpractices.org) بمثابة مركز للبحث عن أفضل الممارسات القائمة في مجال بحوث المحيطات ورصدها وإدارة البيانات والمعلومات، وللعثور على تلك المعلومات. وهو مستودع رقمي متاح للعموم بشكل دائم لأفضل الممارسات المجتمعية في العلوم والتطبيقات المتصلة بالمحيطات. ويتولى تعهد هذا المستودع برنامج التبادل الدولي للبيانات والمعلومات الأوقيانوغرافية، الذي هو جزء من اللجنة الدولية الحكومية لعلوم المحيطات.

جيم - درجة الاستبانة عند أخذ العينات

126 - ينبغي استخدام بيانات قياس الارتفاع ودرجة حرارة سطح البحر بواسطة سواتل الاستشعار عن بعد والبيانات المتعلقة بألوان المحيطات والبيانات الهيدروغرافية المتاحة في مستودعات البيانات لاحتساب القيمة التقريبية للتغيرات المكانية والزمنية المتوقعة للسمات الأوقيانوغرافية السطحية التي تتحكم في الإنتاجية الأولية داخل منطقة مشمولة بالترخيص. وينبغي الجمع بين هذه المعلومات والمعلومات المتعلقة بالعمليات المحيطية وعمليات الغلاف الجوي من أجل تحديد الاستراتيجية المناسبة لأخذ العينات الزمنية والمكانية للبارامترات الكيميائية في العمود المائي داخل منطقة معينة لتغطية مناطق ذات إنتاجية أولية مختلفة وسمات أوقيانوغرافية متغيرة. وينبغي إنشاء ما لا يقل عن محطة واحدة لقياس التوصيل والحرارة والعمق ومصيدتَيْن للرواسب (إحداهما مثبتة بالقرب من قاع البحر والأخرى على بعد 500 متر فوق قاع البحر) في العمود المائي فوق منطقة التعدين المزمع إنشاؤها داخل المنطقة المشمولة بالعقد (بما في ذلك المنطقة المرجعية للأثر) والمناطق المرجعية للحفظ. وينبغي أخذ العينات لأغراض التوصيل والحرارة والعمق وأخذ العينات باستخدام المصائد الآلية بشكل متكرر في هذه المحطات لحل مشكلة التباين الزمني. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي الحصول على المقاطع العرضية في جميع أنحاء المنطقة المشمولة بالترخيص باستخدام محطات لقياس التوصيل والحرارة والعمق تكون متباعدة بشكل منتظم على مسافة تناهز 100 كيلومتر.

127 - وبالنسبة لقياسات العمود المائي، ينبغي أخذ عينات في جميع أنحاء العمود المائي، لضمان تحديد خصائص جميع المناطق التي يجري تحديدها بواسطة البيانات الأوقيانوغرافية الفيزيائية (انظر الفرع الرابع) (مثل طبقة التجانس السطحي، وطبقة تغير الكثافة، ومدى منطقة الحد الأدنى من الأكسجين، وكتل المياه الأوقيانوغرافية الفردية في طبقة الهبوط الحراري ومناطق المياه المتوسطة والعميقة).

128 - وعلى النحو المشار إليه في الفقرة 22، يوصى اعتماد درجة استبانة أعلى عند أخذ العينات الرأسية بالقرب من قاع البحر، لأن ذلك يغطي الحيز الرأسي المتوقع لتشتت الرشاش الناجم عن التشغيل، وهو علاوة على ذلك العمق الذي يرجح فيه تشتت الرشاش الناجم عن التصريف. وإذا كان عمق الرشاش الناجم عن التصريف لم يتحدد بعد وقت إجراء الدراسات الأساسية، فينبغي تحديد خصائص جميع الأعماق التي يحتمل أن ينطلق منها ذلك الرشاش.

129 - وينبغي استقاء البيانات المتكاملة بأخذ عينات من المياه لقياس التوصيل والحرارة والعمق، وإجراء الضخ الموضعي، ونشر مصائد الرواسب في أقرب مكان ممكن من قاع البحر. ومن أجل تقييم التدفقات (المعدنية) القاعية الطبيعية انطلاقا من الرواسب إلى المياه القاعية الفوقية، ينبغي أخذ العينات في أقرب مكان ممكن من قاع البحر. وبالإضافة إلى نقاط أخذ العينات باستخدام جهاز لقياس التوصيل والحرارة والعمق، ينبغي نشر أجهزة سلبية لأخذ العينات على طول منحدر رأسي ابتداء من قاع البحر ووصولا إلى عمق 10 أمتار فوق قاع البحر.

130 - وينبغي أن تجرى عملية أخذ العينات باستخدام نفس جهاز أخذ العينات في نفس الوقت حيثما أمكن (انظر الفرع ثالثا-جيم) وأن تتَّبع خطة أخذ العينات الطبقية المتداخلة. وتنطبق الاعتبارات العامة لتغطية التباين المكاني والزمني (انظر الفرع ثالثا-ألف). ويرد أدناه مزيد من التفاصيل عن متغيرات محددة.

دال - المتغير المقيس: المغذيات

131 - يجري توثيق نهج أفضل الممارسات الموصى بها لتحديد المغذيات الكبيرة غير العضوية المذابة (NO_3- و NO_2- و $PO4_3$- و $Si(OH)_4$) في كل من العمود المائي والمياه المسامية في دليل البرنامج العالمي المعني بالتحقيقات الهيدروغرافية للمحيطات من على متن السفن (Go-Ship) (المنقح) الصادر عن Becker et al. (2019) وفي البروتوكولات القياسية لكل من Gieskes et al. (1991) و Grasshoff et al. (1999). وينبغي إجراء عمليات القياس باستخدام أساليب تحليل التدفق المستمر أو المجزأ إلى جانب عينات مرجعية معتمدة و/أو مواد مرجعية للمغذيات الموجودة في مياه البحر من أجل ضمان مراقبة الجودة أثناء التحليل.

132 - وحتى في ظل وجود معدات عالية الدقة، فإن تحديد كمية الأمونيوم في المياه المسامية في أعماق البحار أمر صعب بسبب انخفاض التركيزات انخفاضا كبيرا. ولذلك، فعندما يتبين أن التركيزات قريبة من عتبة الكشف، يمكن إسقاط تحديد كمية الأمونيوم في المياه المسامية إلى حين توافر أساليب تحليل أفضل. ولا يتمتع حمض السيليسيك الموجود في المياه المسامية في أعماق البحار بإمكانيات تشخيصية عالية لتحديد النظام الجيوكيميائي القاعي، وبالتالي يمكن إسقاطه أيضا من الملاحظات الأساسية.

133 - وينبغي تحديد تركيزات المغذيات، ولا سيما النترات والنتريت، مباشرة بعد أخذ العينات، أو تحليلها في غضون أسبوع أو أسبوعين إذا ما تم تجميد عينات المياه والمياه المسامية عند -80 درجة مئوية فور جمعها.

134 - وفيما يلي المنهجية التي ينبغي استخدامها لتحديد محتوى مياه البحر والمياه المسامية من النترات والنتريت (وبالتزامن مع ذلك، تركيزات الفوسفات وحمض السيليسيك باستخدام تحليل التدفق المجزأ):

(أ) ينبغي تحليل بضعة مليلترات من المياه أو المياه المسامية غير المعالجة والمستخرجة حديثا (أو المذابة حديثا)، وعادة ما يتم تخفيفها بمقدار الضعف (بالنسبة للمياه) أو ثلاثة أضعاف (بالنسبة للمياه المسامية)، في حين يتم غسل نظام تحليل التدفق المجزأ باستمرار بالنيتروجين؛

(ب) ينبغي تحديد تركيزات أكسيد النيتروجين الإجمالية (النترات + النتريت) باستخدام القياس اللوني عند مسافة تتراوح بين 520 و 540 ميلا بحريا عقب اختزال النترات إلى نتريت عند معامل الحموضة 8 باستخدام لفائف الكادميوم النحاسية؛

‘1’ يتم قياس محتوى النتريت بشكل منفصل باستخدام القياس اللوني عند مسافة تتراوح بين 520 و 540 ميلا بحريا عقب تفاعله مع السُلفانيلاميد في ظل ظروف حمضية؛

‘2’ يتم تحديد تركيزات النترات عن طريق طرح تركيز النتريت المقيس من إجمالي قيم أكسيد النيتروجين.

(ج) ينبغي تحديد محتوى الفوسفات باستخدام القياس اللوني عند مسافة 820 ميلا بحريا (كبريتات ديهيدرازين) أو 880 ميلا بحريا (حمض الأسكوربيك) باستخدام طريقة الموليبدينوم الأزرق؛

(د) ينبغي تحديد تركيزات حمض السيليسيك باستخدام القياس اللوني عند مسافة 660 ميلا بحريا (كلوريد القصديروز) أو 820 ميلا بحريا (حمض الأسكوربيك) كمركب موليبدات السيليكا.

135 - وينبغي الإبلاغ عن البيانات باستخدام وحدة مول/لتر (أو نانومول/لتر أو ميكرومول/لتر أو ميليمول/لتر، وفقا لنطاق التركيز المحدد للعنصر المكوِّن) وبيانات الطور الصلب باستخدام وحدة ميليغرام/كيلوغرام أو النسبة المئوية من الوزن. وينبغي دائما الإبلاغ عن البيانات باستخدام معلومات صماء (إن وجدت) وحدود القياس الكمي والنتائج فيما يخص المواد المرجعية المعتمدة و/أو المواد المرجعية للمغذيات في مياه البحر. وينبغي تحليل كل عينة على حدة في قياسات مكررة مرتين أو ثلاث مرات. وينبغي ألا تتجاوز الدقة التحليلية لكل عينة على حدة الانحراف المعياري النسبي الذي يبلغ قدره 5 في المائة. وينبغي إجراء عمليات المعايرة لكل مكوِّن من مكوِّنات المغذيات في المياه المسامية باستخدام مياه البحر القياسية وفق معيار الرابطة الدولية لعلوم فيزياء المحيطات وباستخدام ستة معايير على الأقل. وينبغي أن يكون معامل التحديد (r^2) لكل منحنى من منحنيات المعايرة أكبر من 0,98. وينبغي حساب متوسط تركيزات المغذيات انطلاقا من القياسات المكررة مرتين أو ثلاث مرات وعرضها كرسوم بيانية للعمق. وينبغي الإشارة إلى المعلومات المتعلقة بالجودة التحليلية (أي الصحة والدقة) أثناء القياس.

136 - والبارامترات التي ينبغي قياسها في كل من العمود المائي والمياه المسامية هي NO_3– و NO_2– و PO_4^{3}–، على أن القياسات الخاصة بكل من NH_4+ و $Si(OH)_4$ تجرى في العمود المائي فقط.

137 - ومن هذه القياسات، ينبغي تحديد الإنتاج الأولي (العمود المائي فقط)، ومعدل التنفس، وإعادة التمعدن، ونزع الأكسجين، والتدفقات القاعية، إلى جانب تحديد مناطق الاختزال والأكسدة داخل الرواسب.

هاء - المتغير المقيس: الأكسجين

138 - يرد وصف للمنهجية التي ينبغي استخدامها لقياس توزيع الأكسجين في العمود المائي في Langdon (2010) و McTaggart et al. (2010) و Uchida et al. (2010). وينبغي الرجوع إلى Bittig et al. (2018) بغية استعراض أجهزة الاستشعار البصري. ويحدد مرفق البيانات الأوقيانوغرافية في مؤسسة سكريبز لعلوم المحيطات (https://scripps.ucsd.edu/ships/shipboard-technical-support/odf/chemistry-services/dissolved-oxygen) طريقة مختبرية آلية يمكن استخدامها، وهي مدعومة ببرامجيات.

139 - وينبغي أن تغطي عمليات رصد الأكسجين في قاع البحر كلا من قياس استهلاك الأكسجين وعمق نفاذ الأكسجين إلى الرواسب. وتركز قياسات الاستهلاك على الطبقة العليا من الرواسب ويتعين إجراؤها في الموقع (أي في قاع البحر مباشرة). وينبغي الحصول على قياسات توزيع الأكسجين على طول عمود

الرواسب في المختبر انطلاقا من العينات اللبية المسترجعة التي تم الحصول عليها باستخدام الملابيب المتعددة الأذرع (بالنسبة للديسيمترات العليا) وباستخدام الملابيب الثقالية لتحديد عمق النفاذ (أي العمق الذي ينخفض فيه تركيز الأكسجين إلى الصفر) (انظر مثلاً Mewes et al., 2014). وينبغي قياس الأكسجين باستخدام أجهزة للاستشعار، وهي إما أن تكون عبارة عن أجهزة للاستشعار البصري للأوكسجين (optodes) أو عبارة عن أقطاب كهربائية من نوع كلارك، وذلك للسماح بإجراء قياسات بالاستبانة المكانية المطلوبة وتجنب خطر التلوث بالأوكسجين الجوي المرتبط بالطرق القائمة على أخذ العينات. وينبغي استخدام أجهزة استشعار دقيقة (أقطاب كهربائية دقيقة وأجهزة استشعار بصري باستخدام الألياف البصرية) لتسجيل المقاطع الرأسية لتركيز الأكسجين في المياه المسامية. وينبغي استخدام أجهزة استشعار بصري أكبر حجما وأكثر استقرارا زمنيا (macrooptodes) لإجراء قياسات السلاسل الزمنية للأكسجين في الحجرات القاعية أو المياه القاعية. وينبغي معايرة أجهزة الاستشعار بدقة في المختبر، وينبغي التحقق من صحة التسجيلات التي يتم الحصول عليها في الموقع عن طريق مقارنة القياسات المأخوذة فوق الرواسب بتركيزات المياه القاعية المحددة بالأساليب المذكورة آنفاً.

140 - ومن المتوقع أن تكون هناك ديناميات مكانية وموسمية قوية في حال امتصاص الأكسجين في قاع البحر، ولذلك ينبغي أن تغطي القياسات الموضعية التي تجرى أثناء البعثات التي تستخدم فيها الأجهزة الدقيقة لرسم المقطع الجانبي و/أو الحجرات فترات زمنية مختلفة بالنسبة للأحداث الرئيسية للإنتاجية والترسب من السطح (مثل تكاثر الطحالب، وحالات بلوغ الذروة في التدفقات الرأسية، وحوادث ترسب الحطام النباتي). ولمراعاة التقلبات الموسمية بشكل كامل، ينبغي استكمال هذه القياسات بسلسلة زمنية من قياسات امتصاص الأكسجين التي تتم بشكل مستقل عن طريق رسم المقطع الجانبي بشكل متكرر و/أو باستخدام حجرات حاضنة (انظر أدناه) مزودة بمنصات متنقلة (زحافات قاعية) على مدى فترات أطول تمتد لعدة أشهر أو على مدار السنة.

141 - وينبغي تحديد قياسات امتصاص الأكسجين في الموقع باستخدام الحجرات القاعية والأجهزة الدقيقة لرسم المقطع الجانبي (Boetius and Wenzhöfer, 2013). وتحدد الحجرات الحاضنة امتصاص الأكسجين الكلي، المشار إليه أيضا باسم استهلاك الأكسجين من قبل مجتمع الكائنات الموجودة في الرواسب، وتقيس الأجهزة الدقيقة لرسم المقطع الجانبي امتصاص الأكسجين الانتشاري. وفيما يخص قياسات امتصاص الأكسجين الانتشاري، يتم خفض أجهزة الاستشعار الدقيقة للأكسجين داخل الرواسب باتباع خطوات رأسية صغيرة باستخدام الأجهزة الدقيقة لرسم المقطع الجانبي. ولمعالجة امتصاص الأكسجين بشكل كامل، يجب أن تشمل قياسات الأكسجين في الموقع بشكل عام كلا من امتصاص الأكسجين الكلي والانتشاري. وإذا كانت المنهجية والكمية اللتين يجري تناولهما (أي امتصاص الأكسجين الكلي أو امتصاص الأكسجين المنتشر) متسقتين في جميع عمليات الرصد الأساسية، فإن إحدى الكميتين تعتبر كافية. وإذا تم اختيار نهج واحد فقط، يفضل إجراء قياسات امتصاص الأكسجين الكلي، لأنها تغطي مجموعة الكائنات الموجودة في الرواسب برمتها وتشمل امتصاص الأكسجين الذي يحدث في العقيدات وتنفس الحيوانات القاعية التي تعيش على سطح العقيدات. غير أن قياسات امتصاص الأكسجين الانتشاري، التي تعالج في معظمها تنفس الميكروبات، تمثل بديلا مقبولا، لأن مساهمة الحيوانات عادة ما تكون منخفضة في رواسب أعماق البحار، ومن المتوقع أن يحدث معظم التنفس في الرواسب بدلا من العقيدات.

142 - وينبغي أن يكون وقت النشر لتحليل امتصاص الأكسجين الكلي طويلا بما يكفي لتحديد معدل الانخفاض عن تسجيلات الأكسجين تحديدا دقيقا استنادا إلى أداء جهاز الاستشعار. وينبغي حساب امتصاص الأكسجين الانتشاري انطلاقا من المخطط الجانبي لعمق الأكسجين من خلال مطابقة القياسات مع نموذج النقل والتنفس الانتشاري الأحادي البعد. وبما أن المقاطع الجانبية الموضعية عموما لا تصل إلى عمق نفاذ الأكسجين في بيئات أعماق البحار مع انخفاض معدلات التنفس، ينبغي أن تغطي القياسات طبقة الرواسب حيث يتم قدر كبير من امتصاص الأكسجين (انظر الفقرة التالية).

143 - وبالنسبة للمقاطع الرأسية، فإن القياسات الموضعية التي تستهدف التدفقات والقياسات في العينات اللبية التي تركز على عمق نفاذ الأكسجين وقطر طرف جهاز الاستشعار والفواصل الرأسية بين القياسات المتتالية ينبغي لها أن تتدرَّج عكس اتجاه منحدر تدرج الأكسجين، وبالتالي يجب أن تكون في الديسيمترات العليا أصغر منها في الطبقات الدنيا. وعموما، ينبغي أن يقل قطر الطرف عن 100 ميكرومتر بالنسبة للطبقة العليا البالغ عمقها 0,5 متر، وأن يقل عن 1 ميليمتر في الطبقات الأعمق. قد يبدأ طول الفواصل الرأسية عند 250 ميكرومترا، في حين يمكن أن يزيد إلى نطاق صغير يتراوح بين السنتيمتر والديسيمتر تحت عمق 0,5 متر. وينبغي أن تكون التغيرات في التركيز على أعماق متتالية أقل بكثير من 2 في المائة من تركيز المياه القاعية. وينبغي أن تغطي المقاطع الجانبية الموضعية المستخدمة لحسابات امتصاص الأكسجين الانتشاري الطبقة التي تساهم بشكل كبير في امتصاص الأكسجين الكلي. كما ينبغي لها أن تغطي على الأقل الطبقة العليا التي يبلغ سمكها 20 سنتيمترا أو أن تصل إلى العمق الذي تنخفض فيه معدلات التنفس الحجمي (على نحو ما جرى تحديده بواسطة نمذجة النقل والتفاعل الأحادية البعد) إلى أقل من 10 في المائة من المعدل الأقصى الملاحظ في الجزء العلوي من المقطع الجانبي. وفي حال إجراء قياسات امتصاص الأكسجين الكلي باستخدام الحجرات، فإن تواتر عمليات الرصد لا يكتسي أهمية حاسمة، حيث ينخفض الأكسجين بشكل بطيء ويكفي إجراء قراءة واحدة كل دقيقتين. ويمكن زيادة تواترها في حال تشتت قراءات جهاز الاستشعار إلى حد كبير.

144 - ولمعالجة عمق نفاذ الأكسجين ومناطق الأكسدة والاختزال في جميع أنحاء طبقة الرواسب الأكسيدية، ينبغي الحصول على قياسات الأكسجين من المياه القاعية التي تعلو الرواسب وينبغي مواصلتها في المياه المسامية في العينات اللبية الطويلة وصولا إلى العمق الذي ينخفض فيه الأكسجين إلى الصفر أو يصل إلى الحد الأدنى.

145 - والبارامتر الذي ينبغي قياسه هو الأكسجين المذاب (O_2)؛ وينبغي توفير البيانات الخام كتركيزات (مول/لتر).

146 - ومن خلال عمليات رصد الأكسجين في العمود المائي، ينبغي تحديد ما يلي: الاستخدام الظاهر للأكسجين، وصافي الإنتاج المجتمعي، وصافي انسياب رواسب الكربون من السطح، ومخزونات الأكسجين في المحيطات، ونزع الأكسجين واستهلاك الأكسدة بسبب أكسدة المعادن المختزلة. وبالنسبة للرواسب، ينبغي تحديد ما يلي: عمق نفاذ الأكسجين، والتنفس الحجمي لمختلف طبقات الرواسب، ومعدلات استهلاك الأكسجين/امتصاص الأكسجين في مجموعة الكائنات الموجودة في الرواسب، ومعدلات إعادة تمعدن الكربون، وصافي معدلات تدفق المواد العضوية إلى قاع البحر. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تحديد خصائص مناطق الأكسدة والاختزال في الرواسب.

واو - المتغير المقيس: نظام الكربونات

147 - بدلا من قلوية الكربونات (كما هو موضح في ISBA/25/LTC/6/Rev.1 إلى جانب ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1)، ينبغي استخدام القلوية الكلية لتحديد خصائص نظام الكربونات، حيث إن جزيئات أخرى غير مركبات الكربونات والبيكربونات، مثل البورات وكبريتيد الهيدروجين والكربون العضوي المذاب، تساهم عادة في هذا المتغير.

148 - وينبغي الحصول على معلومات مفصلة عن استقاء البيانات عن متغيرات نظام الكربونات، بما في ذلك جودة البيانات، من أدبيات الأوقيانوغرافيا الكيميائية والكيمياء الجيولوجية الحيوية، مثل Dickson et al. (2007) و European Commission (2011).

149 - ولتقييد المجموعة الكاملة من نظام حمض الكربونيك في مياه البحر (أي $[CO_2]$ و $[H_2CO_3]$ و $[HCO_3^-]$ و $[CO_3^{2-}]$ و $[H^+]$)، يجب استخدام الضغط ودرجة الحرارة والملوحة إلى جانب أي عنصرين من العناصر التالية: الكربون غير العضوي المذاب، وقلوية الكربونات، والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون، ودرجة الحموضة (Millero, 2013). وفي حين أن القلوية الكلية متغير قوي لنظام الكربونات يمكن قياسه خارج الموقع دون استخدام أدوات التحفيز، فإن الكربون غير العضوي المذاب ودرجة الحموضة والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون كلها عناصر حساسة للتغيرات في الضغط ودرجة الحرارة وكذلك لعملية إزالة الغازات المستحثة عند استرجاع العينات من قاع أعماق البحار إلى سطح البحر. ولذلك، ينبغي قياس درجة الحموضة والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون في الموقع لتجنب استخدام أدوات لأخذ العينات خارج الموقع لا يمكن تصحيحها أثناء تجهيز البيانات.

150 - ولمراعاة المساهمات في القلوية الكلية المتأتية من مواد كيميائية أخرى مثل البورات وكبريتيد الهيدروجين، ينبغي أخذ قياسات إضافية للمياه المسامية في الرواسب. وبما أنه من الصعب قياس فرادى الأنواع، فإن هذه المتغيرات الإضافية عادة ما تتمثل في تركيز البورون الكلي (أي مجموع البورات وحمض البوريك) وتركيز الكبريتيد الكلي (أي مجموع $[S_2^-]$ و $[HS^-]$ و $[H_2S]$). وهي متغيرات قوية يمكن قياسها خارج الموقع.

151 - وينبغي الرجوع إلى ورقة مواصفات المتغيرات الأساسية للمحيطات في النظام العالمي لرصد المحيط للحصول على مزيد من المعلومات عن شبكات الرصد العالمية الحالية، بما في ذلك تقنيات الاستشعار المتاحة (وذلك أساسا لأغراض قياس محتوى ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحموضة، كما في حالة عوامات آرغو البيوجيوكيميائية) وقدرة الرصد في المستقبل.

152 - وينبغي تحديد نظام الكربونات باستخدام القلوية الكلية وعنصر واحد على الأقل من بين العناصر التالية: الكربون غير العضوي المذاب، ودرجة الحموضة، والضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون (Dickson et al., 2007؛ و European Commission, 2011). وينبغي النظر أيضا في متغيرات أخرى، مثل تركيز البورون الكلي، وتركيز الكبريتيد الكلي، والكربون العضوي المذاب، في حال ما إذا كانت تسهم في القلوية الكلية (Luff et al., 2001؛ و Zeebe and Wolf-Gladrow, 2001).

153 - وفيما يلي المنهجيات المتبعة لكل منها:

(أ) في عينات المياه المسامية، ينبغي تحديد القلوية الكلية في أقسام المياه المسامية المستخرجة عن طريق المعايرة بمحلول مخفف لكلوريد الهيدروجين، ومراقبة تغير درجة الحموضة باستخدام مطياف أو مقياس للجهد أو مقياس بصري (على سبيل المثال باستخدام مؤشر مناسب لدرجة الحموضة) وإحداث فقاعات في المحلول داخل وعاء المعايرة باستخدام غاز النيتروجين أو الأرغون لتجريد المحلول من ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) (انظر على سبيل المثال Wallmann et al., 2006؛ و Haffert et al., 2013).

(ب) في عينات العمود المائي، ينبغي اتباع المنهجية المبينة في المبادئ التوجيهية للأوساط المعنية بتحمض المحيطات، أي Dickson et al. (2007) و European Commission (2011).

(ج) ينبغي تحديد إجمالي محتوى الكربون غير العضوي المذاب باستخدام مقياس الكولون في أقسام المياه المسامية المستخرجة. وينبغي الحفاظ على العينات ضد المزيد من التآكل الجرثومي بإضافة محلول كلوريد الزئبق ($HgCl_2$) وينبغي تخزينها في قوارير مغلقة بإحكام تم غسلها بغاز النيتروجين لتجنب تبادل الغاز مع الغلاف الجوي. وينبغي تحويل الكربون غير العضوي المذاب إلى ثاني أكسيد الكربون عن طريق معالجة العينة بحمض الفوسفوريك. وبالنسبة للقياس، ينبغي نقل الغاز إلى مقياس الكولون باستخدام الغاز الحامل للهيليوم المنقى. وينبغي أن تترسب الكبريتيدات المذابة في العينة في شكل أحادي كبريتيد النحاس (CuS) عن طريق إضافة كبريتات النحاس ($CuSO_4$) إلى العينة. وفي إجراء مماثل، ينبغي تحديد البصمة النظائرية $\delta 13C$ للكربون غير العضوي المذاب من خلال قياس معدَّل النظائر باستخدام مطياف الكتلة. وتوفر البصمة النظائرية للكربون المستقر فيما يخص الكربون غير العضوي المذاب معلومات إضافية تساعد على التمييز بين إنتاج الكربون غير العضوي المذاب انطلاقا من التفاعل مع مواد عضوية ومسارات أكسدة الميثان.

(د) ينبغي تحديد ملامح درجة الحموضة في الموقع باستخدام أقطاب كهربائية زجاجية دقيقة (انظر مثلا Wenzhöfer et al., 2001؛ و Revsbech and Jorgensen, 1986).

(هـ) ينبغي تحديد الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون أو تركيز ثاني أكسيد الكربون المذاب في الموقع الأصلي باستخدام أجهزة دقيقة للاستشعار البصري (انظر مثلا Wenzhöfer et al., 2001).

(و) ينبغي تحديد تركيز البورون الكلي باستخدام قياس طيف الانبعاثات البصرية البلازمي المقرون بالحث أو قياس الطيف الكتلي البلازمي المقرون بالحث.

(ز) ينبغي تحديد تركيز الكبريتيد الكلي باستخدام الفوتومتر الطيفي باعتباره أزرق الميثيلين (Grasshoff et al., 1999؛ و Haffert et al., 2013).

(ح) ينبغي تحديد مجموع الكربون المذاب في نفس العينة باعتباره الكربون غير العضوي المذاب، على النحو المبين في الفرع حاء.

154 - وبما أن نظام الكربونات البحرية مقيَّد بقياس بعض متغيراته لحساب الأنواع الأخرى (انظر مثلا Luff et al., 2001؛ و Zeebe and Wolf-Gladrow, 2001)، ينبغي الإبلاغ عن هوامش الخطأ المعمَّمة في المتغيرات المحسوبة. ويتمثل أهم عامل من بين عوامل تعميم هامش الخطأ على نظام ثاني أكسيد الكربون البحري في اختيار هوامش الخطأ في المدخلات نفسها (Orr et al., 2018). وبما أنه

يمكن حفظ العينات بسهولة وإجراء القياسات في ظل هامش خطأ متدنٍ، ينبغي استخدام قياس مجموع متغيرات القلوية الكلية والكربون غير العضوي المذاب وتركيز البورون الكلي وتركيز الكبريتيد الكلي، ولكن يمكن استخدام توليفات أخرى، مثل درجة الحموضة والكربون غير العضوي المذاب لحساب قلوية الكربونات وأنواع الكربونات إذا أمكن إهمال المساهمات المتأتية من البورات وكبريتيد الهيدروجين في القلوية الكلية.

155 - ويعد استخدام عينات المواد المرجعية المعتمدة لكل من الكربون غير العضوي المذاب وتحليل القلوية الكلية نهجا بالغ الأهمية لتقييم الخصائص الكيميائية لمياه البحر بمرور الوقت، وذلك لحساب الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون ودرجة الحموضة بدقة في عينات مياه البحر. وفي هذا الصدد، ينبغي الحصول على المواد المرجعية لمياه البحر من الرابطة الدولية لعلوم فيزياء المحيطات أو مؤسسة سكريبز لعلوم المحيطات. وينبغي استخدام Dickson et al. (2007) كدليل لحساب الانحراف المعياري للقياسات. وفيما يخص هامش الخطأ وتعميمه، ينبغي الرجوع إلى الوثائق الواردة في Orr et al. (2008). وينبغي استخدام نفس المراجع للاطلاع على الروابط والوثائق المتعلقة بالروتين المضاف لمجموعات البرامجيات التي يمكن استخدامها لحساب متغيرات الخصائص الكيميائية للكربونات (seacarb و CO2SYS for Excel و CO2SYS for MATLAB و mocsy). وبالإضافة إلى ذلك، هناك مجموعات برامجيات متاحة للعموم فيما يخص نظم أخرى ذات قاعدة حمضية، مثل البورات والكبريتيد، وهي تسهم في درجة الحموضة والقلوية الكلية (AquaENV؛ Hofmann et al. 2010)، وفيما يخص تأثيرات الضغط (SUGAR Toolbox؛ Kossel et al., 2013).

156 - ومن بين تلك القياسات، ينبغي حساب ما يلي: حالات التشبع فيما يخص المعادن الكربونية، مثل الأراغونيت والكالسيت، وفيما يخص معادن السيليكات؛ وعمق موازنة الكربونات؛ والعمق الذي تزداد فيه قابلية كربونات الكالسيوم للذوبان بشكل كبير (lysocline)؛ ومعدلات التفاعل الخاصة بذوبان الكربونات/معدن السيليكات؛ وإعادة تمعدن المادة العضوية؛ وأكسدة المعادن المختزلة. وينبغي تحديد مناطق الأكسدة والاختزال.

زاي - المتغير المقيس: الفلزات النزرة

157 - ينبغي الرجوع إلى المنشور *Sampling and Sample-handling Protocols for Geotraces Cruises*، المعروف أيضا باسم "دليل برنامج" Geotraces، للاطلاع على توصيات محددة بشأن أخذ العينات المناسبة وإجراءات التنظيف ومناولة العينات فيما يخص العناصر النزرة (الجسيمات ومجموع المواد المذابة) ونظائرها في مياه البحر، وكذلك بشأن إجراءات الحصول على تدابير الصحة والدقة.

158 - ولتقييم مدى تدوير العناصر النزرة وتقدير سميتها، ينبغي تحديد مدى الاستنواع الفيزيائي والكيميائي للفلزات النزرة المذابة بدلا من تركيزات المواد المذابة الكلية. ولم يشمل دليل الاستخدام طرق استنواع الحجم المادي للفلزات النزرة في إجمالي مجموع المواد المذابة (الذي يتضمن الغروانيات والجسيمات النانوية وكذلك الأنواع المذابة حقا). ولم يُنشر بعد أي دليل لأفضل الممارسات بشأن هذا الموضوع، ولذلك ينبغي الرجوع إلى أحدث المؤلفات في وقت أخذ العينات.

159 - وبالنسبة لتجزئة الحجم المادي لمياه البحر والمياه المسامية، تشمل الطرق المحتملة ما يلي:

(أ) الترشيح التتابعي الناتج عن أجزاء مختلفة من الحجم: > 0,2 ميكرومتر (الجسيمات)، < 0,2 ميكرومتر (إجمالي المواد المذابة)، 0,02–0,2 ميكرومتر (الغروانيات غير العضوية مثل أكسيد هيدروكسيد الحديد، والصلصال، وأكاسيد المنغنيز)، < 0,02 ميكرومتر (المواد القابلة للذوبان: الغروانيات العضوية الصغيرة، المذابة حقا)، وتحمض العينات غير المصفاة على متن السفينة (بالنسبة للتركيزات الإجمالية للمواد القابلة للذوبان)؛

(ب) إجراء الترشيح الفائق مع اتخاذ 1 كيلودالتون باعتباره الحد الفاصل للوزن الجزيئي (حيث يضم مجموع المواد التي يتراوح حجمها بين 1 كيلودالتون و 0,2 ميكرومتر جميع المواد الغروانية والجسيمات النانوية، ويُعرَّف مجموع المواد التي يقل حجمها عن 1 كيلودالتون على أنه مجموع المواد المذابة حقا)، على متن السفينة إذا كان توافر حجم العينة يسمح بذلك، وهو المعوِّق الرئيسي عندما يكون الهدف هو إجراء الترشيح الفائق للمياه المسامية.

160 - وهناك طرق أخرى متاحة لتقييم مدى الاستنواع الكيميائي، بما في ذلك:

(أ) طرق القياس الفولتي، وإجراء تحليل في المختبر الذي تجري فيه عملية الاختبار؛

(ب) المنحدرات الانتشارية في الأجهزة السلبية لأخذ العينات الرقيقة لقياس تركيزات المعادن غير الثابتة، وأخذ العينات على متن السفينة، وإجراء تحليل في المختبر الذي تجري فيه عملية الاختبار.

161 - وينبغي حفظ العينات بصورة ملائمة (مثلا عن طريق التحمض باستخدام كلوريد الهيدروجين الفائق النقاوة إلى درجة حموضة تناهز 1,8 من أجل تحليل تركيز الفلزات النزرة؛ انظر أيضا دليل برنامج Geotraces للحصول على مزيد من التفاصيل) أو تجميدها (على سبيل المثال لتحليل مدى الاستنواع الكيميائي، تحليل الربائط).

162 - وينبغي الرجوع إلى Planquette and Sherrell (2012) للحصول على تفاصيل بشأن أخذ العينات ومعالجة عينات الفلزات النزرة للجسيمات في العمود المائي عن طريق الترشيح الموضعي، والترشيح باستخدام زجاجات، ومصائد الرواسب.

163 - وتحديد أفضل الأساليب التحليلية للفلزات النزرة في مياه البحر والمياه المسامية قابل للتغيير بسبب التطورات التكنولوجية ومدى توافر الأجهزة، ولذلك من الممكن استخدام أساليب تحليلية مختلفة. وينبغي إثبات استخدام التحليلات المناسبة وتجهيز البيانات باستخدام البيانات الوصفية المطلوبة. وعموما، ينبغي الحصول على بيانات تركيز المعادن باستخدام قياس طيف الانبعاثات البصرية البلازمي المقرون بالحث وقياس الطيف الكتلي البلازمي المقرون بالحث. وقبل التحليل البلازمي المقرون بالحث، ينبغي معالجة عينات الرواسب باستخدام ضغط الحمض أو التفتيت بالموجات الدقيقة مع التركيبات الحمضية المناسبة، على سبيل المثال $HF + HClO_4$ أو $HF + HCl + HNO_3$ (Paul et al., 2018, Nöthen and Kasten, 2011). وبالنسبة للفلزات النزرة في مياه البحر والمياه المسامية، يوصى بشدة باستخدام جهاز التركيز المسبق وفصل المصفوفة (SeaFAST). وينبغي معالجة وقياس العينات المرجعية المعتمدة للفلزات النزرة والملوثات غير العضوية في الطور الصلب (MESS-4، NIST-2702) ومياه البحر (مثل NASS-7 أو CASS-6 أو SLEW-3 أو معايير المعايرة البينية Geotraces)، وإذا لم تكن موجودة فينبغي قياس المعايير الداخلية (بالنسبة للمياه المسامية مثلاً) إلى جانب العينات لتوثيق الصحة والدقة التحليلية.

164 - والبارامترات التي ينبغي قياسها هي تركيزات الحديد والمنغنيز والكوبالت والنحاس والنيكل والزنك والكادميوم والزرنيخ والرصاص والفاناديوم. وينبغي تقديم النتائج بصيغة أجزاء من المول لكل وحدة من وحدات الكتلة أو الحجم (مثل النانومول للكيلوغرام الواحد أو النانومول للتر الواحد). وينبغي تحديدها في كل جزء من أجزاء الحجم المحددة من الناحية التشغيلية (الجسيمات، ومجموع المواد المذابة < 0,2 ميكرومتر، والجسيمات النانوية/الغروانية 0,02-0,2 ميكرومتر) مع الإشارة إلى الاستنواع الكيميائي (التركيزات الكلية، والمعادن غير الثابتة، واستنواع الأكسدة والاختزال، وتشكيل مركَّبات مع الربائط العضوية).

165 - واستنادا إلى هذه القياسات، ينبغي تحديد ما يلي: تدفقات الفلزات النزرة، والتوزيع بين مختلف الأنواع الفيزيائية والكيميائية، وتركيزات المعادن غير الثابتة، وأنواع وتركيزات الجسيمات النانوية والغروانيات، وتحديد مناطق الأكسدة والاختزال في الرواسب (بما في ذلك التغير المكاني والزمني).

حاء - المتغير المقيس: المادة العضوية والمادة غير العضوية

166 - ينبغي أن تتناول عمليات الرصد الأساسية كمية ونوعية وعدم استقرار المادة العضوية المذابة والجسيمية، وكذلك الكربون غير العضوي الجسيمي في العمود المائي وفي قاع البحر، بما في ذلك تغيرها الزمني والمكاني، باستخدام قياسات الوكلاء المناسبين. وينبغي أن تشمل عمليات رصد الجسيمات في العمود المائي الجسيمات العضوية والجسيمات غير العضوية.

167 - وينبغي أن ينصب التركيز الرئيسي لعمليات الرصد الأساسية على توصيف مكرر جيدا للكربون غير العضوي الجسيمي، والمواد العضوية الجسيمية، والنيتروجين العضوي المذاب في العمود المائي وفي الديسيمترات العليا للرواسب، حيث تكون معدلات التحويل البيوجيوكيميائي أعلى، وحيث تشير المعارف الحالية إلى أن من المرجح أن تشهد تلك الطبقة أعظم الأثر. وفيما يتعلق بتحليل الرواسب، وبالإضافة إلى مفهوم الاستبانة المبيَّن في الفرع ثالثا-ألف، ينبغي قياس الكربون غير العضوي الجسيمي والمادة العضوية الجسيمية في رواسب أعمق وأقدم في بعض المواقع للمساعدة على تحديد خصائص مختلف البيئات الموجودة في المنطقة، بما في ذلك نظم الإنتاجية والترسب السابقة.

168 - وفيما يتعلق بتحليل قاع البحار، ينبغي تحديد توزيع كمية وخصائص الكربون غير العضوي الجسيمي والمادة العضوية الجسيمية في العينات الفرعية المأخوذة من طبقات عمق متميزة من العينات اللبية المسترجعة، بينما ينبغي تحليل النيتروجين العضوي المذاب في المياه المسامية المستخرجة من طبقات عمق متميزة. وفي الديسيمترات العليا للرواسب، ينبغي أخذ العينات اللازمة للتحليل باستخدام أحدث أجهزة أخذ العينات القادرة على استعادة الطبقة السطحية شبه السائلة المنتقشة (مثل الملباب المتعدد الأذرع، وملباب الدفع المتحكَّم فيه بواسطة مركبة تشغل من بُعد). وينبغي استخراج العينات اللبية من الطبقات الأعمق باستخدام ملباب ثقالي أو ملباب كباسي.

1 - المادة العضوية المذابة

169 - ينبغي قياس كمية النيتروجين العضوي المذاب كميا من حيث الكربون العضوي المذاب إلى جانب قياسات مجموع النيتروجين المذاب، وعادة ما يتم ذلك عن طريق الأكسدة الحفازة في درجة حرارة عالية وبعد إزالة الكربون غير العضوي والمواد العضوية المتطايرة عن طريق التحمض والتطهير بالغاز الخامل. وتوفر نسبة الكربون العضوي المذاب إلى النيتروجين العضوي المذاب (المحسوبة عن طريق طرح مجموع NH_4^+

و NO_3^- و NO_2^- من النيتروجين المذاب الكلي) أول مؤشر على التركيب الكيميائي للنيتروجين العضوي المذاب؛ وينبغي استخدامها لتحديد الخصائص العامة لجودة النيتروجين العضوي المذاب (أي إمكانية توافره للكائنات الحية كمصدر للغذاء). وينبغي تحديد الخصائص الجزيئية العامة للنيتروجين العضوي المذاب على أساس التحليل البصري للمجموعة الملونة والفلورية. ويمكن القيام بذلك باستخدام أدوات جاهزة تجمع بسهولة أطياف انبعاثات الإثارة باستخدام القياس الطيفي الفلوري وتجمع بين ذلك والقياسات القائمة على قياس طيف الامتصاص.

170 - وينبغي الرجوع إلى Dickson et al. (2007) للحصول على أفضل الممارسات في قياس الكربون العضوي المذاب في العمود المائي.

171 - وتتمثل البارامترات التي ينبغي قياسها في العمود المائي في الكربون العضوي المذاب والنيتروجين المذاب.

172 - والبارامترات التي ينبغي قياسها فيما يخص المياه المسامية هي الكربون العضوي المذاب، والنيتروجين المذاب الكلي، والأحماض الأمينية والكربوهيدرات المذابة، والخصائص البصرية للنيتروجين العضوي المذاب (المواد العضوية المذابة الملونة، والمواد العضوية المذابة الفلورية).

173 - وبالنسبة للعمود المائي، ينبغي استخدام عمليات الرصد لتحديد مساهمة الكربون العضوي المذاب في صافي الإنتاج المجتمعي وانسياب رواسب الكربون من السطح.

174 - وبالنسبة للرواسب، ينبغي استخدام عمليات الرصد لتحديد كمية ونوعية المواد العضوية وتغيرها المكاني والزمني لتحديد معدلات إعادة تمعدن المواد العضوية وشرحها. وينبغي استخدامها بالاقتران مع تشكيل مركّبات الفلزات النزرة والتوافر البيولوجي.

2 - الجسيمات

175 - فيما يتعلق بالجسيمات، يستخدم عدد من المتغيرات لوصف الجسيمات المعلقة (الجسيمات المعلقة الكلية) ونقل الجسيمات في المحيط، سواء منها الأجزاء العضوية أو غير العضوية. ويمكن جمع الجسيمات في العمود المائي باستخدام العديد من تقنيات أخذ العينات:

(أ) عن طريق ترشيح المياه انطلاقا من زجاجات Niskin أو Go-Flo؛

(ب) باستخدام مضخات في الموقع؛

(ج) باستخدام مصائد الرواسب.

176 - ولكل من تقنيات أخذ العينات هذه مزاياه وعيوبه. لذلك، ينبغي استخدام توليفة من جميع هذه التقنيات. وفي حين أن تقنيات أخذ العينات القائمة على ترشيح عينات المياه التي تجمع باستخدام أجهزة لأخذ عينات المياه من قبيل زجاجات Niskin أو Go-Flo تقتصر على كميات صغيرة نسبيا (< 12 لتراً)، ينبغي استخدام مضخات في الموقع قادرة على تصفية كميات كبيرة (مئات اللترات في الساعة) لجمع كتل أكبر من الجسيمات، لأنها مطلوبة لإجراء أبحاث معينة (مثل البحث في نشاط نظائر مشعة محددة). وينبغي جمع بيانات عن المخطط الجانبي للأعماق عن طريق ربط فرادى المضخات في الموقع بشكل متسلسل على سلك (مثل كابل التوصيل والحرارة والعمق) وبرمجتها للضخ في الأعماق المطلوبة لمدة

ساعتين إلى أربع ساعات. وينبغي استخدام الجسيمات التي يتم الحصول عليها من تصفية مياه البحر انطلاقا من الزجاجات وباستخدام مضخات في الموقع لتحديد تركيزات الجسيمات ونوعها وكميتها؛ فهي مناسبة للأبحاث المتعلقة بالفلزات النزرة. ويتوقف ما إذا كانت الجسيمات تغوص في الماء، وتتوقف سرعة غوصها إن هي فعلت ذلك (أي مساهمتها في انسياب الرواسب من السطح) على حجمها وشكلها وكثافتها الفردية. وينبغي استنتاج انسياب الرواسب من السطح بصورة غير مباشرة عن طريق قياس نشاط المقتفيات الإشعاعية (انظر الفرع الأول). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي الحصول على قياسات مباشرة لتدفقات الجسيمات باستخدام مصائد الرواسب، التي تجمع الجسيمات الغاطسة على عمق معين على مدى عدة أيام إلى عدة أشهر. وينبغي تقييم كمية الجسيمات الغاطسة ونوعها ونوعيتها تقييما مباشرا.

177 - وينبغي الرجوع إلى دليل برنامج Geotraces و Bishop et al. (2012) و Planquette and Sherrell (2012) للحصول على إرشادات بشأن أفضل الممارسات في أخذ العينات وطرق تجهيز العينات لأغراض الأبحاث المتعلقة بالجسيمات مع استخدام الترشيح في الموقع والترشيح على سطح السفينة انطلاقا من زجاجات Go-Flo، مع التركيز بشكل خاص على الفلزات النزرة. وينبغي أيضا الرجوع إلى دليل برنامج Geotraces لإجراء التعديلات الموصى بإدخالها على طريقة تحديد الكربون العضوي الجسيمي والنيتروجين الجسيمي على نحو ما نشر في الأصل في التقرير التاسع عشر الصادر عن الدراسة المشتركة لتدفق المحيطات في العالم (Knap et al., 1996)، الذي يتضمن توصيات للدراسة المذكورة، وهو طريقة مستخدمة على نطاق واسع ومستشهد بها فيما يخص العينات الصغيرة الحجم من الكربون العضوي الجسيمي والنيتروجين الجسيمي (أي < 10 لترات).

178 - وينبغي الرجوع إلى McDonnell et al., (2015) لاستعراض أساليب جمع الجسيمات (> 0,2 ميكرومتر) وتطبيقها في دراسات الدورات البيوجيوكيميائية المستمدة من الزجاجات والمضخات في الموقع ومصائد الرواسب مشفوعة بتفاصيل عن أنواع المرشحات الموصى بها، وبروتوكولات أخذ العينات في مصائد الرواسب بما في ذلك تنظيفها، وحفظ العينات وتجهيزها، والتحيزات التي تشوب جمع العينات في مصائد الرواسب. وينبغي الحصول على تفاصيل عن أخذ عينات الجسيمات ومعالجة/تجهيز العينات وتحديد أنواع الجسيمات وتكوينها وتركيزها، وكتلة الجسيمات المعلقة وتدفق الجسيمات من خلال Lam et al. (2018) و Boxhammer et al. (2018) و Huffard et al. (2020)، ويمكن أيضا استخلاصها من المبادئ التوجيهية بشأن رصد المحيطات التي نشرتها الجمعية الأوقيانوغرافية اليابانية وفي بروتوكول الفريق التنسيقي الدولي المعني بلون المحيطات بشأن أخذ عينات الكربون العضوي الجسيمي وقياساته.

179 - ويمكن الاطلاع على استعراض للتقنيات البصرية لتحديد خصائص الجسيمات البحرية عن بعد وفي الموقع دون جمعها واسترجاعها في Boss et al. (2015)، الذي يغطي تقنيات تقييم الخصائص الإجمالية بما في ذلك كتلة الجسيمات وتوزيع حجم الجسيمات ومعلومات عن شكل الجسيمات، إلى جانب الخصائص البصرية للجسيمات المنفردة مثل نوع فرادى الجسيمات وحجمها. وبالإضافة إلى ذلك، يستعرض المؤلفون أوجه التقدم في تكنولوجيا التصوير واستخدامها في دراسة الجسيمات البحرية في الموقع. ويمكن الاطلاع على مزيد من التفاصيل في Giering et al. (2020) و Huffard et al. (2020).

180 - ويمكن الرجوع إلى ورقة مواصفات متغيرات المحيطات الأساسية في النظام العالمي لرصد المحيط للحصول على مزيد من المعلومات عن شبكات الرصد العالمية الحالية وللاطلاع على روابط تحيل على المؤلفات المتعلقة بالابتكارات في مجال رصد البيانات المستقلة.

181 - والبارامترات التي ينبغي قياسها في العمود المائي هي المواد العضوية الجسيمية (الكربون العضوي الجسيمي، والنيتروجين العضوي الجسيمي، والفوسفور العضوي الجسيمي)، والسيليكا الحيوية المنشأ، والكربون غير العضوي الجسيمي، والكربون العضوي الكلي، والنيتروجين الكلي، والجسيمات المعلقة الكلية، وتدفق الكربون العضوي الجسيم، وتدفق كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، وتدفق السيليكا الحيوية المنشأ، والجسيمات الصخرية المنشأ، وأكاسيد الحديد والمنغنيز وأكسيد الهيدروكسيد، وتركيز الجسيمات، والعرض والطلب فيما يخص الكربون، والمادة العضوية الجسيمية والعلاقات الكمية الكيميائية (نسبة الكربون إلى النيتروجين وإلى الفوسفور) وفق ريدفيلد.

182 - وتختلف كمية ونوعية المواد الغاطسة موسميا ومن سنة إلى أخرى، ولذلك ينبغي التركيز بشكل خاص على أخذ عينات أسبوعية إلى شهرية من الإنتاج الأولي وتحديد درجة الاستبانة بوتيرة شهرية إلى سنوية فيما يخص انسياب الرواسب من السطح.

183 - وينبغي أن تتناول عمليات رصد المواد العضوية في الرواسب كمية الجسيمات إلى جانب كمية المواد العضوية المتوافرة بيولوجيا ونوعيتها (أي الجِدَّة/عدم الاستقرار). ويمكن اتباع نهج مختلفة (انظر مثلا Pusceddu et al., 2009؛ و Meckler et al., 2004، والمراجع الواردة فيهما) ولكن ينبغي أن تكون مجموعة الوكلاء الأساسية متسقة في مختلف الدراسات الأساسية. وينبغي الحصول على معلومات عن كمية المواد العضوية المتوافرة بيولوجيا عن طريق قياس الكربون العضوي الكلي والنيتروجين الكلي، وعادة ما يتم ذلك عن طريق جهاز تحليل مخبري للعناصر بعد إزالة الكربون غير العضوي عن طريق التحمض. وتوفر نسبة الكربون العضوي الكلي إلى النيتروجين الكلي أول مؤشر على جودة المواد العضوية الجسيمية. وينبغي الحصول على معلومات أكثر تحديدا عن نوعية المواد العضوية من خلال قياس مكافئات الأصباغ الكلوروبلاستية، بما في ذلك الكلوروفيل-أ ونواتج تحلله؛ أو من خلال التحليل الفلورومتري البسيط؛ أو من خلال الاستشراب السائلي العالي الأداء؛ أو من خلال قياس الكربون البوليمري الحيوي، بما في ذلك الكربوهيدرات والبروتينات والدهون القابلة للتحلل (باستخدام التحليل الكيميائي الرطب). وينبغي تحديد جِدَّة المواد العضوية الجسيمية باستخدام نسبة الكلوروفل-أ إلى مكافئات الأصباغ الكلوروبلاستية (أو مؤشر الكلور، وهو ما يشبهه)، أو على أساس تحليلات التركيب المحدد لفئات الجزيئات الحيوية (مثل نسبة الكربوهيدرات والبروتينات والدهون القابلة للتحلل إلى مجموع الكربوهيدرات والبروتينات والدهون؛ أو مؤشر التحلل استنادا إلى تكوين الأحماض الأمينية؛ أو معدلات الأحماض الدهنية في ظل مستويات مختلفة من التشبع).

184 - وإلى جانب الكربون العضوي الكلي والنيتروجين الكلي، ينبغي قياس الكربون غير العضوي الجسيمي باستخدام جهاز تحليل مخبري لعناصر الكربون والنيتروجين والكبريت. وكثيرا ما يبلغ عن الكربون غير العضوي الجسيمي على أنه محتوى كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) كنسبة مئوية من وزن عينة الرواسب الجافة.

185 - ومن المتوقع أن يكون توزيع المواد العضوية الجسيمية غير متجانس، ولا سيما بالقرب من سطح الرواسب. ويعتمد ترسب الجسيمات العضوية في قاع البحر عادة على أنماط صغيرة من التيارات وعلى مورفولوجيا قاع البحر، وذلك بسبب انخفاض كثافتها، مما يؤدي إلى توزيعات غير متجانسة وتراكمات محلية، كما هو الحال في المنخفضات الصغيرة. وينبغي استخدام الأساليب الإحصائية المناسبة لتحديد عدد العينات المتكررة المطلوبة ودرجة الاستبانة المناسبة. وينبغي توفير هذه المعلومات إلى جانب البيانات الخام. وينبغي ألا يقل عدد العينات المتكررة أبدا عن ثلاث عينات لبية لكل موقع ولكل حملة من حملات

أخذ عينات. وينبغي استخدام مسوحات التصوير في قاع البحر (نظم التصوير القائمة على الكابلات، ومركبات الغواصات المستقلة) أو السلسلة الزمنية (النظم القائمة على أجهزة الهبوط، والزحافات القاعية) حيثما أمكن ذلك للحصول على معلومات شبه كمية عن التغير المكاني والزمني في إمدادات المواد العضوية الجسيمية الجديدة الموجودة في قاع البحر وتخزينها وتجهيزها (عمليات الرصد شبه الكمية لتوزيع الحطام النباتي المائل إلى الخضرة في الصور الملونة، وعمليات الرصد الكمية للصبغة الكلوروبلاستية باستخدام التصوير الفلوري أو التقنيات ذات النطاق الطيفي الفائق).

186 - وانطلاقا من قياسات الجسيمات في العمود المائي، ينبغي استخلاص منتجات مثل الإنتاج الأولي، وتحمض المحيطات، وانسياب الرواسب من السطح، وإمدادات الكربون، وخفوت المواد العضوية في العمود المائي. وانطلاقا من جزء الجسيمات غير العضوية (الكربون غير العضوي الجسيمي، والسيليكا الحيوية المنشأ)، ينبغي تحديد الأصل الرئيسي للكتلة الأحيائية (أي الكائنات المتكلسة أو المتحولة إلى السيليكا) إلى جانب كمية صابورة الكربون العضوي الجسيمي، التي هي المحرك الرئيسي لترسب الكربون العضوي الجسيمي من المنطقة المضاءة (Klaas and Archer, 2002). وبالنسبة للرواسب، ينبغي استخدام عمليات الرصد لتحديد المخزون الثابت ودوران الكربون القاعي وتقييم مدى توافره لإعادة التمعدن من جانب مجتمعات الأحياء القاعية. وينبغي ضم هذه المعلومات إلى عمليات رصد انسياب رواسب الجسيمات العضوية وغير العضوية من السطح، وامتصاص الأكسجين، ونظام الكربونات، والمغذيات، والفلزات النزرة عن طريق نماذج النقل والتفاعل لتقييم الدورة البيوجيوكيميائية القاعية تقييما كميا في المواد العضوية والمغذيات والعناصر النزرة.

طاء - المتغير المقيس: مقتفيات النظائر المشعة (المقتفيات الإشعاعية)

187 - لأغراض أخذ العينات ولمعالجة عينات النويدات المشعة الطويلة العمر (مثل ^{230}Th) والنويدات المشعة القصيرة العمر (مثل ^{210}Pb) في مياه البحر، وجسيمات رشاش الرواسب المعلقة والرواسب وتحليلها، ينبغي أن تُتَّبع التوصياتُ المفصَّلة الواردة في دليل الاستخدام الخاص ببرنامج دراسة الدورات البيولوجية الكيميائية البحرية للعناصر والفلزات النزرة (Geotraces). والبارامترات التي ينبغي قياسها هي النويدات المشعة الذائبة والغرائية والجسيمية ^{230}Th و ^{234}Th و ^{210}Pb ,^{210}Po و ^{231}Pa و ^{224}Ra و ^{226}Ra و ^{228}Ra و ^{227}Ac وإجمالي نشاط جسيمات ألفا الإشعاعي.

188 - ولتحديد نشاط النويدات المشعة القصيرة العمر (مثل ^{210}Pb) في الرواسب:

(أ) ينبغي وضع بضعة غرامات من عينات الرواسب المجففة والمجانَسة في وعاء محكم الإغلاق لمنع تسرب الغازات، ثم ترك العينات على تلك الحالة لعدة أسابيع على الأقل استدامةً لاتزان النظائر المشعة (أي استمرار نشاط النظائر المشعة بسبب تساوي قيمتي معدل الإنتاج ومعدل الاضمحلال)؛

(ب) ينبغي تحديد إجمالي نشاط النويدتين المشعتين ^{210}Pb و ^{226}Ra مباشرة بقياس طيف أشعة غاما (مكشاف بالجرمانيوم العالي النقاوة (الجرمانيوم الذي يعمل ضمن نطاق واسع للطاقة)؛

(ج) إضافة إلى ذلك، يمكن قياس إجمالي ^{210}Pb بشكل غير مباشر من خلال قياس طيف أشعة ألفا (كاشف بالسيليكون المستوي المبثوث المُخمَل (PIPS)) من خلال نظيره الحفيد ^{210}Po؛

(د) ينبغي إجراء المعايرة الخارجية باستخدام مادة مرجعية معتمدة من قبيل معيار الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA-RGU-1 (ركاز اليورانيوم).

189 - وينبغي تحديد نشاط النويدات المشعة الطويلة العمر في الرواسب (النويدتان ^{230}Th و ^{231}Pa) وفي الجسيمات، وكذلك في عمود الماء (سلسلة نظائر الراديوم)، بالمقاييس التالية:

(أ) قياس طيف أشعة غاما (Yokoyama and Nguyen, 1980)؛

(ب) قياس طيف أشعة ألفا (Lao et al., 1992)؛

(ج) قياس الطيف الكتلي (Geibert et al., 2019)؛

(د) لأغراض تحليل الرواسب والجسيمات، ينبغي استخدام معيار الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA-385 (رواسب البحر الآيرلندي) (Pham et al., 2008) مادةً مرجعيةً معتمدةً؛

(هـ) لأغراض تحليل عمود الماء، يمكن استخدام معيار الوكالة الدولية للطاقة الذرية IAEA-443 (مياه البحر الآيرلندي) (Pham et al. 2011) مادةً مرجعيةً معتمدةً.

190 - ويمكن الاستعاضة عن تحديد إجمالي النشاط الإشعاعي لجسيمات ألفا بقياس النويدات المشعة ^{230}Th و ^{226}Ra و ^{231}Pa، كل واحدة على حدة، ثم حساب الإجمالي المتوقع للنشاط الإشعاعي لجسيمات ألفا على أساس التوازنات مع النظائر الوليدة لكل منها.

191 - وينبغي عرض النشاط الإشعاعي باعتباره إجمالي النشاط الذائب الجسيمي، بقياس الاضمحلالات في الدقيقة لكل غرام من الرواسب (dpm/g) أو قياس متوسط تركزات النشاط (Bq kg-1). وينبغي تصحيح مجموع نشاط النظائر المشعة (باستثناء نسبها) أخذا في الاعتبار تأثير ملح المياه المسامّية أثناء التحليل (Kuhn, 2013; Geibert et al., 2019)، وينبغي تسجيل الإجراء والتصحيحات تسجيلا دقيقا.

192 - وعلى أساس هذه القياسات، ينبغي تحديد ما يلي: التركيزات والنشاط، ونقص النويدة المشعة ^{230}Th، وتدفقات النكليدات المشعة، والتدفقات العنصرية الغارقة، ومعدلات الترسب. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تحديد عمق الاضطراب البيولوجي، ونشاط الاضطراب البيولوجي، وطريقة الاضطراب البيولوجي (أي الخلط الانتشاري أو الخلط غير المحلي)، ومستوى الإشعاع، والتفاعلات المعدنية المائية المسامّية (مثل انحلال الكربونات/ترسُّب الكربونات)، وذلك داخل الرواسب.

193 - وتوجد نماذج رقمية لعمليتي النقل-التفاعل كما توجد حلول تحليلية لتحليل البيانات. فعلى سبيل المثال، يعتبر نموذج درجة التركيز الأصلية الثابتة نهجا بسيطا يُتَّبع لحساب معدلات الترسب لرواسب أعماق البحر. وباستخدام متوسط النشاط الإشعاعي لإحدى النويدتين المشعتين ^{230}Th أو ^{231}Pa داخل طبقة من الرواسب غير المضطربة (التي لا يسجل لها اتجاه عمقي فيما يتصل بتجاوز النويدة ^{230}Th أو النويدة ^{231}Pa مستوى الاتزان)، يُحدَّد العمق الذي وقع فيه انحلال النشاط إلى نصف ذلك المستوى. والفرق بين هذا العمق وقاع الطبقة المضطربة بيولوجيا، مقسوما على العمر النصفي المعني، هو نسبة تقريبية لمعدل الترسب في ذلك الموقع.

ياء - جودة البيانات

1 - الأوقيانوغرافيا الكيميائية

194 - اشتركت خمسة برامج تعمل في مجال البيانات الأوقيانوغرافية، وهي التحالف من أجل التكنولوجيات الساحلية، ومشروع AtlantOS، والنظام المتكامل لرصد البحار، واللجنة التقنية المشتركة المعنية بالأرصاد الجوية الأوقيانوغرافية والبحرية، ومشروع ضمان/مراقبة جودة البيانات الأوقيانوغرافية في الوقت الحقيقي في النظام المتكامل لمراقبة المحيطات الخاص بالولايات المتحدة، اشتركت في نشر استعراض لأفضل الممارسات المعمول بها في مجال ضمان الجودة (Bushnell et al., 2019)، الذي ينبغي الاطلاع عليه للحصول على تفاصيل بشأن حفظ السجلات لأغراض ضمان الجودة وعلى القوائم المرجعية والتوصيات المتعلقة بالصيانة وطرائق تقليل هامش الخطأ في القياس والتوصيات العامة بشأن ضمان جودة البيانات الأوقيانوغرافية. وقد حُدد في ذلك الاستعراض أيضا نظام أفضل الممارسات في مجال المحيطات الذي أنشئ مؤخرا كوسيلة لتطوير عمليات أكثر تحديدا لضمان الجودة وتبادلها وتوثيقها وتنظيمها.

195 - وفي مجال الأوقيانوغرافيا الكيميائية، تؤثر هوامش الخطأ المرتبطة بعملية أخذ العينات ومعالجتها والقياسات التحليلية على قيم البيانات التي يُحصَل عليها من عينات المياه. ويمكن تقليص هوامش الخطأ تلك بزيادة عدد المعاينات. وينبغي تمييزها عن نوع آخر من عدم التيقن، ألا وهو عدم التيقن من قيم البيانات بالنسبة للظروف البيئية المماثلة من حيث المكان والزمان أو تباينها، وهو ما ينشأ عن تكرار العينات أو تكرار تسجيل البيانات (مثلا أخذ العينات من الموقع نفسه في التوقيت نفسه في ثلاث سنوات مختلفة، أو أخذ ثلاث عينات في مواقع مماثلة ولكن غير متطابقة ضمن شعاع نصف دائرة يبلغ 10 كيلومترات). فالدقة التحليلية العالية (أي الدقة والضبط) تساعد على التمييز بين مصادر عدم التيقن.

196 - وبالنسبة للعناصر الفلزية النزرة، ينص برنامج دراسة الدورات البيولوجية الكيميائية البحرية للعناصر والفلزات النزرة (Geotraces) على أنه ينبغي قياس فئتين من الاختبارات المكرَّرة: الاختبارات الحقلية المكرَّرة والاختبارات التحليلية المكرَّرة. والاختبار التحليلي المكرَّر يعني أن يُكرَّر تحليل العينة الواحدة. وهو مقياس للحصول على أقصى قدر ممكن من الدقة في تحليل معين. أما الاختبار الحقلي المكرَّر فيعني تحليل عينتين أو أكثر مأخوذة من زجاجة أخذ عينات واحدة. وله عنصر تباين إضافي ينتج عن أخذ العينات الفرعية والتخزين والتغير الطبيعي داخل العينة نفسها. وينبغي ألا يكون هناك تباين بين القيم الحقلية المتكررة والقيم التحليلية المتكررة عندما لا يكون لأخذ العينات والتخزين أي تأثير على التحليل (بافتراض أن المادة المراد تحليلها موزعة بشكل متجانس داخل زجاجة أخذ العينات).

2 - الكيمياء الجيولوجية الحيوية

197 - لا يتوقف عدد العينات أو الملاحظات المتكررة اللازمة لوصف ظروف خط الأساس البيوجيوكيميائية في مختلف الوحدات الفيزيوغرافية (انظر الفرع الثالث - ألف) على التغير الطبيعي الموجود فحسب، بل يعتمد أيضا على التغيرات النسبية التي تحدث استجابة لأنشطة التعدين التي يلزم تحديدها. وينبغي استخدام الأدوات الإحصائية المناسبة، مثل تحليل قوة الاختبار (Sweetman et al., 2019)، لتقييم جهود أخذ العينات المطلوبة للكشف عن التغير على مستوى معين وبقوة اختبار إحصائية معينة. والمستوى المستهدف للتغير الذي يتعين حله بالنسبة لمتغيرات محددة يعتمد أساسا على حجم التغير المرتبط عادة بالآثار المتصلة بالتعدين، إلى جانب أهمية المتغير ليكون مؤشرا على حالة النظام الإيكولوجي ومدى

تدهوره وتعافيه. وعلى سبيل التوجيه، ينبغي أن تتيح الاختبارات المكرَّرة المختارة الكشف عن انحرافات أقل من 30 في المائة مقارنة بظروف خط الأساس بقوة إحصائية لا تقل عن 0,95 (Ardron et al., 2019). وينبغي الإبلاغ عن الإحصاءات المتعلقة بمستوى التغير الذي يمكن اكتشافه بالنسبة لكل متغير على حدة باستخدام البيانات المرجعية.

198 - ومن أجل البت في الجهد الأولي لأخذ العينات، ينبغي جمع المعلومات المتاحة عن التغير الطبيعي، مع مراعاة ضرورة أن تُجرى دائما ثلاث اختبارات مكرَّرة، كحد أدنى. وينبغي تنقيح الاختبار المكرَّر المطلوب للمتغيرات تنقيحا منتظما كلما توافر المزيد من المعلومات عن التغير الطبيعي وحينما يتسنى تحديد أهمية المتغيرات على أساس ملاحظات خط الأساس ودراسات الأثر والنمذجة المتكاملة لظروف خط الأساس وللتغيرات.

كاف - إدارة البيانات

199 - تتضمن المذكرات الفنية للبرنامج الدولي لاكتشاف المحيطات، والبرنامج المتكامل لحفر المحيطات الذي سبقه، تفاصيل عن البيانات وإدارة العينات وتنظيمها (وكذلك عن أخذ وتحليل العينات البيوجيوكيميائية والبيوجيولوجية)، وهي تفاصيل ينبغي تتبعها.

200 - ويلزم أن توثّق البيانات الوصفية ما إذا كانت العينات والتحليلات قد أجريت على النحو المناسب وأن تتيح اقتفاء مصدر البيانات المقدمة. ويلزم توفيرها لجميع المتغيرات الكيميائية. وينبغي أن تلتزم البيانات الوصفية المتعلقة بأخذ العينات وتسجيلها وكذلك البيانات الناتجة عن ذلك بالمبادئ التوجيهية التي حددها المركز الدولي لتجميع البيانات التابع لبرنامج دراسة الدورات البيولوجية الكيميائية البحرية للعناصر والفلزات النزرة (Geotraces) (www.bodc.ac.uk/geotraces/) والمجلس الدولي لاستكشاف البحار والفريق العامل المعني بإدارة البيانات البحرية. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات وبروتوكولات البيانات الوصفية في دليل أفضل الممارسات في مجال إدارة البيانات الذي جمَّعه مكتب إدارة بيانات المحيطات البيولوجية والأوقيانوغرافية - الكيميائية على أساس الخبرة المكتسبة من برنامج ديناميات النظم الإيكولوجية المحيطية وبرنامج الدراسة المشتركة لتدفق المحيطات في العالم، المعنيَّين ببحوث المحيطات. والدليل يشتمل على مجموعة من التوصيات المتعلقة بأفضل الممارسات في مجال إدارة البيانات، التي يُحصَل عليها من رحلات المسح البحري. ويمكن تنزيله على الرابط التالي: http://bco-dmo.org/resources. ويمكن الاطلاع على مزيد من المبادئ التوجيهية لإدارة البيانات والبيانات الوصفية في مستودع نظام أفضل الممارسات في المحيطات وداخل الأوساط المعنية ببرنامج آرغو.

سادسا - الخصائص الجيولوجية

ألف - مقدمة

201 - بالاقتران مع البارامترات البيوجيوكيميائية (انظر الفرع الخامس)، يكون الغرض من تحديد الخصائص الجيولوجية هو توصيف الموئل وتحديد خصائص عدم تجانس قاع البحر والبيئة تحت قاع البحر (قياس الأعماق والجيومورفولوجيا، والوسط الجيولوجي، والرواسب وعلم طبقات الأرض، وتغيرات ما بعد الترسب، والتجوية وإعادة التجميع، والخصائص الكيميائية-الجيولوجية والخصائص المعدنية للمادة

التحية الصخرية، والخصائص الكيميائية-الجيولوجية والخصائص المعدنية للموارد المعدنية)، وكذلك المساعدة في تحديد مواقع مناسبة لأخذ العينات بغية توصيف توزيع مجتمعات الكائنات الحيوانية وتكوينها.

202 - وتشكل المتغيرات التالية مرتكَز خط الأساس الجيولوجي:

(أ) قياس الأعماق: يستخدم لرسم خريطة للسمات المورفولوجية الكبرى والصغرى لقاع البحر؛ ويمكن استخدامه للتخطيط لأنواع أخرى من أخذ العينات؛

(ب) تحديد خصائص الرواسب وتصنيف الموئل: تتمثل أهميته في توصيف موئل الكائنات القاعية؛ وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي استخدام تلك الخصائص لتحديد القيمة الكمية للتشوه والتغيرات التي تلحق الخصائص الفيزيائية لرواسب قاع البحر أثناء العمليات الت يُجرى بمعدات التعدين، ولتصميم نظام التعدين.

203 - ويكتسي تحديد خصائص الموارد أهمية في توصيف الموائل. فتلك الخصائص تشكل الهدف الرئيسي لأي نشاط استكشافي في المنطقة. وقد تتيح بعض خصائص الموارد معلومات ذات أهمية تجارية وقد تخضع للسرية بموجب العقود المبرمة مع السلطة. غير أنه ينبغي الإدلاء بتقييم للمعلومات اللازمة لتحديد خط الأساس البيئي.

باء - المنهجية العامة

204 - يمكن جمع البيانات والمعلومات عن جيولوجيا ومورفولوجيا قاع البحر باستخدام القياسات التالية:

(أ) سبر الصدى متعدد الحزم (بأجهزة محمولة على متن سفينة و/أو أنظمة مجرورة بمركبة تشغل من بُعد أو مركبة غواصة مستقلة)؛

(ب) استخدام سونار المسح الجانبي (بأجهزة مجرورة بمركبة، أو بمركبة تشغل من بُعد، أو مركبة غواصة مستقلة أو بوسائل أخرى)؛

(ج) تحديد القطاعات الجانبية لما تحت القاع (نظام Chirp مثلا)؛

(د) التصوير الفوتوغرافي وتسجيلات الفيديو التي يُحصَل عليها بكلّاب تلفزيوني أو بزلاجة أو مركبة تشغل من بُعد أو مركبة غواصة مستقلة أو أجهزة غطاسة.

205 - وتوجد نهج منهجية متنوعة لإجراء المسوح الجيولوجية واستقاء بيانات دقيقة وعالية الجودة عن المتغيرات الجيولوجية؛ وينبغي استخدام أي من الممارسات المقبولة عموما.

206 - وينبغي أخذ ما يلزم من عينات الرواسب لتحليلها باستخدام ملباب متعدد الأذرع أو ملباب دفع متحكم فيه بمركبة تشغل من بُعد أو معدات موثوقة مماثلة، للديسيميترات الأعلى من الرواسب، أو باستخدام ملباب ثقالي، للعينات الأعمق.

207 - ويمكن الاطلاع على منهجيات محددة لأخذ عينات الرواسب وقياس الأعماق في منشورات البرنامج الدولي لاكتشاف المحيطات (سابقا البرنامج المتكامل لحفر المحيطات 2003-2013) وفي مستودع أفضل الممارسات في المحيطات (https://repository.oceanbestpractices.org).

208 - وتنشر المنظمة الهيدروغرافية الدولية معايير المسوح الهيدروغرافية (المنظمة الهيدروغرافية الدولية، 2020) وينبغي الرجوع إليها.

جيم - درجة الاستبانة عند أخذ العينات

209 - يتوقف تحديد درجة الاستبانة عند أخذ العينات على ما إذا كانت المعلومات ستُستخدم في تقييم الموارد على نطاق واسع أو في رسم خرائط الموائل المحلية؛ وينبغي تعديل تلك الدرجة حسب الاستخدام المتوخى. وبالنسبة للمسوح على نطاق واسع لمنطقة الاستكشاف بأكملها، ينبغي إنتاج خرائط قياس الأعماق وخرائط التشتت المرتد بدرجات دقة تفوق 80-100 متر. أما بالنسبة للمناطق التي يُجرى فيها أخذ آخر لعينات منفصلة أو التي تشير فيها الظروف إلى مستوى أعلى من التغير أو المناطق التي يُتوقع أن يحدث فيها التعدين أثرا غير مباشر (الرواسب وأعمدة التصريف)، فينبغي أخذ العينات بدرجة دقة أعلى.

دال - المتغير المقيس: قياس الأعماق

210 - لرسم خرائط قاع البحر، ينبغي استخدام ما يلي للحصول على بيانات عالية الاستبانة المكانية للحالة الفيزيائية لموائل قاع البحر: قياس الأعماق متعدد الحزم، ورسم خرائط التشتت المرتد، وسونار المسح الجانبي، أو طرائق السونار ذي الفتحة الاصطناعية باستخدام أجهزة مثبتة على سفن أو أجهزة مسحوبة إلى الأعماق بمركبة تشغل من بعد أو مركبة غواصة مستقلة.

211 - ويلزم إجراء معايرة مناسبة للحصول على بيانات موثوقة ومتسقة عن قياس الأعماق والتشتت المرتد في قاع البحر (Lamarche and Lurton, 2018). ويوصى بالثبات في تحديد ضوابط الالتقاط وإعداد تصميم خاص للمسوح المخصصة لطبقة التشتت المرتد؛ وينبغي أن تكون قابلة للمقارنة فيما بين مناطق الترخيص والجهات المتعاقدة. وتوجد معايير للمسوح الهيدروغرافية في منشورات المنظمة الهيدروغرافية الدولية (مثل منشور المنظمة الهيدروغرافية الدولية، 2020). وبالإضافة إلى ذلك، تتاح إشارات إلى المنشورات المتعلقة بتوحيد أسماء المعالم المغمورة، وذلك على الرابط التالي: https://iho.int/en/bathymetric-publications and at www.gebco.net.

هاء - المتغير المقيس: خصائص الرواسب

212 - لوصف خصائص الرواسب، ينبغي دراسة الخصائص المعدنية للرواسب وفتاتها الحجري، والتوزع الحجمي للجسيمات، والمسامّية وعلم طبقات الأرض بشكل عام. وعلم الخصائص الحجرية يتعلق بالخصائص الفيزيائية للصخور. وعلم الرسوبيات يتعلق بمصدر المواد التي تشكل الرواسب والصخور الرسوبية ونقلها وترسيبها والتغيرات الطارئة عليها بعد الترسب. وعلم طبقات الأرض يتعلق بتفحُّص طريقة تراكم الصخور الرسوبية وتوزعها عبر الزمن. وينبغي أخذ عينات لبية باستخدام مجموعة من أدوات أخذ العينات من الـ 30 سم الأعلى من الرواسب (ملباب دفع وملباب متعدد الأذرع)، ومن الـ 50 سم الأعلى (باستخدام ملباب مكعب)، وبعمق عدة أمتار (باستخدام ملباب ثقالي).

213 - ويمكن للظواهر الأوقيانوغرافية الفيزيائية وكذلك التعدين أن تنشئ بنيات رسوبية في قاع البحر. ولذلك، ينبغي تحديد البنيات الرسوبية لقاع البحر ورسم خرائطها، باستخدام التصوير البصري. ويتيح التصوير البصري الذي يحصل عليه بنشر مجموعة متنوعة من المنصات، بما في ذلك المركبات المشغلة من بُعد والمركبات الغواصة المستقلة والكاميرات المجرورة أو المنزلة إلى الأعماق، بإجراء توصيف كمي أو نوعي للعناصر أو الأنماط الجيولوجية والرسوبية (التموجات القاعية والعلامات والطوابع المتعلقة بالتيارات

القاعية في قاع البحر) والبيولوجية وتوصيف ترابطاتها. وينبغي وصف معدلات ودرجات عمق الاضطرابات البيولوجية وأنواع البنيات. وينبغي استخدام النهج الفسيفسائية القائمة على نظام المعلومات الجغرافية لتصوير المناطق المعقدة أو الأكبر حجما في قاع البحر (Garcia et al., 2015)، مع الإشارة إلى النسبة المئوية للتداخل التي استُخدمت.

214 - وينبغي معالجة العينات اللبية وتخزينها بطريقة تزيد من استخدامها في الدراسات العلمية إلى أقصى حد ممكن، باتباع أفضل الممارسات في مجالات النقل وأخذ العينات والتخزين (Basu et al., 2020).

215 - والحجم الحبيبي خاصية فيزيائية أساسية من خصائص الرواسب. وهو يرتبط بالظروف الدينامية للبيئة البحرية وذو أهمية في تفسير استقرار تلك البيئة عندما تكون تحت الضغط. ويمكن لاستخدام تقنيات قياس الحجم الحبيبي بطريقة آلية أن يزيد مستوى الكفاءة والدقة في تحديد ذلك الحجم (Jaijel et al., 2021). ووفقا لـ (Jaijel et al., 2021)، فإن أي مقياس للطيف بالليزر عادي حديث يتوافر على نطاق لقياس الحجم يصل إلى 2 000 ميكرومتر، وهو ما يغطي الغالبية العظمى من رواسب القاع الناعمة في محيطات العالم. وينبغي تحديد توزيع الجسيمات الحبيبية في الرواسب من حيث كثافتها الإجمالية باستخدام منهجية معيارية مع مناولة مناسبة (Jaijel et al., 2021، والمراجع الواردة فيه).

216 - وينبغي تحديد الخصائص الرسوبية بفحص العينات بعدسة مكبِّرة (الرواسب غير المتماسكة) أو بمجهر بتروغرافي (الشرائح المسحية، والرقاقات) (مثلا Marsaglia et al., 2013, 2015a and 2015b). وينبغي تحديد التركيب المعدني نوعيا وكميا. وتتوافر عدة طرائق وتوليفات من الأساليب تشمل التحديد المفصل للخصائص المعدنية، والتحليل المعدني باستخدام المسبار الإلكتروني الدقيق، وانعراج الأشعة السينية و/أو التحديد الكمي الآلي للخصائص المعدنية باستخدام متواليات عمل التخليص المعدني وتقنيات الاستجهار الكمي بطريقة المسح الإلكتروني. وينبغي استخدامها للحصول على تحليل نموذجي كمي ولأغراض التوصيف الصخري الافتراضي. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي إجراء القياسات الكمية باستخدام تحليل ريتفيلد، ولا سيما للتوصيف الكامل لسطح قاع البحر في مناطق التعدين المقبلة ولتحديد التفتت الطيني (الجسيمات التي يبلغ حجمها < 2 ميكرومتر) لنمذجة الضرر البيئي المحتمل الناجم عن التصعدات الصهارية.

217 - وينبغي تحليل التركيب الكيميائي للرواسب في مختبر مجهز بنظم جيدة وفقا للمعايير الدولية، بوسائل منها إجراء تألق الأشعة السينية، وقياس الطيف البصري البلازمي المقرون بالحَث، وقياس الطيف الكتلي البلازمي المقرون بالحَثّ (انظر الفرع الخامس).

218 - ويمكن الاطلاع على التفاصيل المتعلقة بإجراءات الوصف البصري للعينات اللبية والمعدات التحليلية وأخذ عينات الرواسب وإعداد العينات والتحليل العام والتقنيات في Przeslawski et al. (2018)، و Batley (2016)، و Marsaglia et al. (2013, 2015a and 2015b)، و Rothwell and Rack (2006) و Mazzullo et al. (1988) وغيرها من الموارد المتاحة، وذلك على الرابطين التاليين: https://repository.oceanbestpractices.org/ و http://publications.iodp.org/index.html.

219 - وينبغي قياس البارامترات التالية:

(أ) مظهر الرواسب: سمك التطبق ووضعه (الاتجاه أو الزاوية)، والتماس التطبقي (مثل التماس التدرجي والتماس الحاد والتماس الصقيل)، والبنيات الرسوبية (مثل التطبق الرقائقي، والتطبق

التدرجي، والتطبق التقاطعي، والكسور أو الكسور الدقيقة، والبنيات الناشئة عن التسرب المائي والاضطراب البيولوجي)، ولون الرواسب (مثلا باستخدام رسم مونسيل البياني لألوان التربة، لأغراض التصنيف)؛

(ب) مكونات الرواسب: النسيج (الرمل والطمي والطين)، والمكونات المعدنية، والمكونات الأحفورية، والمحتوى من العناصر، والدرنات، والمواد الأحيائية المنشأ، وتحديد المكونات الأحيائية المنشأ وغير الأحيائية المنشأ؛

(ج) تغيرات ما بعد الترسب المبكرة: درجة تغيرات ما بعد الترسب أو التحجر أو السَّمنتة (وجود الإسمنت السيليسي أو الكلسي)؛

(د) الخصائص الفيزيائية والميكانيكية: الثقل الحقيقي، والكثافة الظاهرية، ومساميّة الرواسب، والتشبع بالسوائل، وقوة مقاومة التقطيع والحجم الحبيبي؛

(هـ) حالة الحد من التأكسد: العمق الذي تتغير فيه ظروف الرواسب من رواسب أكسيدية إلى رواسب ناقصة الأكسدة.

220 - وينبغي استخدام المعلومات التي جمعت لتحديد خصائص الطبقة التحتية لقاع البحر والسمات الجيومورفية، وبالتالي اكتساب فهم مفصل للظروف التي تكون عليها المناطق المطالب بها قبل التعدين.

واو - تصنيف الموائل

221 - تيسيرا لجهود أخذ العينات الأخرى، ينبغي رسم الخرائط المتعلقة بالتوصيفات النوعية للسمات الجيومورفية الأساسية وتصنيفات الموائل والاضطرابات غير البيولوجية المنشأ الناجمة عن أخذ العينات اللبية بمقياس يتناسب مع تغير الموارد والموائل، باستخدام مصطلحات توحيد أسماء المعالم المغمورة التي وضعتها المنظمة الهيدروغرافية الدولية (2019).

زاي - جودة البيانات

222 - يمكن الاطلاع على تفاصيل بشأن ضمان جودة المعاينات الأوقيانوغرافية، بما في ذلك المعايير والتوجيهات، في Bushnell et al. (2019)، في جملة مراجع أخرى. وينبغي التحقق من جميع المنهجيات على أساس خطط ضمان الجودة (Simpson and Batley, 2016). ويمكن الاطلاع على إرشادات بشأن مراقبة جودة المسوح الهيدروغرافية وعلى المبادئ التوجيهية بشأن تجهيز البيانات، وذلك على الرابط التالي: https://iho.int/en/standards-and-specifications.

حاء - إدارة البيانات

223 - ينبغي تخزين مجموعة من العينات اللبية التمثيلية لرواسب قاع البحر لما قبل التعدين، مع ما يناسبها من بيانات وصفية، في مستودع يلائمها حتى يتسنى إجراء المقارنات اللاحقة، أو إجراء اختبارات إضافية إذا لزم الأمر.

224 - وينبغي تسجيل جميع المعاينات في ورقة عمل باتباع أشكال البيانات المتعارف عليها. وينبغي أن تكون مصحوبة بصور فوتوغرافية ملتقَطة عن قرب وعالية الجودة وذات مقياس مرجعي.

225 - ويمكن الاطلاع على نموذج وثيقة تتعلق بأفضل الممارسات بشأن إدارة البيانات في نظام أفضل الممارسات في المحيطات (2020). ويمكن أيضا تنزيل النموذج من خلال الرابط التالي: https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1245.

سابعا - المجتمعات الأحيائية

ألف - مقدمة

226 - ينبغي أن يشمل خط الأساس البيئي للمجتمعات الأحيائية بيانات مكانية وزمنية عن مجتمعات الكائنات السطحية والقاعية ووظائف نظمها الإيكولوجية، وكذلك معلومات عن الثدييات البحرية والطيور والسلاحف والأسماك والتجمعات الكبيرة من السوابح والعوالق السطحية. وستكون البيانات المجمعة متنوعة وينبغي أن تكون مستفيضة بما يكفي لتقييم الأثر المحتمل للتعدين على قاع البحر وعلى عمود الماء.

227 - وينبغي تحديد المتغيرات التالية لتحديد المجتمعات الأحيائية:

(أ) المجتمعات السطحية: يشمل النظام السطحي عمود الماء بأكمله، من سطح البحر حتى قاعه. ويدخل ضمن الكائنات البحرية عدة أنواع، من البكتيريا حتى الحيتان. وإن الحجم الهائل من الماء والكائنات الحية الموجودة فيه يتحرك عبر مواقع التعدين المحتملة، ولذلك ينبغي أن يوسع نطاق أخذ العينات بما يتجاوز منطقة الأثر التعديني المباشر لتشمل مجمل المياه والكائنات الحية التي تدخل منطقة تأثير التعدين والتي يحتمل أن تتفاعل معها ثم تخرج منها؛

(ب) المجتمعات القاعية: القاعيات هي الكائنات الحية البالغة التي تعيش في الرواسب أو فوقها أو قرب قاع البحر. ويدخل ضمن الكائنات القاعية عدة أنواع، من الطلائعيات حتى الكائنات المتعددة الخلايا. ويؤثر التعدين تأثيرا مباشرا عليها، إذ يزيل موائلها أو يجزِّئها، كما يؤثر تأثيرا غير مباشر عليها إذ يزيد التعكر ويعيد ترتيب الرواسب؛

(ج) الترابط: فهم التنوع الجيني، والجغرافيا الأحيائية، وأنماط الترابط الجزيئي، والموائل الحصرية والموائل التوطُّنية وتحول الموائل فهم ضروري لتحديد التعافي المحتمل بعد حدوث اضطراب؛

(د) أداء النظام الإيكولوجي: معرفة كيفية عمل النظام الإيكولوجي لفهم كيف يمكن أن تؤدي الاضطرابات الصغيرة النطاق إلى تحولات في بنية الشبكة الغذائية وكيفية قيام مجتمع الكائنات القاعية المتوطِّنة بإعادة تنظيم دورة المواد العضوية؛

(هـ) علم السموم الإيكولوجية: قد يكون للمعادن والملوثات الأخرى التي تُطلق أثناء عمليات التعدين تأثير على الخصائص الفيزيولوجية للكائنات الحية؛ ولذلك فمن المهم فهم سمّيتها المحتملة؛

(و) الثدييات البحرية وأسماك القرش والسلاحف والسوابح السطحية: من المهم تسجيل وجود أنواع مختلفة في المنطقة المشمولة بالعقد ككل، ولا سيما وجود أنواع محمية حساسة أو معرضة للخطر أو مهددة بالانقراض، بسبب مرور طرق هجرتها الموسمية عبر المنطقة. وينبغي النظر في إجراء تقييم لحساسيتها للضجيج ولترددات صوتية بعينها، وللأعماق التي يمكن أن توجد فيها والأثر الذي قد تحدثه عليها عمليات التعدين الخفيفة المقبلة؛

(ز) الطيور البحرية: الطيور البحرية من مجموعات الطيور الأكثر عرضة للخطر في جميع أنحاء العالم. ويتأثر سلوكها بالمنشآت البحرية. وهي مؤشرات جيدة على الصحة العامة للنظام الإيكولوجي لأنها تراكم بيولوجيا الفلزات الثقيلة والمواد السمّية.

باء - المنهجية العامة

228 - يلزم أخذ العينات زمنيا للوقوف على التغير الموسمي في البارامترات البيولوجية. ومن تلك البارامترات، على سبيل المثال لا الحصر، تركُّز المعادن وغيرها من الملوثات في الأنسجة، وهي تُستَخدم في دراسات علم السموم الإيكولوجية. وثمة عامل آخر يجب مراعاته، ألا وهو سمات تاريخ الحياة، مثل أنماط هجرة الأنواع السطحية التي قد تنتقل عبر المنطقة المشمولة بالعقد أو المنطقة المرجعية.

229 - ولتوثيق تنوع المناطق وأنماط الارتباط، قد تدعو الحاجة إلى إجراء مقارنات بين العينات النموذجية التي تُجمَع باستخدام مجموعة من المقاييس المكانية كتلك المتراوحة بين عشرات الكيلومترات إلى آلافها مثلا. وقد تتطلب هذه المقارنات أخذ عينات من المواقع البعيدة في إطار تحديد خط الأساس، أو قد تعتمد على مقارنات مع مصادر بيانات الأطراف الثالثة.

230 - وينبغي أن تعَدَّ جميع قوائم التحديد التصنيفي بأعلى درجة من الدقة الممكنة. وينبغي استخدام العينات الجزيئية للوحدات التصنيفية لدعم تحديد الأصناف.

جيم - درجة الاستبانة عند أخذ العينات

1 - أخذ العينات السطحية

231 - في منطقة أعالي البحار، تقسيَّم المجتمعات الأحيائية حسب العمق على النحو التالي: المنطقة الضوئية التي يوجد فيها ضوء كاف لإتمام عملية التمثيل الضوئي بواسطة العوالق النباتية (0-200 متر)؛ المنطقة المتوسطة العمق أو منطقة العتمة، التي تهيمن عليها حيوانات طبقات التشتت المرتد في أعماق البحر (200-000 1 متر)؛ منطقة الأعماق أو المنطقة داخل المحيطات، التي تستوطنها كائنات متخصصة في الأعماق المحيطية المظلمة (> 000 1 متر). وتوجد طبقات أرق داخل مناطق الأعماق تلك. وعلى النقيض من ذلك، قد تكون التوزيعات الأفقية متجانسة تماما على مدى مئات الكيلومترات، وقد تتخللها تغيرات على واجهات المحيطات أو نظم الانتشار الدوامية. وانظر القسم الفرعي 5 أدناه المتعلق بالكائنات الحية الدقيقة للحصول على تفاصيل حول أخذ العينات وتحليل الكائنات الحية الدقيقة في منطقة أعالي البحار.

232 - وينبغي أخذ عينات داخل طبقات رأسية ضمن كل مجتمع أحيائي. وبدلا من أخذ العينات النقطية المحددة، المذكورة في الفرع ثالثا - ألف، ينبغي أن تمتد المخططات الجانبية للأعماق من السطح حتى 50 مترا؛ ومن 50 مترا حتى 100 متر؛ ومن 100 متر حتى 200 متر؛ ومن 200 متر حتى 500 متر؛ ومن 500 متر حتى 000 1 متر؛ ومن 000 1 متر حتى 10 أمتار فوق قاع البحر.

233 - ويمكن تحسين أخذ العينات بالشباك، على الخصوص في العمق الذي يقل عن 000 1 متر، والذي يتجاوز النطاق الأقصى لأجهزة السونار الخاصة بالسفن، باستخدام نظم التصوير. ومن تلك النظم أجهزة تحديد المقاطع الجانبية بالفيديو تحت الماء، التي تُنزَل موصولة بسلك لتحديد مقطع جانبي رأسي،

والأجهزة الغطاسة المستخدمة لتحديد المقاطع الجانبية المائلة كما جاء وصفها في Robison et al. (2013)، ومختلف النظم الأخرى المستخدمة في تحديد القطاعات الجانبية بالتلألؤ البيولوجي كما جاء وصفها في Heger et al. (2008). ومن المرجح أن تصبح المركبات المشغلة من بُعد والمركبات الغواصة المستقلة ذات أهمية لمثل هذه المسوح التي تُجرى في الأعماق.

2 - أخذ العينات القاعية

234 - ينبغي أن يشمل أخذ العينات القاعية نطاق فئات الأحجام، والمواد التحتية المختلفة (بما في ذلك الرواسب والعقيدات)، وخصائص الكيمياء الجيولوجية الحيوية (انظر الفرع الخامس)، وأداء النظم الإيكولوجية وعلم الوراثة. وترد التفاصيل المتعلقة بمتغيرات بعينها في الفروع أدناه.

235 - وينبغي اتباع أفضل الممارسات من قبيل الممارسات التالية عند تشغيل أجهزة أخذ العينات ومناولة العينات بعد إخراجها من الماء:

(أ) ينبغي الترفُّق في إنزال معدات أخذ عينات الرواسب على قاع البحر لتقليل التأثير الناجم عن موجة المقدمة (النشر من جانب السفينة، وتخفيض السرعة السلكية، واستخدام القياس عن بعد)؛

(ب) ينبغي عدم تجزيء العينات اللبية المكعبة فيما يتعلق بالمجموعة الحيوانية العيانية إلى عينات فرعية. والعينات الفرعية المأخوذة من العينة اللبية المكعبة الواحدة والعينات المنفصلة المأخوذة من النشر الواحد للملباب المتعدد الأذرع اختبارات مكرَّرة زائفة ولا ينبغي اعتبارها اختبارات مكرَّرة حقيقية (انظر الفرع الثالث - ألف)؛

(ج) ينبغي الاحتفاظ بالعينات والعينات النموذجية باردةً قدر الإمكان لتحسين جودة الحمض النووي (غربلة العينة في غرفة مبرّدة والفرز على الثلج، ويفضل أن يكون ذلك على متن السفينة، وحفظ العينات النموذجية والنخالة المتبقية في الغربال في الإيثانول البارد، والحفاظ على سلسلة أجهزة التبريد أثناء نقل العينات وتخزينها).

236 - وينبغي تحديد عدد العينات المطلوبة باستخدام تحليل قوة الاختبار (Jumars, 1981) والمنحنيات التخلخلية استنادا إلى أخذ العينات الاستكشافية. وبالنسبة للمجموعة الحيوانية العيانية، ينبغي أن تشمل العينات الاستكشافية ما بين خمسة إلى عشرة عينات لكل وحدة فيزيوغرافية. وقد أشارت دراسات سابقة إلى أن هناك حاجة إلى ما لا يقل عن 20 عينة لبية مكعبة كاملة، ولكن يفضل استخدام أكثر من 30 عينة، للحصول على خط أساس كاف لإجراء مقارنة إحصائية لوفرة المجموعة الحيوانية العيانية قبل التعدين وبعده في وحدة فيزيوغرافية. وينبغي تحديد العدد الفعلي على أساس تحليل قوة الاختبار والمنحنيات التخلخلية الخاصة بالمنطقة المشمولة بالدراسة. وبالنسبة للكائنات الحيوانية الضخمة، من الضروري إجراء تحليل لقوة الاختبار بغية تحسين التصميم بأقصى قدر ممكن. وينبغي تصميم المقاطع العرضية بما يمكّن من التعامل مع أكثر من 500 كائن حي في كل مقطع عرضي؛ وينبغي الحصول على خمسة على الأقل من المقاطع العرضية (Simon-Lledo et al. 2019).

237 - وينبغي أن تركز استراتيجيات أخذ العينات على الوحدات الفيزيوغرافية التي ستتأثر بالتعدين مباشرة (مثل السهول ذات التغطية الكثيفة بالعقيدات)، والوحدات الفيزيوغرافية التي قد تلحقها تأثيرات ثانوية على

نحو ما قد تشـــير إليه متغيرات أخرى (مثل المناطق التي قد تبرز فيها تصـــعدات صـــهارية)، والمواقع المرجعية المناسبة.

دال – المتغير المقيس: المجتمعات السطحية

238 – ينبغي وصف البنية الرأسية لعمود الماء على أساس السبر الصوتي للصدى باستخدام نظام محمول على متن ســـفينة (نظام Simrad EK60 أو ما يماثله) يعمل بترددات متعددة (18 و 38 و 70 و 120 و 200 كيلوهرتز)، مع معايرته قبل بدء كل رحلة. وينبغي مسح المقاطع العرضية بالنهار كما بالليل لتقدير إجمالي الحجم البيولوجي أو الكتلة الأحيائية، مثلا بإعداد 10 مقاطع عرضـــية في كل موقع، طول كل منها 8 أميال بحرية، مع تحرك الســفينة بســرعة 8 عقد (Cox et al., 2013). وينبغي معالجة البيانات لتقدير الكتلة الأحيائية باعتبارها مســـألة عمق، وتقدير إجمالي الكتلة الأحيائية المتكاملة من الســـطح حتى عمق 000 1 متر (Irigoien et al., 2014). وينبغي تحديد الطبقات المشـتتة للصـوت وتصـنيفها باسـتخدام تحليل متعدد الترددات للتمييز بين الأســماك والحبار والقشــريات (Benoit-Bird et al. 2017). وينبغي مواصلة سبر الصدى الصوتي باستخدام جهاز Simrad EK60 أو ما يماثله لمدة ثلاث دورات على الأقل على مدار 24 ســاعة لتحديد القيمة الكمية للهجرة الرأســية اليومية كما جاء وصــفها في Klevjer et al. (2016).

239 – وينبغي، حيثما أمكن، اســـتخدام نقاط مرجعية تاريخية يســـهل الوصـــول إليها عن طريق فحص البيانات العالمية المتعلقة بتشـــتت الصـــوت المتاحة في شـــتى المحفوظات مثل المراكز العالمية لبيانات الأوقيانوغرافية والمراكز الوطنية للبيانات؛ ومجموعات البيانات العالمية مثل مجموعة الجغرافيا الأحيائية في الأعماق المتوسطة (Proud et al., 2017).

240 – وفيما يلي مكونات المجتمعات السطحية ومنهجية أخذ العينات المناسبة لكل منها:

(أ) العوالق النباتية: ينبغي رسم خرائط الإنتاج الأولي (الكلوروفيل–أ) في منطقة أخذ العينات كلها، من مصادر التصوير الساتلي متعدد الأطياف المناسبة (المقياس الإشعاعي المتقدم ذو القدرة التحليلية العالية جدا، وجهاز الاســتشــعار ذو مجال الرؤية الواســع لمعاينة البحر، ومطياف التصــوير المتوســط الاستبانة، ومقياس الطيف التصويري المتوسط التحليل). وأخذ العينات ضروري لمعايرة التقديرات الساتلية للإنتاج الأولي والتحقق منها. وأخذ العينات المكررّة مطلوب لتحديد التغير المكاني والزمني الطبيعي. وينتج عن عينات المياه التي تُجمع باستخدام زجاجات نيسكين في جهاز قياس التوصيل والحرارة والعمق بيانات بشأن العوالق النباتية في أعماق مختلفة.

(ب) العوالق الحيوانية (العوالق المؤقتة والعوالق الدائمة): ينبغي أخذ عينات من العوالق الحيوانية باستخدام الشباك لأخذ عينات مرجعية لتحديد متوالية الحمض النووي مع أخذ عينات مختلفة لكل فئة من فئات الأحجام. ويمكن تصنيف أنواع العوالق الحيوانية المؤقتة والدائمة وقياسها باستخدام تسجيلات الفيديو العالية الدقة، والتصــوير النشــط بالأمواج الصــوتية (أي الكاميرات متعددة الحزم)، والمضــاعفات الضوئية (لقياس التلألؤ البيولوجي)، والتصوير بالأمواج الصوتية العالي الدقة، وأجهزة سونار الصوتيات الأحيائية. ولتحديد تكوين المجتمع، من المهم حســـاب توزيع الأنواع وبنية تجميعها لكل منطقة من مناطق أخذ عينات وجمع البيانات الخاصــة بالمنطقة بأكملها باســتخدام التصــوير بالأمواج الصــوتية العالي الدقة.

ويمكن الحصـــول على بيانات تكميلية من عينات الحمض النووي البيئي (محددات متوالية الحمض النووي في الموقع)، (Danovaro et al. 2020)، وذلك على النحو التالي:

'1' العوالق الحيوانية: ينبغي أخذ عينات العوالق الحيوانية باستخدام الشباك والأدوات البصرية (مثل أجهزة تحديد المقاطع الجانبية تحت الماء) والمركبات المشـــغلة من بُعد والمركبات الغواصـة المسـتقلة لتقييم وسـحب العينات المرجعية للتعرف على الأنواع وتحديد متوالية الحمض النووي، مع أخذ عينات مختلفة لكل فئة من فئات الأحجام. وينبغي أن يكون حجم عيون الشـباك المسـتخدمة لأخذ العينات أقل من 1 ملم؛ وينبغي اسـتخدام شـباك البونغو أو مضخات العوالق في المياه الأكثر عمقا و/أو باستخدام شبكة متعددة الفتحات والمغـالق تتيح أخـذ عينـات عمقيـة منفصـلـة دفعـة واحـدة (انظر ISBA/25/LTC/6/Rev.1 بـالاقتران مع ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1). وينبغي تجهيز الشباك بعدادات تدفق لقياس حجم العينة، وكذلك بأجهزة استشعار العمق ودرجـة الحرارة. وينبغي جمع العينـات ابتداء من عمق 100 متر فوق قـاع البحر حتى السطح، بعمليتيْ جرّ على الأقل في كل محطة من محطات أخذ العينات.

'2' سـوابح الأعماق المتوسـطة: ينبغي اسـتخدام شـبكة بحجم أكبر، من قبيل شـبكة العوالق الحيوانية الكبيرة أو شـــبكة "رتبة الكريل" التي جاء وصـــفها في Wenneck et al. (2008)، وهي شـبكة جر سـطحية تناسـب أخذ عينات تمثيلية للأسـماك والقشـريات والكائنات الحية الأخرى التي تعيش في طبقة تشتت الصوت في طبقات عمق منفصلة، وذلك في طبقات عمق متمايزة. وتحتوي على خمســـة فتحات طرفية، كل واحدة منها مجهزة بوعاء يســـع ســـبعة لترات. ويمكن أيضـــا اســـتخدام أنواع أكبر من شـــباك MOCNESS (نظام الشـباك المتعددة القابلة للفتح والإغلاق ومعدات المعاينة البيئية). وينبغي جمع العينات ابتداء من عمق 100 متر فوق قاع البحر حتى الســـطح، مع جر أفقي على عمق كل طبقة من طبقات تشـتت الصـوت، وتنبغي ملاحظتها بشـكل متزامن باسـتخدام مسـبار صـوتي لضـمان حسـن الاسـتهداف. ويرد وصـف معالجة العينات في Cook et al. (2013). ويوصـــى بأخذ العينات للعمق من الســـطح حتى 100 متر باسـتخدام شـبكتين، واحدة يبلغ حجم عيون فتحتها الطرفية 350 ميكرمتراً وشـبكة أخرى يبلغ حجم عيون فتحتها الطرفية 200 ميكرومتر. أما أنظمة الشباك المتعددة القابلة للفتح والإغلاق، فيمكن أن يتراوح حجم عيونها بين 64 ميكرمتراً و 3 ملليمترات تبعا للغرض من الدراسة وللكائنات الحية المستهدفة.

'3' العوالق الحيوانية الجيلاتينية: تشـكل العوالق الحيوانية الجيلاتينية نسـبة عالية من الكتلة الأحيائية للعوالق. وهي وفيرة ومتنوعة من الطبقة البحرية العلوية إلى الأغوار الســـحيقة، بما في ذلك الطبقة الحدودية القاعية. والأدوات البصـــرية (أجهزة تحديد المقاطع الجانبية بالفيديو تحت الماء، على سـبيل المثال) أو المقاطع الجانبية المحددة باسـتخدام مركبات تشـغل من بُعد أو مركبات غواصـة مسـتقلة هي أفضـل طرائق المسـح المتعلق بالعوالق الحيوانية الجيلاتينية. وينبغي أن توضـع تلك الأجهزة على أعماق بدرجات مختلفة أسـفل عمود الماء مماثلة للأعماق التي تكون عليها الشباك المجرورة.

'4' العوالق المحيطية القاعية: أما الطبقة القريبة من القاع، فيمكن أخذ عينات منها باستخدام شباك العوالق، ولكن الشباك تتطلب نظم أزَّازات دقيقة أو مقاييس للعمق أو مقاييس للارتفاع تُركَّب على المعدات وذلك للحد من خطر حدوث ضرر من جراء ملامسة قاع البحر. ويمكن أيضا أخذ عينات من هذه الطبقة باستخدام شباك عوالق تركَّب على زلاجات تُجر عبر قاع البحر (الزلاجة برينكي "Brenke"، على سبيل المثال). ويمكن جمع عينات كمية من العوالق الحيوانية باستخدام مضخات للعوالق تُرسى بالقرب من قاع البحر على ارتفاعات دقيقة جدا فوقه؛ ويمكن أن توفر مصائد الرواسب المرساة لجمع عينات نوعية من العوالق الحيوانية.

(ج) الكائنات الحية الدقيقة: هي كائنات لا تُرى بالعين المجردة. فهي أصغر من الكائنات الحيوانية المتوسطة. وعمليا، تعَرَّف بأن حجمها يقل عن 32 ميكرومترا وتشمل العوالق الدقيقة والكائنات الوحيدة الخلية والبكتيريا والعتائق والفيروسات. وقد تقوم مجموعات الكائنات الميكروبية في عمود الماء وطبقة المياه القريبة من القاع بدور حاسم في الدورات البيوجيوكيميائية. وانظر الفرع هاء، القسم الفرعي 5، للاطلاع على مبادئ توجيهية بشأن أخذ العينات والتحليل.

(د) السوابح: تشمل السوابح مجموعة كبيرة الحجم، من السوابح الصغيرة (2–20 سم) حتى الأسماك الكبيرة والحبار. ويختلف أخذ العينات حسب كل فئة من فئات الأحجام:

'1' ينبغي جمع السوابح الصغيرة باستخدام المعدات الشبكية لأخذ العينات، أي شبكة MOCNESS؛

'2' ينبغي أخذ عينات من العناصر الأكبر حجما باستخدام شباك الجر في المياه المتوسطة العمق لجمع العينات النموذجية، وكذلك الطرائق الصوتية لتقدير الكتلة الأحيائية وتصنيف طبقة تشتت الصوت العميقة.

241 – وينبغي تصنيف العناصر المختلفة للعوالق الحيوانية حتى بلوغ أدنى مستوى تصنيفي ممكن. وينبغي التعرف على الهائمات الدائمية على مستوى الأنواع. أما بالنسبة للعوالق المؤقتة، فقد يلزم تحديد تقسيم أكثر عمومية، كتقسيمها مثلا إلى يرقات شوكيات الجلد، ومتعددات الأشواك، واليرقات المطوقة، والبيض، وما إلى ذلك من تقسيمات. ويمكن أن يساعد التحليل الجزيئي في تحديد نظام تصنيف العوالق المؤقتة والعوالق الدائمة.\

242 – ولجميع المجموعات الحيوانية، ينبغي الحصول على معلومات تصويرية وتصنيفية؛ وينبغي استخدام التقنيات الجزيئية للحصول على الخصائص الوراثية لأغراض المقارنة التصنيفية بين المناطق المشمولة بالعقود.

243 – والبارامترات التي ينبغي قياسها هي تركّز الكلوروفل-أ (1–1 ميكروغرام)، وتكوين العوالق النباتية والكتلة الأحيائية، والهجرة الرأسية للسوابح الصغيرة والعوالق الحيوانية، والوفرة، وتكوين الكتلة الأحيائية للعوالق الحيوانية وغيرها من المجموعات الحيوانية.

244 - واستنادا إلى هذه القياسات وتلك التي جمعت فيما يتعلق ببارامترات أخرى، ينبغي تحديد الإنتاجية الأولية والكثافة والتنوع (التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات) للمجموعات الحيوانية ولفئات الأحجام والفئات الوظيفية.

هاء - المتغير المقيس: المجتمعات القاعية

245 - يمكن تقسيم الكائنات القاعية إلى عدد من فئات الأحجام والفئات الوظيفية. وفي حين ينبغي مواءمة أخذ العينات كلما أمكن، تخضع كل مجموعة لاعتبارات مختلفة. وتلك المجموعات هي:

(أ) الكائنات الحيوانية الضخمة: هي كائنات حية يمكن رؤيتها في الصور، وعادة ما يتعدى حجمها 1 سم؛

(ب) المجموعة الحيوانية العيانية: عادة ما تكون هي الديدان الحلقية، والقمَّامات، وقشريات التنايداسيا والقشريات متساويات الأرجل، والرخويات، وشوكيات الجلد الأصغر حجما، وعادة ما تُمسك بشبكة يتراوح اتساع عيونها بين 250 و 350 ميكرومترا. وبالإضافة إلى ذلك، تحتوي العينات المأخوذة من الأعماق السحيقة على العديد من المنخربات بحجم كائنات المجموعة الحيوانية العيانية (Bernstein et al., 1978) وعلى كائنات من الحجم المتوسط الكبير من قبيل السِّلكيات، وإن كانت هذه الكائنات نادرا ما تُدرس. واقتُرح في Hessler and Jumars (1974) أن يُستبعدمن تصنيفات الكائنات الأصغر حجما من المجموعة الحيوانية العيانية بمعناها الضيق، وهي التصنيفات التي يحسن أن تُمثل في إطار عينات الكائنات الحيوانية المتوسطة؛ وهذا هو النهج الذي يُؤخَذ به في هذه المبادئ التوجيهية. ويُحتمل أنه لا يزال من الممكن أخذ عينات أكثر دقة من مجموعات الأنواع الأكبر حجما من بين الكائنات الحيوانية المتوسطة في إطار وحدة الاعتيان الأكبر حجما التي تستخدم عادة فيما يتعلق بالمجموعة الحيوانية العيانية ويمكن اعتبار تلك الأنواع جزءً من المجموعة الحيوانية العيانية بمعناها الأشمل. وفي منطقة صدع كلاريون - كليبرتون، يهيمن على المجموعة الحيوانية العيانية بمعناها الضيق مجموعتان تصنيفيتان هما: الديدان الحلقية عديدة الأشواك وقشريات التنايداسيا؛

(ج) الكائنات الحيوانية المتوسطة: عادة ما تُمسَك السِّلكيات، ومجدافيات الأطراف التي تنتمي إلى مجموعة الهارباكتيكويدا، والقشريات الصدفية الدقيقة وغيرها من اللافقاريات البحرية الصغيرة (الكائنات الحيوانية المتوسطة المتعددة الخلايا) بغربال تبلغ سعة عيونه 32 ميكرومترا. وتشمل هذه الفئة من فئات الأحجام أيضا المنخربات الأصغر حجما المتسمة بوفرتها (الكائنات الحيوانية المتوسطة المنخربية). ولأسباب عملية، تقتصر المعاينة عادة على المنخربات التي تُمسَك بغرابيل تبلغ سعات عيونها 150 ميكرومترا أو 125 ميكرومترا أو 63 ميكرومترا؛

(د) الحيوانات المرتبطة بالعقيدات المتعددة الفلزات: العقيدات مصدر هام لبنية الموائل القاعية في المناطق التي تكون فيها تلك العقيدات وفيرة. ويهيمن على الحيوانات القاعية التي تعيش على سطح العقيدات المرجانيات الثُّمانية، والإسفنج، وشقائق البحر، والمنخربات ويهيمن على الفونة الداخلية التي تعيش على سطح العقيدات، الموجودة في الرواسب داخل شقوق العقيدات، الكائنات البحرية الحيوانية؛

(هـ) الكائنات الحيوانية الدقيقة: كائنات لا تُرى بالعين المجردة، وهي أصغر من الكائنات الحيوانية المتوسطة. وتعرَّف عمليا بأن حجمها يقل عن 32 ميكرومترا؛

(و) الأسماك والقمّامات التي تعيش قُرب قاع البحر: تنشط الحيوانات المتنقلة التي غالبا ما تكون مفترسة في الطبقة الحدودية القاعية؛ وتشمل أيضا الأنواع التي تستغل الجثث الميتة لحيوانات مثل الأسماك أو الحيتان، التي تنزل إلى قاع البحر.

1 - الكائنات الحيوانية الضخمة

246 - ينبغي تقييم الكائنات الحيوانية الضخمة ذات الأهمية، بأعم معنى ممكن، لعمليات التعدين عن طريق التصوير على طول مقاطع عرضية مستقيمة، تُكرَّر داخل طبقات أو وحدات فيزيوغرافية محددة. وينبغي استخدام تقييم الصور على أساس الصور الفوتوغرافية (ذات الصور الثابتة) بدلا من تسجيلات الفيديو (ذات الصور المتحركة)، حيثما أمكن، لأن ذلك يسهِّل كثيرا التحليل ومراقبة الجودة. ويمكن أن يُستخرج من تسجيلات الفيديو لقطات ثابتة بجودة عالية جدا، لكن جودة الصور الفوتوغرافية تكون أعلى دائما تقريبا. وينبغي، حيثما أمكن، استخدام تسجيلات الفيديو لتقييم بروز أشكال نادرة وعالية القدرة على الحركة (مثل الأسماك) ولتوفير زوايا عرض متعددة وملاحظات سلوكية.

247 - وينبغي أن يكون لكاميرات الفيديو الثابت دقة كافية لكي تظهر بشكل موثوق الكائنات الحيوانية الضخمة التي يزيد حجمها عن 10 مم بتفاصيل كافية (مثلا، كل مربع من 10 × 10 ملم في قاع البحر مغطى بـ 40 × 40 بكسل في الصورة). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أن تتيح إعدادات التعريض في كاميرات الفيديو الثابت قابلية التحكم اليدوي. وعلاوة على ذلك، للتحديد الموثوق لخصائص الكائنات الحيوانية الضخمة التي يتعدى حجمها 10 ملم، يمكن استخدام الفيديو إذا كانت درجة الدقة كافية (استبانة عالية بـ 720p على الأقل؛ وهو ما يعادل مليونيْ بيكسل في كل صورة). وينبغي التقاط الصور في ظروف مثالية وفي شكلها الخام، أي الحد الأدنى من البيانات المعالجة بجهاز استشعار الصورة.

248 - وبالنسبة لصور قاع البحر، ينبغي أن تُستخدم منصة قادرة على التقاط صور مضاءة جيدا وعالية الدقة وبمقياس وجودة متسقين تسمح بالتحديد الموثوق لفرادى الكائنات الحيوانية الضخمة من الحجم المحدد (عادة 10 ملم). ويمكن أن تكون تلك المنصة مركبة غواصة مستقلة أو مركبة تشغل من بعد أو زحافة قاعية أو منصة كاميرا مجرورة. وينبغي أن تبقى درجة الارتفاع التي يؤخذ منها المسح ثابتة حتى يتسنى التقاط الصور على ارتفاع ثابت فوق قاع البحر. وينبغي أن يُحصل تلقائيا على معلومات الملاحة لأجل المنصة، وذلك على فترات منتظمة (1 هرتز مثلا) باستخدام نظام مرسل مجيب.

249 - وينبغي أن تكون مواقع البداية واتجاه المقاطع العرضية عشوائيةً. وينبغي تكرار المقاطع العرضية. وينبغي تحديد عدد المقاطع العرضية المكرَّرة وتبريره باستخدام تحليل قوة الاختبار الإحصائي. وينبغي الحصول على خمسة مقاطع عرضية مكرَّرة على الأقل (Simon-Lledo et al. 2019). وينبغي أن تكون المقاطع العرضية مستقلة عن بعضها بعضا (أي لا ينبغي تقسيم المقطع العرضي الطويل إلى شرائح متجاورة). وتوجد استراتيجيات فعالة للحصول على مقاطع عرضية مستقلة؛ فعلى سبيل المثال، يمكن الحصول على عدة مقاطع عرضية مستقيمة في نمط متعرّج. وينبغي ألا تتجاوز المقاطع العرضية حدود الوحدات الفيزيوغرافية.

250 - وينبغي تحديد طول المقاطع العرضية باستخدام البيانات المتاحة عن المنطقة لضمان العثور على كمية كافية من الكائنات الحيوانية الضخمة في كل مقطع تمكينا لإجراء تقييم فعال وقوي للصفات القياسية

موضوع الاهتمام. ولتقييم التنوع البيولوجي، ينبغي تصميم المقاطع العرضية بما يمكّن من التعامل مع أكثر من 500 كائن حي في كل مقطع عرضي (Simon-Lledo et al. 2019).

251 - وينبغي تحديد عرض المقطع العرضي على أساس الارتفاع الفعلي للتصوير، الذي عادة ما يكون حوالي مترين. وإذا توفرت معلومات كافية عن تحديد المواقع ونهج استبانة مكانية دقيقة، فينبغي الحصول على مقاطع عرضية متداخلة متجاورة لإنشاء صور فسيفسائية ولتغطية مساحة أوسع، بشرط أن تكون الصورة الفسيفسائية ذات دقة كافية لجعل تحديد الكائنات الحية التي يزيد حجمها عن 10 ملم تحديدا موثوقا.

252 - وينبغي إدراج قائمة بتصنيفات الكائنات الذي لا يمكن تأكيد عدم موتها، مثل اللافقاريات التي تعيش في قشرة أو أنبوب (معظم تصنيفات الديدان الحلقية عديدة الأشواك وبطنيات الأقدام). وقد يكون من الضروري استبعادها من التحليل الكمي.

253 - وينبغي تحليل الكائنات الحيوانية الوحيدة الخلية (الكائنات الحيوانية الضخمة الوحيدة الخلية) بشكل منفصل (Gooday et al., 2017, 2020b). وعادة ما تفوق أعدادها أعداد الكائنات الحيوانية الضخمة المتعددة الخلايا بعدة أضعاف.

254 - وينبغي تحليل المقاطع العرضية المصورة كوحدات عينة (أي أن جميع الكائنات الحية المسجلة في كل مقطع يمكن جمعها لتشكل وحدة عينة واحدة) بالنسبة لغالبية التحليلات.

255 - وينبغي تحديد مقاييس جميع الصور باتباع نهج المسح التصويري باستخدام الخصائص البصرية المعروفة في الكاميرا، وموقع الكاميرا على جهاز التجميع، وسجلات قياس الارتفاع وبيانات وضعيْ الصورة الأفقي والعمودي. وينبغي أن يذكر في التقرير مساحة قاع البحر المشمولة بالمسح.

256 - وينبغي أن تذيَّل الصور بحواش تفسيرية باستخدام برامج التعليق التوضيحي المتخصصة، مثل البرنامج الحاسوبي BIIGLE (بيئة الفهرسة بالتصوير البيولوجي والوسم الرسومي) (Langenkämper et al., 2017). ويمكن استخدام أي مجموعة من مجموعات أدوات إدراج الحواشي التفسيرية في الصور التي تكون بدرجة عالية من الملاءمة لتحليل الصور في قاع البحر (Gomes-Pereira et al., 2016; Schoening et al., 2016).

257 - وينبغي تحليل الصور بترتيب عشوائي (لتقليل أي تحيز تسلسلي أو زمني). وينبغي تحديد جميع الكائنات الحيوانية الضخمة التي يتعدى حجمها 10 ملم، كما ينبغي إرفاقها بحواش تفسيرية. وينبغي تحديدها بأعلى درجة ممكنة من الدقة التصنيفية، أي عن طريق النمط المورفولوجي (وحدة التصنيف التشغيلية) لتحديدها بشكل متسق، عادة على مستوى الجنس أو الفصيلة (Howell et al., 2019). وينبغي حساب الأبعاد الفيزيائية لكل كائن على أساس أحجام البيكسل المعروفة في مجال التصوير.

258 - وينبغي، حيثما أمكن، التحقق من ملاحظة الأنواع التي تظهر على الصور أو في تسجيلات الفيديو عن طريق التحليل التصنيفي و/أو الجيني للعديد من العينات النموذجية المجموعة. وقد أظهرت الدراسات الحديثة أن بعض الكائنات الحيوانية الضخمة، مثل نجوم البحر الهشة، يمكن أن تشتمل على مجامع أنواع (مثلا، Christodoulou et al., 2020).

259 - وينبغي عرض النتائج بطريقة تسهِّل استخدامها ومقارنتها في المستقبل مع الدراسات الأخرى، بما يتيح دمج البيانات في إطار التقييمات الإقليمية وغيرها من التقييمات. ويشمل ذلك عادة توفير مصفوفات

وفرة الكائنات المتمايزة مورفولوجيا وعرض قيم الكثافة (الأرقام بالمتر المربع)، وأرقام قياس مؤشرات هيل من الرتب 0 و 1 و 2 (0: ثراء الكائنات المتمايزة مورفولوجيا [S]؛ 1: الشكل الأسّي لمؤشر شانون [exp H′]؛ 2: الشكل العكسي لمؤشر سيمبسون [1/D]) والتقييم المتعدد المتغيرات (يُستحسن أن يشمل ذلك البيانات السابقة لأغراض المقارنة).

260 - والبارامترات التي ينبغي قياسها هي الوفرة العددية من العينات النموذجية لكل منطقة من مناطق أخذ العينات (عدد الكائنات في كل متر مربع) للمجموعات التصنيفية/الوظيفية المناسبة ولمجتمع الكائنات الحيوانية المتعددة الخلايا/الكائنات الحيوانية الوحيدة الخلية ككل. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تسجيل حجم كل كائن موجود وأي ملاحظات بشأن التفاصيل المتعلقة بموقعه (ما إذا كان متصلا بعقيدات، مثلا).

261 - وعلى أساس هذه القياسات، ينبغي تحديد الكثافة والإحصاءات لوصف بنية مجتمع الكائنات (مقاييس التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات) وأنماط التوزيع. وينبغي أن تشمل النتائج خرائط أو مناطق مصورة، ويُحتمل أن يشمل ذلك نطاق ما حُدد من موائل قاع البحر.

2 - المجموعة الحيوانية العيانية

262 - ينبغي أخذ عينات من المجموعة الحيوانية العيانية باستخدام المنهجية المبينة في الدراسة التقنية رقم 13 التي أجرتها السلطة: المجموعة الحيوانية العيانية في أعماق البحر في منطقة صدع كلاريون - كليبرتون. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات في الوثيقة ISBA/25/LTC/6/Rev.1، بالاقتران مع الوثيقة ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1.

263 - وينبغي جمع كائنات المجموعة الحيوانية العيانية التي تعيش على العقيدات وتلك التي تعيش في الرواسب. وبمجرد ن تكون تلك الكائنات على متن السفينة، ينبغي تصوير سطح العينات اللبية بعد أن تُصرَف المياه التي تغطيها، عبر غربال وباستخدام خرطوم من البلاستيك. وينبغي معالجة النخالة المتبقية في الغربال من المياه الزائدة وكذلك ينبغي أن يُفعَل فيما يتعلق بالرواسب السطحية.

264 - وبالنسبة للحيوانات المرتبطة بالعقيدات، فعندما تُسحَب العينات اللبية المكعبة، ينبغي تحديد القاعيات الفوقية الواضحة المرتبطة بسطح العقيدات. وينبغي تصوير الحيوانات العقيدية عندما تكون ما زالت متصلة بالعقيدات في مرابي مائيات صغيرة خاصة فيها مياه بحر باردة مصفاة (4 درجات مئوية)؛ وينبغي إزالة الحيوانات، وأخذ عينة صغيرة لأغراض الحمض النووي في أنبوب 2 مل فيه إيثانول بارد بتركيز 96% (-20 درجة مئوية)، ثم وضع الكائن الحي في أنبوب منفصل. وينبغي إعادة العقيدة إلى الحاوية الأصلية. وينبغي أن تُغرَبل جميع المياه التي كانت على اتصال بالعقيدات عبر غربال سعة عيونه 32 ميكرومترا وأن تضاف النخالة إلى الحاوية الأصلية. وينبغي تسجيل حجم العقيدات ووزنها قبل حفظ العقيدات في الفورمالين أو الإيثانول البارد.

265 - وبالنسبة للكائنات البحرية الحيوانية التي تعيش في الرواسب، ينبغي إجراء جميع المعالجات في مختبر مبرَّد. وينبغي أن تُفرَغ في غربالٍ المياهُ التي تغطي العينة في الملباب (250 ميكرومترا أو 300 ميكرومتر) وأن تؤخذ صور فوتوغرافية لسطح العينة اللبية السليمة وللمقطع العرضي، مع ملاحظة أي اضطراب بيولوجي وتسجيل عمق أي تغيرات في لون الرواسب لتحديد التغيرات الرأسية في نوعها. وينبغي تقسيم الرواسب إلى طبقات تكون مستويات عمقها على النحو التالي: 0-3 سم، 3-5 سم و 5-10

سم. وينبغي أن تُغربَل كل طبقة بمياه بحر باردة مصفاة. وينبغي فرز العينة العلوية على الفور، كما ينبغي الاحتفاظ ببقايا الشرائح الأعمق في مختبر مبرَّد، وذلك في مياه بحر باردة مصفاة إلى أن تتم معالجة تلك الشرائح. وتزداد الحاجة إلى عينات للتحليل المورفولوجي والجزيئي على حد سواء؛ ولهذا السبب، ينبغي توخي الحذر في استخدام الفورمالديهايد كمادة مثبتة، لأنه قد يجعل التحليل الجزيئي للعينات مستحيلا. ولأغراض التحليل المورفولوجي والجزيئي، في المختبر المبرَّد (4 درجات مئوية)، ينبغي أن تُغربَل طبقات الرواسب التي يتراوح عمق طبقاتها بين 0 و 3 سم و 3 و 5 سم بمياه بحر مصفاة باردة وتُحفظ النخالة في فورمالديهايد معزول بتركيز 10% أو إيثانول بتركيز 96%. وفي المختبر، ينبغي أن تُغربَل طبقة الرواسب التي يتراوح عمقها بين 5 و 10 سم بمياه بحر مصفاة باردة وتوضع النخالة في فورمالديهايد معزول بتركيز 10% أو إيثانول بتركيز 96%. وإذا كانت هناك كميات كبيرة من النخالة، قد تكون هناك حاجة إلى استخدام الفورمالديهايد بدرجات تركيز أعلى، ضمانا لتثبيت العينات. وينبغي عدم استخدام محلولات الفورمالديهايد لتثبيت مجموعات القشريات مثل القمّامات وقشريات التنايداسيا؛ ولتلك الأصناف، يُنصح بحفظ العينات في الإيثانول بتركيز 96% المبرَّد مسبقا. وينبغي وضع العينات في محلول الفورمالديهايد لمدة 24 ساعة على الأقل. وبعد ذلك، ينبغي، في أقرب وقت ممكن، أن تُنزع جميع العينات من محلول الفورمالديهايد وأن توضع في محلول الإيثانول بدرجة تركيز تتراوح بين 70 % و 80%.

266 - وبالنسبة للدراسات الجزيئية والمورفولوجية ودراسات التنوع البيولوجي، ينبغي أن تُغربَل نخالة الطبقة العليا التي يتراوح عمقها بين 0 و 3 سم وأن يُحتفظ بها، وأن تُحفَظ العينة باردةً قدر الإمكان، وأن تُفرَز جميع الكائنات الحيوانية المتعددة الخلايا إلى مجموعات تصنيفية يسهل التعرف عليها فوق "طبقة من الثلج". وينبغي التقاط صور حية للعينات قبل حفظها في الإيثانول. ولحفظ السِّلكيات، يمكن استخدام حمض إيثيلنيديامينتتراستيك ثنائي الصوديوم والملح المشبَّع (Yoder et al. 2006). وينبغي أن تُغربَل الطبقات الأخرى وأن تُفحص النخالة كما هو مبين أعلاه أو أن تُحفظ في الإيثانول بتركيز 96%. وينبغي حفظ الديدان الحلقية عديدة الأشواك في الإيثانول البارد بتركيز 80%، وحفظ السِّلكيات في حمض إيثيلنيديامينتتراستيك ثنائي الصوديوم والملح المشبَّع (وتخزينها في 4 درجات حرارة مئوية) وحفظ جميع المجموعات الأخرى في الإيثانول البارد بتركيز 96%. وينبغي تغيير الإيثانول بعد مضي 24 ساعة حتى 48 ساعة وتخزين العينات في حرارة تبلغ −20 درجة مئوية.

267 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي الفئات التصنيفية لكل كائن متمايز مورفولوجيا، والأنواع حسب مصفوفات المحطات التي تظهر وفرة الكائنات (عدد الكائنات في كل عينة) والمتواليات الجينية.

268 - وعلى أساس هذه القياسات، ينبغي تحديد الكثافة وثراء الأنواع والإحصاءات لوصف بنية مجتمع الكائنات (مقاييس التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات) وأنماط التوزيع.

3 - الكائنات الحيوانية المتوسطة (بما في ذلك الكائنات الحيوانية المتوسطة المنخربية)

269 - ينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية المتوسطة المتعددة الخلايا باستخدام المنهجية المبينة في *الدراسة التقنية رقم 7 للسلطة: دليل بروتوكولات الدراسة الجزيئية للسِّلكيات القاعية البحرية* (ترميز السِّلكيات).

270 - وفيما يتعلق بتحليل التنوع البيولوجي، ينبغي أن تقتصر الكائنات الحيوانية المتوسطة على تلك الأصناف من الكائنات الحيوانية التي تعيش في الرواسب المعترف بها عادة ككائنات حيوانية متوسطة، مثل

السـلكيات، ومجدافيات الأرجل التي تنتمي إلى مجموعة الهارباكتيكويدا، واللافقاريات البحرية الصـغيرة. ويمكن ملاحظة أصـناف الكائنات الحيوانية الكبيرة (مثل الديدان الكثيرة الشـعر والتنيداسـيا) التي تُلتقط في عينات الكائنات الحيوانية المتوسطة، ولكن ينبغي عدم إدخالها في تقديرات وفرة هذه الكائنات.

271 - وينبغي تخصـيص عينة لبية واحدة على الأقل من كل عملية نشـر لملباب متعدد الأذرع لتحديد الخصـائص المورفولوجية للكائنات الحيوانية المتوسطة المتعددة الخلايا وعينة لبية واحدة لتحديد الخصـائص المورفولوجية للمنخربات. وينبغي تخصيص عينات لبية إضافية لتحديد الخصائص الجزيئية لتلك المجموعات وغيرها من حقيقيات النوى المجهرية الصغيرة الحجم (مثل الطلائعيات العارية الصغيرة) (Gooday et al., 2020a) عن طريق الترميز و/أو الترميز الخطي الوصـفي. ويمكن إجراء عملية الترميز الخطي الوصـفي على الكائنات الحيوانية المتوسطة المستخرجة من الرواسب أو على عينات الرواسب في حد ذاتها؛ ويمكن أن تشكل هذه الأخيرة عينات من الحمض النووي البيئي.

272 - وإذا كانت العقيدات وفيرة، فقد تحدث اضطرابا في الرواسب نتيجة للحركة أثناء أخذ العينات اللبية، مما يسـبب درجات متفاوتة من الاضـطراب. ولذلك، ينبغي تحديد أولوية التحليلات قبل كل عملية نشـر مع تخصيص العينات الأقل تعرضا للاضطراب للتحليلات الأعلى أولوية وإحداث تناوب في ترتيب الأولوية بين عمليات النشر.

273 - وبعد رفع العينات اللبية إلى المركب، ينبغي أولا تصـويرها كلها. وينبغي أن تُفرغ المياه التي تغطي العينة اللبية المأخوذة من أجل تحليل الكائنات الحيوانية المتوسـطة المتعددة الخلايا عبر غربال ذي فتحات حجمها 32 ميكرومترا باسـتخدام خرطوم من البلاسـتيك؛ وينبغي معالجة البقايا في الغربال مع الرواسـب السطحية. وينبغي تحديد طريقة تقطيع العينة اللبية على أساس الفحص البصري. ويمنع عادة وجود العقيدات القيام بالتقطيع، وفي هذه الحالة يمكن الحفاظ على كامل الجزء من العينة اللبية الذي يبلغ حجمه ما بين 0 و 5 سـم غير مقطع. وبدلا من ذلك، يمكن إزالة العقيدات وتقطيع العينات اللبية باسـتخدام لوحة خاصـة بالتقطيع إلى الطبقات التالية: 0 إلى 1 سـم، و 1 إلى 2 سـم، و 2 إلى 3 سـم، و 3 إلى 4 سـم، و 4 إلى 5 سم (مستويات العمق المحددة في الفرع الثالث-ألف، ولكن ينبغي عدم تجاوز عمق 5 سم في الرواسب).

274 - وينبغي تقطيع العينة اللبية المسـتخدمة لتحليل المنخربات على النحو المبين أعلاه والحفاظ مؤقتا على كل شـريحة من الرواسـب بشـكل منفصـل في محلول فورمالديهايد بتركيز 4 في المائة (= الفورمالين بتركيز 10 في المائة) معزول بالبورق.

275 - وينبغي ذكر درجة الحرارة والمحلول الكيميائي المسـتخدمين لحفظ عينات الكائنات البحرية المتوسطة بشكل صريح (النوع والتركيز). ويحدد التحليل المعتزم القيام به نوع حفظ العينات المطلوب. فعلى سـبيل المثال، ينبغي حفظ العينات المخصـصـة للدراسـة المورفومولوجية - الجزيئية (أي الترميز) باسـتخدام محلول يحتوي على أكسـيد سـلفونات ثنائي الميثيل وحمض إيثيلنيديامينتتراسـتيك ثنائي الصـوديوم والملح المشـبّع (Yoder et al., 2006) عند درجة حرارة 4 درجات مئوية. ويمكن اسـتخدام العينات المحتفظ بها بهذه الطريقة لدراسـة الخصـائص المورفولوجية (أي وضـع عينات لهذه الدراسـة) مع الإبقاء على إمكانية استخراج المواد الجينية من العينة نفسها (أي رمز الحمض النووي) مفتوحةً، مما ينشئ صلة بين المورفولوجيا والتحديد الجزيئي (Bhadury et al., 2006). وينبغي تجميد العينات المأخوذة من أجل التحليل المتعلق بالترميز الخطي الوصـفي إلى ما لا يقل عن - 20 درجة مئوية مباشرة بعد أخذ العينات (Macheriotou

et al., 2020). وبالإضافة إلى ذلك، يجب الحفاظ على عينات باستخدام محلولٍ مكون من الفورمالديهايد بتركيز 4 إلى 8 في المائة ومياه البحر ومعزولٍ بالبورق، ولكن لا يمكن استخدام هذه العينات إلا للتحليل المورفولوجي. وينبغي أن تُقسم عينة لبية واحدة على الأقل إلى عينات فرعية من أجل الترميز الخطي الوصفي لحقيقيات النوى المجهرية الصغيرة الحجم (الطلائعيات والكائنات البحرية المتعددة الخلايا). وينبغي أن تؤخذ من كل عينة لبية ثلاث عينات فرعية للرواسب (حجمها حوالي 2 مل) باستخدام ملعقة معقمة، وتوضع مباشرة في قوارير بلاستيكية مع 5 مل من محلول مناسب لحفظ التربة وتخزن في درجة حرارة مئوية تبلغ −20. وينبغي الحفاظ على أي عقيدات يتم العثور عليها بشكل منفصل لإجراء مزيد من التحليل للكائنات الحيوانية المرتبطة بالعقيدات.

276 - وعندما تصل العينات إلى المختبر، ينبغي معالجتها باستخدام أي إجراء معياري لاستخراج الكائنات الحيوانية المتوسطة. وبالنسبة للكائنات الحيوانية المتوسطة المتعددة الخلايا، ينبغي اتباع طريقة التعويم والطرد المركزي (على سبيل المثال عند قوة نسبية للطرد المركزي تبلغ 905 1)، لأنه من المعروف أنها تفرز ما يصل إلى 80 في المائة أو أكثر من الكائنات الحيوانية (Mclntyre and Warwick, 1984). ولأن التعويم يؤدي إلى نتائج غير متسقة، يجب فرز العينات المنخربية باليد. وينبغي بذل جهود لإدراج المكون الأحادي الحجرة و "الرخو الصدفة" في تقييمات التنوع البيولوجي، لأن هذه العناصر وفيرة وتهيمن على التنوع المنخربي في العينات المأخوذة من منطقة كلاريون - كليبرتون والمحيط الهندي. ومع ذلك، ولأغراض الرصد، يمكن أن يركز التحليل على الأصناف المتعددة الحجرات والصلبة الصدفة، وهي أقل وفرة وتنوعا، ولكنها معروفة بشكل أفضل وتستغرق دراستها وقتا أقل مقارنة بالأصناف الأحادية الحجرة (ما يسمى بنهج علم الحفريات المتناهية الصغر).

277 - وتُستخدم عادة غرابيل تبلغ أحجام فتحات شبكتها 150 و 125 و 63 ميكرومترا في دراسات المنخربات. واختيار حجم فتحات الشبكة هو مفاضلة بين الجهد المتزايد المطلوب لتحليل البقايا الأدق والعدد الأكبر من الأنواع والبيانات التي تنتجها الأجزاء الأقل حجما (Gooday and Goineau, 2019). ويوصى بالاستخدام العام لغربال يبلغ حجم فتحات شبكته 125 ميكرومترا في دراسات الرصد البيولوجي (Schönfeld et al., 2012)، ولكن يمكن أن تنتج عن الجزء المغربل بغربال يبلغ حجم فتحاته 63 ميكرومترا معلومات إضافية عن الأنواع الحساسة بيئيا (Lo Giudice Capelli and Austin, 2019)، فيما يحتفظ الجزء المغربل بغربال يبلغ حجم فتحاته 150 ميكرومترا بمنخربات أحادية الحجرة متنوعة وأكبر حجما ممثلة تمثيلا ضعيفا في الأجزاء الأدق (Goineau and Gooday, 2017, 2019). ومن الناحية المثالية، ينبغي تحليل الأجزاء الثلاثة (المغربلة باستخدام غربال يبلغ حجم فتحاته أكثر من 150 ميكرومترا، ومن 125 إلى 150 ميكرومترا، ومن 63 إلى 125 ميكرومترا)، ولكن إذا كان القيام بذلك غير عملي، ينبغي استخدام جزء واحد (مغربل باستخدام غربال يبلغ حجم فتحاته أكثر من 150 ميكرومترا، أو أكثر من 125 ميكرومترا أو أكثر من 63 ميكرومترا) بانتظام.

278 - وينبغي صبغ البقايا في الغربال من أجل التحليل المورفولوجي في محلول وردي بنغالي (مثلا غرام واحد في لتر واحد من ماء الصنبور)، على سبيل المثال، عن طريق وضع الغربال الذي يحتوي على البقايا في طبق من محلول الصبغ طيلة ليلة واحدة وبعد ذلك غسل البقايا على الغربال لإزالة الصباغة الزائدة. وينبغي القيام بفرز المنخربات في الماء، في إناء بِيتري، على سبيل المثال. وينبغي نقل المنخربات الأحادية الحجرة الهشة من الطبق باستخدام ماصة وتخزينها في الغليسرول على شرائح زجاجية ذات تجاويف، على

ألا تغطى الشرائح حتى يظل ممكنا الوصول إلى العينات. وينبغي تخزين الأنواع الأكثر قوة التي لها صدف صلبة على شرائح جافة مما يُستخدم في علم الحفريات الدقيقة. وللاطلاع على مزيد من التفاصيل بشأن معالجة العينات المنخربية، بما في ذلك التقسيم في شكل مبلل وغربلة الرواسب، والتمييز بين العينات "الحية" والعينات الميتة ومشكلة التجزؤ، ينبغي الرجوع إلى دراسات غوانو وغوداي (2017 و 2019) وغوداي وغوانو (2019). وتشمل تلك الورقات وموادها التكميلية صورا عديدة لمنخربات أحادية الحجرة شائعة وغير موصوفة بشكل كبير. وينبغي استخدام مؤلفي شونفيلد وآخرين (2012) وألفِي وآخرين (2016) للاطلاع على توصيات بشأن نهج علم الحفريات الدقيقة في استخدام المنخربات المتعددة الحجرات في دراسات الرصد.

279 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي قوائم الأنواع/الأجناس، والأنواع/الأجناس حسب المحطات والمصفوفات التي تظهر كثافة الوفرة لكل 10 سم^2، والمتواليات الجينية.

280 - واستنادا إلى تلك القياسات، ينبغي تحديد الكثافة والإحصاءات لوصف بنية مجتمع هذه الكائنات (مقاييس التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات).

4 - الكائنات الحيوانية المرتبطة بالعقيدات المتعددة الفلزات

281 - تعني حقيقة أن العقيدات لديها معدلات نمو بطيئة للغاية أنه بعد إزالتها، سيستغرق الأمر ملايين السنين قبل إعادة إنشاء هذه الطبقة التحتية الصلبة. ولذلك، من المهم تحديد مدى تقاسم الأنواع بين الرواسب اللينة والعقيدات في حقول العقيدات السحيقة، ووظائفها أو أدوارها في ذلك الموئل.

282 - وينبغي جمع العينات باستخدام ملباب مكعب (في منطقة أخذ العينات التي لا تقل مساحتها عن 0,25 متر مربع)، أو مركبة تشغل من بعد أو أي جهاز آخر مماثل من الأجهزة القاعية يمكنه جمع عينات من الرواسب والعقيدات دون إحداث اضطراب فيها.

283 - وينبغي نقل جميع العقيدات المتعددة الفلزات الموجودة في الرواسب بعناية وتصويرها وفحصها فيما يخص وجود الحيوانات القاعية. ويتوقف القيام بالمزيد من المعالجة على نوع الكائنات الحيوانية التي تجري دراستها.

284 - وينبغي تصوير جميع الكائنات الحيوانية القاعية الملتصقة بالسطح الخارجي للعقيدات على الفور، وإزالتها بعناية من العقيدات وتخزينها في الإيثانول بتركيز 96 في المائة لإجراء مزيد من التحليل المجهري وغيره من التحليلات المختبرية. ثم ينبغي غسل سطح كل عقيدة على حدة على غربال يبلغ حجم فتحاته 32 ميكرومترا؛ وينبغي اعتبار المواد المغربلة جزءا من الكائنات الحيوانية التي تعيش في الرواسب المحيطة. وينبغي غسل الرواسب اللينة الموجودة على العقيدات بشكل منفصل، ويفضل أن يتم ذلك باستخدام غربال ذي فتحات صغيرة جدا (20-25 ميكرومترا)، وينبغي اعتبار المواد المغربلة جزءا من كل طبقة رواسب محتوية على الكائنات الحيوانية. وبالنسبة للكائنات الحيوانية المتوسطة المتعددة الخلايا في فتحات العقيدات، ينبغي غسل العقيدات بعناية لإزالة الرواسب الملتصقة، وينبغي قياسها ووزنها. وينبغي تقسيم العقيدات النظيفة ميكانيكيا إذا لزم الأمر وتثبيتها باستخدام، على سبيل المثال، الفورمالديهايد المعزول أو أكسيد سلفونات ثنائي الميثيل وحمض إيثيلنيديامينتتراستيك ثنائي الصوديوم والملح المشبّع لإجراء الدراسات المورفولوجية والجزيئية، مع مراعاة أن التثبيت قد يؤثر على السلامة المادية للعقيدات. ويمكن بعد ذلك

معالجة العينة باستخدام أي إجراء معياري لاستخراج الكائنات الحيوانية المتوسطة. ومع ذلك، يوصى باستخدام طريقة التعويم والطرد المركزي (على سبيل المثال بقوة نسبية للطرد المركزي تبلغ 905 1)، حيث أنه من المعروف أنها تؤدي إلى فرز ما يصل إلى 80 في المائة أو أكثر من الكائنات الحيوانية (Mclntyre and Warwick, 1984). وبعد ذلك، يجب غسل الطافي من العينة على غربال يبلغ حجم فتحاته 20 إلى 32 ميكرومترا. وينبغي فحص البقايا في الغربال بعناية تحت مجهر مجسّم (بتكبير 40 مرة). وينبغي تحديد جميع الكائنات الحية الحيوانية إلى أدنى مستوى تصنيفي ممكن، وعدها وفرزها وتخزينها بشكل منفصل في محلول يحتوي على أكسيد سلفونات ثنائي الميثيل، وحمض إيثيلنيديامينتتراستيك ثنائي الصوديوم والملح المشبع في حرارة تبلغ 4 درجات مئوية بحيث يمكن استخدامها في وقت لاحق للتحديد الجزيئي.

285 - وبالنسبة لدراسات المنخربات، ينبغي أخذ العقيدات من سطح العينات اللبية المكعبة أو العينات اللبية المأخوذة بملباب متعدد الأذرع، ووضعها في أوعية منفصلة وحفظها في محلول الفورمالديهايد بتركيز 4 في المائة (= الفورمالين بتركيز 10 في المائة) معزول بالبورق. وينبغي استخدام مرطبانات واسعة الفم بحيث يمكن أخذ العقيدات بسهولة دون الإضرار بالمنخربات المغلفة بقشرة صلبة هشة. وفي المختبر، ينبغي غسل العقيدات بعناية إذا لزم الأمر عن طريق رش المياه على السطح باستخدام ماصة لإزالة أي رواسب ملتصقة. غير أنه ينبغي التقليل من الغسل إلى أدنى حد ممكن، وينبغي التعامل مع العقيدات بأقصى قدر ممكن من العناية وبأقل شكل ممكن. وعندما تصبح العقيدات نظيفة، ينبغي وضعها في وعاء مليء بالماء عميق بما فيه الكفاية لتغطيتها تماما وفحصُها تحت مجهر مجسم مزود بآلة تصوير رقمية. وتكون المنخربات عادة أكثر شيوعا على الأسطح العليا، ويمكن أن تتركز على نقاط أعلى، ولكن يمكن أيضا أن توجد على الجوانب السفلية. وينبغي تصوير أنواع مورفولوجية مختلفة من أجل إعداد فهرس يوثق تنوعها. وينبغي تسجيل عدد العينات من كل نوع، حيثما أمكن ذلك. لكن من الصعب القيام بذلك بالنسبة لبعض الأشكال، مثل التكوينات الشبكية الكبيرة والأنظمة الأنبوبية ذات الحدود غير المحددة بشكل جيد.

286 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي قوائم التحديد التصنيفي على أدنى مستوى ممكن (من الناحية المثالية، مستوى الأنواع)، والوفرة حسب العقيدة (حجم/وزن العقيدات) والمتواليات الجينية.

287 - وانطلاقا من هذه القياسات، ينبغي تحديد الكثافة والإحصاءات لوصف بنية المجموعة (مقاييس التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات) وأنماط التوزيع.

5 - الكائنات الحيوانية الدقيقة

288 - ينبغي جمع عينات من الرواسب باستخدام ملباب دفع متحكَّم فيه بواسطة مركبة تشغل من بُعد، أو ملباب دفع غاطس يشغله طاقم، أو ملباب مكعب أو ملباب مكعب موجه من خلال جهاز تلفزيون، أو ملباب متعدد الأذرع، أو ملباب متعدد الأذرع موجه من خلال جهاز تلفزيون، مع إغلاق أداة أخذ العينات في أقرب مكان ممكن من مكان أخذها لمنع التلوث أثناء إخراج العينات.

289 - وينبغي جمع عينات المياه باستخدام جهاز لقياس الحرارة والتوصيل والعمق وردي الشكل مجهز بأداة لأخذ عينات من المياه، أو باستخدام وحدة في الموقع لترشيح واستخراج الجسيمات، مثل نظام ماكلاين لنقل المياه، مع الإغلاق المحكم لأداة أخذ العينات في أقرب مكان ممكن إلى نقطة أخذها لمنع التلوث أثناء إخراج العينات. وينبغي جمع العينات في طبقات مياه هامة على النحو المحدد في أخذ العينات في عمود المياه (انظر الفرع الخامس). وتشمل الطبقات التي يجب أخذ عينات منها، على سبيل المثال لا الحصر،

الطبقة السطحية، وطبقة الكلوروفيل بأقصى تركيز تحت سطح البحر، وطبقة المياه القليلة الأوكسجين، والطبقة القريبة من القاع.

290 - وينبغي تخزين عينات من أجل نُهج الزرع عند درجة حرارة 4 درجات مئوية. ويجب تخزين عينات النهج غير المعتمدة على عن الزرع عند دراجة حرارة تبلغ −80 درجة مئوية أو في النيتروجين السائل (بعد ترشيحها باستخدام جهاز ترشيح لإزالة الميكروبات مع استخدام غشاء ترشيح دقيق في حالة عينات المياه).

291 - وينبغي الحصول على عدد الميكروبات باستخدام طريقة الصبغ بمادة مستشعة والاستعانة بصباغات خاصة بالحمض النووي (مثل DAPI) أو اتباع طريقة تفاعل البوليمراز التسلسلي في الوقت الحقيقي باستخدام مكبرات للحمض النووي قَليلة النُّوكليوتيد خاصة بالمجموعات (Labrenz et al., 2004). وعندما تُستخدم تقنيات الزرع، ينبغي أن يحدث ذلك على متن سفينة أخذ العينات.

292 - وينبغي الحصول على الحمض النووي الميكروبي وفقا لطريقة استخراج الحمض النووي بكلوروفورم الفينول أو بالاستعانة بمجموعات أدوات استخراج الحمض النووي؛ وينبغي استخدام قياس الطيف الضوئي (البتة الكمومية ((Qbit) والقطرة النانوية (nanodrop)) وعملية الفصل الكهربي للحمض النووي باستخدام هلام الأغاروز للكشف عن نقاء الحمض النووي وسلامته، على التوالي. ويمكن تحديد متواليات الأحماض النووية الميكروبية القابلة للدراسة في منصة لتحديد المتواليات عالية الإنتاجية (على سبيل المثال Hiseq X، و NovaSeq، و Sequel II، و MinION، و GridION، و PromethION، و MiSeq من أجل الترميز الخطي الوصفي). وينبغي القيام بتحديد إضافي لمتوالية الأمبليكون من أجل الكشف عن الجينات المؤشِّرة الهامة (على سبيل المثال جينة 16S rRNA، والجينات الوظيفية).

293 - وينبغي الحصول على الأحماض الريبية النووية الميكروبية باستخدام مجموعات أدوات استخراج الحمض الريبي النووي أو الكواشف المماثلة في أقرب وقت ممكن بعد أخذ العينة؛ وينبغي استخدام قياس الطيف الضوئي وعملية الفصل الكهربي للحمض الريبي النووي باستخدام هلام الأغاروز للكشف عن نقاء الحمض الريبي النووي وسلامته، على التوالي. وينبغي تحديد متواليات الأحماض الريبية النووية الميكروبية القابلة للمعالجة في منصة لتحديد المتواليات عالية الإنتاجية. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تحليل أحماض ريبية نووية محددة باستخدام طريقة تفاعل البوليمراز التسلسلي في الوقت الحقيقي مع الاستعانة بمكبرات محددة للحمض قَليلة النُّوكليوتيد.

294 - ولا توجد حاليا طريقة معيارية للتحليلات تنطوي على عملية تحديد للمتواليات عالية الإنتاجية. والطرق المقبولة عادة هي FastQC بالنسبة لمراقبة النوعية؛ و SPAdes بالنسبة لجمع المتواليات المحددة؛ و MetaBAT 2 بالنسبة لتجميع المتواليات من نفس المصدر؛ و DADA2 بالنسبة لتوليد متغيرات متوالية الأمبليكون؛ و +BLAST بالنسبة لمطابقة المتواليات وشرح الجينات؛ و CheckM لتقييم جودة التجميع والتقسيم إلى فئات (Breitwieser et al., 2017).

295 - وينبغي تقديم نتائج تحليل متوالية الجينوم أو تجميع المتواليات الميتاجينومية للمجموعة الميكروبية.

296 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي التحديد والوفرة والمتواليات الجينية.

297 - وانطلاقا من تلك القياسات، ينبغي تحديد التنوع الميكروبي، وتكوين المجموعة المكروبية، ووفرتها والاختلافات الوظيفية لمختلف الفئات.

6 - الأسماك والقمّامات التي تعيش قُرب قاع البحر

298 - ينبغي استخدام فئتين أو أكثر من الفئات الرئيسية الثلاث لأخذ العينات: شباك الجر القاعية، والنظم المزودة بطعم، والمقاطع العرضية المصورة. وتجدر الإشارة إلى أن مقاطع الفيديو والصور التي تجمعها المركبات التي تشغَّل من بُعد أو المركبات الغواصة المستقلة أو الكاميرات التي تُنزل ليست مثالية لأخذ عينات من الأسماك لأنها يمكن أن تجذب أو تنفِّر الأنواع وبالتالي تؤثر على تكوين الأنواع ووفرتها. وبالنسبة للمقاطع العرضية المصورة، ينبغي اتباع النهج المبين في القسم الفرعي 1. ويمكن سحب شبكات الجر القاعية بشكل مستقل أو خلف زلاجة آلة تصوير، وينتج عن الصيد عينات مرجعية للتصنيف وتحديد متواليات الحمض النووي. والمصائد والخطوط الطويلة لها جانب سلبي وهو أنها انتقائية في التعامل مع الأنواع، وبالتالي لا ينبغي استخدامها في دراسات التنوع البيولوجي. وتؤدي آلات التصوير التي يوضع عليها طعم وتركب على المحطات القاعية إلى أخذ عينات من الكائنات الحيوانية التي يجذبها الطعم في أي منطقة معينة دون التأثير على حالتها الطبيعية. وبالنسبة للمزدوجات الأرجل، يمكن ربط مصائد صغيرة من النوع المستخدم لاصطياد سمكة البلمة بأرجل أداة إنزال آلة التصوير إلى القاع لالتقاط عينات مرجعية (Jamieson, 2015).

299 - ومن سلبيات نظم آلات التصوير أن الأنواع غالبا ما يصعب التمييز بينها في الصور، ولكن إذا ما استُخدمت، ينبغي تكرار عمليات إنزال آلة التصوير الموضوع عليها طعم عشر مرات على الأقل في كل منطقة أخذ عينات. ومن سلبيات أخذ العينات باستخدام شباك الجر القاعية أن شباك الجر المستخدمة في المسح يمكن أن يكون لها أثر سلبي على الأنواع والموائل القاعية الهشة (Duran Munoz et al., 2020).

300 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي قوائم التحديد التصنيفي على أدنى مستوى ممكن (من الناحية المثالية، مستوى الأنواع)، والوفرة، والمتواليات الجينية (إذا تم جمع العينات)، وقياسات حجم الأفراد، ووقت الوصول بعد هبوط الطعم إلى القاع والعدد الأقصى لأفراد كل نوع الذي تمت ملاحظته (بالنسبة للمحطات الموضوع عليها طعم).

301 - وعلى أساس هذه القياسات، ينبغي تحديد الكثافة وثراء الأنواع والإحصاءات لوصف بنية مجتمع الكائنات (مقاييس التنوع الأحادي المتغير والمتعدد المتغيرات) وأنماط التوزيع.

واو - المتغير المقيس: الترابط

302 - ينبغي إجراء دراسات عن ترابط مجموعات الأنواع الرئيسية باستخدام عينات من عدة مواقع جغرافية و/أو موائل. وبالنسبة لكل نوع، ينبغي، في الحالة المثالية، أن يكون عدد الأفراد في كل مجموعة كبيرا نسبيا (أكبر من 10 إلى 20 فردا لكل موقع)، بحيث يتم تقييم الأنواع الوفيرة نسبيا فقط واستخدامها باعتبارها تمثل المجموعة الأعم. ومع ذلك، وبالنظر إلى الكثافة المنخفضة نسبيا لبعض الأنواع الموجودة في منطقة كلاريون - كليبرتون، فإن أعدادا أقل (3 إلى 5 أفراد لكل موقع) يفترض أن تكون كافية لإجراء دراسات الترابط (Taboada et al., 2018).

303 - وحسب المكان، قد يتطلب جمع عدد كاف من الأفراد لإجراء دراسات الترابط استخدام أدوات أخذ عينات بالإضافة إلى تلك المحددة أعلاه. وعلى سبيل المثال، قد تكون طرق الجمع مثل الزلاجات المستخدمة فوق رواسب الموائل القاعية ضرورية لضمان جمع عدد كاف من أفراد الكائنات البحرية الكبيرة. ومع ذلك،

ينبغي تجنب هذه الطرق عندما يحتمل أن يكون لها أثر سلبي على السمات الحساسة. وينبغي جمع عينات من أجل دراسات الترابط وتخزينها من أجل الحفاظ على الحمض النووي في أفضل حالاته، كما هو مفصل من قبل غلوفر وآخرين (2016). وعند الحفاظ على عينات كبيرة أو أجزاء من عينات أكبر، ينبغي استخدام الإيثانول بتركيز 96 في المائة بدلا من الإيثانول بتركيز 80 في المائة.

304 - وبالنسبة للتحليل، ينبغي استخدام نهج التصنيف العكسي (Janssen et al., 2015). وينبغي الحفاظ على العينات المرجعية التي هي قيد الدراسة، حيث أن هناك حاجة إلى مزيد من الفحص التفصيلي للميزات المورفولوجية (مثلا باستخدام تقنيات الاستجهار بطريقة المسح الإلكتروني) للتمييز بين الأنواع الخفية التي تم تحديدها جزيئيا.

305 - ويتوقف اختيار العلامات الجزيئية المناسبة على الصنف المحدد. وفي بعض الحالات، قد لا تسفر النهج المعيارية، مثل استخدام العلامات الجزيئية الأكثر شيوعا (مثل COI وجينة S rRNA16) عن تباين جيني كاف لتمكين إجراء مزيد من التحليل. وينبغي اتباع نهج مركب باستخدام العلامات الجزيئية المشتركة وعلامات التحديد الجيني السائلية المتناهية الصغر، بما في ذلك السواتل المتناهية الصغر والمتعددة الأشكال إلى حد كبير (Taboada et al. 2018)، والتي يمكن استخدامها في الدراسات الصغيرة النطاق.

306 - وبالإضافة إلى السواتل المتناهية الصغر المستخدمة في الدراسات الجينية للمجموعات، ينبغي استكشاف تقنيات جزيئية أخرى، بما في ذلك استخدام تعددات أشكال النيوكليوتيد الناتجة عن دراسات الجينوم المخفض التمثيل التي يمكن تطبيقها بسهولة على الكائنات غير النموذجية بتكلفة منخفضة نسبيا. وعلى سبيل المثال، باستخدام عملية تحديد متواليات الحمض النووي المرتبطة بمواضع التقييد المزدوج (ddRADseq)، يمكن توليد المئات إلى الآلاف من تعدد أشكال النيوكليوتيد الواحد، مما يجعل من الممكن ليس فقط إجراء دراسات دقيقة للجينوم في المجموعة، ولكن أيضا دراسة المسائل المتعلقة بكل من التطور والجينوم، واستراتيجيات التكيف أو الانجبال الداخلي، من بين عمليات أخرى على مستوى المجموعة (Andrews et al., 2016).

307 - وينبغي اتباع نُهج النمذجة التي تُستخدم فيها مجموعة من الأدوات المتاحة. وينبغي مقارنة أنماط التدفق الجيني وانتقال الجينات المستخلصة من البيانات الجينية بالعوامل البيئية مثل التيارات الأوقيانوغرافية. وقد يفسر استخدامُ النماذج الأوقيانوغرافية لتقدير انتقال اليرقات (انظر الفرع الرابع، الجزء دال) بعض الأنماط في التمييز بين المجموعات على نطاق واسع والترابط بين الأنواع (Taboada et al., 2018؛ و Kenchington et al., 2019).

308 - وبما أنه يجري تطوير مجموعة متنوعة من البرامجيات بشكل مستمر، ينبغي أن تتضمن نتائج الدراسات المرجعية إشارة واضحة إلى الأدوات المستخدمة في التحليلات والافتراضات الأساسية.

309 - ومن خلال تلك الدراسات، ينبغي تحديد الترابط والجغرافيا الأحيائية بالنسبة للأنواع الرئيسية في كل تصنيف وظيفي، وينبغي استنتاجهما بالنسبة للتجمعات الأوسع نطاقا.

310 - وتشمل المقاييس المعينة التي ينبغي تحديدها ما يلي:

(أ) أوجه التباعد الجيني الدنيا، باستخدام شبكات الأنماط الفردانية، استنادا إلى نموذج التباعد غير المصحح ونموذج بارامترّي كيمورا، بين الأنواع وداخلها لتحديد أوجه التباعد الجيني داخل الأنواع وفيما بينها؛

(ب) بالنسبة للتنوع الجيني، ينبغي حساب تغاير الزيجوت المتوقع (H_e) أو الملاحظ (H_o) ومعاملات التوالد داخل المجموعة (F_{IS}) لكل نوع ومحطة ومنطقة أخذ عينات، باستخدام حزم البرامجيات R أو على سبيل المثال برنامج Genodive (Meirmans and Van Tienderen, 2004)؛

(ج) بالنسبة لبنية المجموعة، ينبغي استخدام إحدى الطرق التالية:

'1' طرق التصنيف في مجموعات على النحو المحدد باستخدام برامج Structure (Pritchard et al., 2000) والتحليل التمييزي للمكونات الرئيسية؛ وهذا الأخير مدرج في حزمة أدجينيت راء (adegenet R) (Jombart et al., 2010)، التي تمثل بيانيا أوجه التشابه الجيني بين العينات؛

'2' ينبغي تطبيق طرق دراسة التباعد مثل إحصائية مؤشر التباعد (F_{ST}) لقياس مدى التمايز الجيني بين المجموعات، باستخدام قيم الإحصائية بالنسبة لأزواجِ أفرادٍ من أجل مقارنة مواقع ومناطق أخذ العينات؛ وينبغي استخدام تحليل الفرق الجزيئي لتحديد التوزيع الهرمي للتنوع الجيني؛

(د) بالنسبة لأنماط الهجرة، ينبغي استخدام وظيفة divMigrate لحزمة (Keenan et al. diveRsity R (2013 لتقدير الهجرة الراهنة النسبية بين محطات أخذ العينات. وبدلا من ذلك، يمكن استخدام برنامجي Lamarc (Kuhner, 2006) أو Migrate (Beerli and Palczewski, 2010) لحساب أنماط الهجرة؛

(هـ) العزل من خلال التباعد والفواصل الجينية: يجب إجراء اختبار Mantel الذي يربط بين المسافات الجغرافية وتقديرات سلاتكين لإحصائية مؤشر التباعد الخطية بين أزواج الأفراد ($F_{ST}/1-F_{ST}$) باستخدام حزم برامجيات R مختلفة أو باستخدام برامج مثل Genodive؛ وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تقييم وجود حواجز محتملة أمام تحديد البنية الجينية للمجموعات باستخدام برامج مثل Barrier (Manni et al., 2004).

زاي - المتغير المقيس: أداء النظم الإيكولوجية

311 - ينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية القاعية (ما لا يقل عن 10 إلى 12 موقعا مختارا عشوائيا) لإجراء تحليل لوفرة النظائر الطبيعية لهيكل الشبكة الغذائية على مستويات، بالنسبة للكائنات الحيوانية المتوسطة، 0 إلى 1 سم، و 1 إلى 2 سم، وبالنسبة للكائنات الحيوانية الكبيرة، 0 إلى 1 سم، و 1 إلى 5 سم و 5 إلى 10 سم. وينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية الضخمة من أجل تحليل وفرة النظائر الطبيعية حيثما أمكن ذلك حتى يتم أخذ عينات مما لا يقل عن 10 أفراد من صنف معين (مثل نجوم البحر). وينبغي إجراء تجارب للوسم النظيري في ما لا يقل عن عشرة مواقع مختارة عشوائيا مع أخذ قياسات مكررة لوحدات قاعية في كل موقع (Sweetman et al. 2019).

312 - وينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية المتوسطة من أجل تحليل النظائر المستقرة باستخدام الملابيب الكبيرة أو الملابيب التي تسمح بأخذ عينات متعددة من الطبقة التي سمكها 0,5 سم. ويجب تخزين

الرواســـب مجمدة (عند −20 درجة مئوية أو درجة برودة أكبر) دون أي مواد حافظة حتى إجراء مزيد من التحليل في المختبر الذي تجرى فيه عملية الاختبار. وينبغي أن تغربل باســـتخدام غربال يبلغ حجم فتحاته 32 ميكرومترا باســـتخدام مياه البحر الباردة المصـــفاة. وينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية الكبيرة باستخدام ملباب مكعب حجمه 0,25 متر مربع وتؤخذ عينات منها في عمق رواسب يتراوح بين 0 و 1 سم، وبين 1 و 5 سـم، وبين 5 و 10 سـم؛ وينبغي أن تغربل قطع الرواسـب باسـتخدام غربال يبلغ حجم فتحاته 300 ميكرومترا باستخدام مياه البحر الباردة المصفاة. وبدلا من ذلك أو بالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام زلاجة قاعية لجمع عينات من الكائنات الحيوانية الكبيرة لتحليل النظائر المستقرة.

313 - وينبغي جمع عينات لتحليل بنية الشبكة الغذائية الأساسية للحيوانات القاعية (مثل عدد المستويات الغذائية) في المواقع نفسها التي تُجمع فيها العينات لتحليل بنية مجتمع الكائنات الحيوانية المتوسطة والكبيرة. وينبغي أخذ العينات مما لا يقل عن 10 إلى 12 موقعا مختارا عشـــوائيا. وحيثما أمكن، ينبغي أخذ عينات الكائنات الحيوانية الضخمة (مثل خياريات البحر) باستخدام مركبات تشغل من بُعد أثناء عمليات أخذ مقاطع عرضـية باسـتخدام هذه المركبات أو من خلال الصـيد بشـباك الجر؛ وينبغي بذل جهود لجمع ما لا يقل عن عشرة حيوانات من كل صنف رئيسي من الكائنات الحيوانية الضخمة. وينبغي إجراء دراسات الوسم النظيري للتحديد الكمي لأنشطة الميكروبات والكائنات الحيوانية وروابط الشبكة الغذائية في الموقع باستخدام منصات الوحدات القاعية (المركبات التي تشغَّل من بُعد أو المحطات القاعية) في ما لا يقل عن عشرة مواقع مختارة عشوائيا، مع إجراء قياسات متكررة بالوحدات القاعية في كل موقع (Sweetman et al. 2019).

314 - وينبغي وضـع بقايا غربلة الكائنات الحيوانية المتوسـطة والكائنات الحيوانية الضـخمة في كيس من البلاسـتيك، وتجميدها بسـرعة في النيتروجين السـائل وتخزينها في درجة حرارة تصـل إلى −20 درجة مئوية. وينبغي عدم اســتخدام المثبتات الكحولية إطلاقا عند تثبيت العينات لدراســة النظائر المســتقرة. وينبغي نقل الكائنات الحيوانية الضـخمة التي تجمع باسـتخدام مركبة تشـغل من بعد أو شـبكة جر قاعية على الفور إلى غرفة باردة؛ وينبغي أن يوضـع ما يصـل إلى عشـرة أفراد من كل صـنف بشـكل فردي في أكياس بلاسـتيكية وتُغلق، وتجمد بسرعة في النيتروجين السائل وتُخزن في درجة حرارة تبلغ −20 درجة مئوية.

315 - وينبغي فرز الكائنات الحيوانية المتوسطة والكبيرة عند الرجوع إلى المختبر، مع الحرص على تقليل ارتفاع درجة حرارة العينات. وينبغي غســل الكائنات الحيوانية من الحطام العضــوي الملتصــق بها في مياه بحرية باردة مصـفاة ووضـعها في أكواب لتحليل النظائر من القصـدير أو الفضـة (إذا كانت مغطاة بالكلس) تم وزنها مسبقا. وينبغي أخذ الأنسجة المستهدفة (مثل جدار الجسم والعضلات وأذرع نجوم البحر الهشة) من الكائنات الحيوانية الضـــخمة في المختبر، مع الحرص على التقليل إلى أقصـــى حد من ارتفاع درجة حرارة الأنســجة، ووضــعها على رقاقة معدنية. وينبغي تجفيف جميع العينات لمدة يومين إلى ثلاثة أيام عند درجة حرارة 45 درجة مئوية وتُطحن أنســجة الكائنات الحيوانية الضــخمة باليد باســتخدام مهراس. وينبغي وضــع أنسـجة الكائنات الحيوانية الضـخمة الكلسـية في أكواب فضـية لتحليل النظائر. ثم ينبغي تحميض الحيوانات والأنســـجة الكلســـية (مثل أذرع نجوم البحر الهشـــة) في حمض الهيدروكلوريك بتركيز 10 في المائة لإزالة الكربونات وتجفيفها مرة أخرى في حرارة تبلغ 45 درجة مئوية لمدة ثلاثة أيام، تليها خطوة تحميض إضـــافية إن لم تكن كل الكربونات قد أزيلت. وينبغي بعد ذلك إعداد عينات النظائر لتحليل النظائر (على النحو المحدد من قبل المختبر الذي يقوم بتحليل العينات) وإرســـالها لتحليلها على النحو المبين في الأدبيات (مثلا Hardy et al., 2008؛ و Levin et al., 2009؛ و Sherman et al., 2013).

316 - ومن أجل القيام بالتحديد الكمي لأنواع الأغذية السائدة بالنسبة للكائنات الحيوانية، ينبغي إعداد عينات من المادة العضوية الجسيمية التي تُجمع في مصائد الرواسب وعينات الرواسب (انظر الفرع الخامس - حاء) من أجل تحليل النظائر المستقرة؛ وينبغي تصحيح نسب النظائر إذا تم الحفاظ على العينات في محلول الفورمالديهايد.

317 - وينبغي إجراء دراسات للوسم النظيري من أجل توثيق أنشطة الشبكة الغذائية وروابطها في الموقع باستخدام الوحدات القاعية المدارة بمركبة تشغل من بعد أو المحطات القاعية. ولتوثيق النشاط الأيضي الميكروبي والحيواني الغيري التغذية، ينبغي استخدام عوالق نباتية محضّرة وموسومة بنظير الكربون-13 في دراسات الوسم (Sweetman et al. 2019)، في حين يمكن تحديد النشاط الميكروبي الذاتي التغذية باستخدام بيكربونات موسومة بنظير الكربون-13 كعنصر استشفافي. وبالإضافة إلى ذلك، تسمح دراسات الوسم التي تُستخدم فيها البيكربونات الموسومة بنظير الكربون-13 أو الغلوكوز الموسوم بنظير الكربون-13 بمواصلة الكشف عن روابط الشبكة الغذائية، مثل تحديد الكائنات الحيوانية التي تتغذى على الكائنات المجهرية (Sweetman et al. 2019). ويجب أن تتبع دراسات الوسم في الموقع طرق ستراتمان وآخرين (2018) أو سويتمان وآخرين (2019) وأن تستمر لمدة تتراوح بين 36 و 48 ساعة. ويمكن قياس كمية التمثيل الغذائي للكربون العضوي (من العوالق النباتية الموسومة بنظير الكربون-13) إلى ثاني أكسيد الكربون في هذه التجارب إذا كانت في الوحدات المستخدمة قدرات أخذ عينات باستخدام محاقن. وإذا كان الأمر كذلك، ينبغي جمع العينات في أوقات محددة (كل ست إلى ثماني ساعات مثلا) أثناء التجربة باستخدام آلة لأخذ العينات بها محاقن. وفي المختبر، ينبغي تصفية العينات (باستخدام مرشح من خلات (أسيتات) السليلوز بسمك 0,54 ميكرومتر) وتثبيتها في أوعية صغيرة مع 5 إلى 10 ميكرولترات من كلوريد الزئبق بتركيز 6 في المائة لتحليل مجموع الكربون غير العضوي المذاب وقياس معدَّل نظائر الكربون-13 على نطاق كبير باستخدام قياس الطيف الكتلي (Sweetman et al., 2010). وينبغي دائما تسجيل عمق المياه في الوحدة ومنطقة الوحدة لتحديد حجم المياه في الوحدة في نهاية كل تجربة. وعند نهاية التجربة، ينبغي استخدام العينات اللبية المأخوذة بأدوات الدفع/الأدوات المزودة بشفرات من أجل أخذ عينات من الرواسب لدراسة الميكروبات والكائنات الحيوانية من الوحدات المدارة من مركبات تشغل من بعد، فيما تجمع المحطات القاعية، في معظم الأحيان، تلقائيا الرواسب التي تعرضت للمادة التحتية الموسومة. وبعد الرفع على متن المركب، ينبغي نقل الرواسب إلى غرفة باردة وأخذ عينات للميكروبات منها على أعماق 0 إلى 1 سم و 1 إلى 5 سم و 5 إلى 10 سم، تُجانس وتبرد بسرعة في قوارير زجاجية (تغسل مسبقا بالميثانول وثنائي كلور الميثان بنسبة 1:1 وتُجفَّف) باستخدام النيتروجين السائل، وتُنقل إلى درجة حرارة -20 درجة مئوية. وينبغي جمع عينات منفصلة من مستويات العمق نفسها لمحتوى مياه الرواسب. وينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية المتوسطة باستخدام ملباب دفع (وحدة تدار بمركبات تشغل من بعد) أو ملباب به محاقن (وحدة قاعية يتم إنزالها) في عمقي 0 إلى 1 سم و 1 إلى 2 سم، وتغربل بغربال يبلغ حجم فتحاته 32 ميكرومترا وتُنقل إلى محلول فورمالديهايد بتركيز 4 في المائة ومياه البحر (أي الفورمالين بتركيز 10 في المائة). وينبغي أخذ عينات من الكائنات الحيوانية الكبيرة من الملابيب المزودة بشفرات (الوحدات التي تدار بمركبات تشغل من بعد)، أو من بقية الوحدة في حالة عينة مأخوذة بأداة إنزال وحدة قاعية، وتغربل العينات بغربال يبلغ حجم فتحاته 300 ميكرومتر ويُحتفظ بها في الفورمالين. وينبغي جمع عينات خاصة بنسب النظائر الميكروبية والحيوانية الأساسية باستخدام عينات مأخوذة بملابيب الدفع المدارة من خلال مركبات تشغل من بعد، أو عينات لبية مكعبة أو عينات لبية كبيرة، ويجري إعدادها والحفاظ عليها

بالطريقة نفسها. وعلى الرغم من أن الحفاظ على العينات في الفورمالين يمكن أن يؤثر على نسب دلتا 13 ك. (δ 13C) بمعدل 0,5 إلى 1 جزء في الألف، من المرجح أن يكون وسم الكائنات الحيوانية أعلى بكثير من ذلك (500 −000 1 جزء في الألف)، وهو ما ينفي الحاجة إلى تجميد العينات. وعلاوة على ذلك، يلغي الحفاظ على العينات الأساسية في الفورمالين أثر الحفظ في الفورمالين على نسب النظائر عند حساب معدلات التغذية الحيوانية. وبعد العودة إلى المختبر، يجب تحديد كمية امتصاص النظائر في الأحماض الدهنية الميكروبية والكتلة الأحيائية الحيوانية (أي نشاط الأيض/التغذية) باستخدام النُهج الموصوفة من قبل ستراتمان وآخرين (2018) وسويتمان وآخرين (2019).

318 - وينبغي إعداد بيانات وفرة النظائر الطبيعية من الكائنات الحيوانية (δ ^{13}C و δ ^{15}N)، وعينات مصائد الرواسب والرواسب باستخدام مطياف كتلي لقياس نسبة النظائر متاح في المؤسسات الأكاديمية والمختبرات التجارية. وينبغي تصحيح البيانات المستنتجة من العينات المحفوظة أخذا في الاعتبار الاحتفاظ بها في الفورمالين. وينبغي استخدام القيم المصححة بالإضافة إلى مصادر الشبكة الغذائية من أجل تحديد المصادر الغذائية القاعدية التي تتغذى عليها الحيوانات التي أخِذت عينات منها، باستخدام نموذج لخلط النظائر (مثل MixSIAR) (Harbour et al., 2020)، بالإضافة إلى عدد المستويات الغذائية الموجودة داخل الشبكة الغذائية القاعية.

319 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها لتحليل النظائر الطبيعية هي قوائم الأنواع، ونسب (دلتا 13 ك (δ ^{13}C) ودلتا 15 ن (δ ^{15}N)) والكتلة الأحيائية (من حيث ميكروغرامات الكربون والنتروجين)، بالإضافة إلى الطرق التحليلية، وعدد العينات، وتقديرات الخطأ المناسبة.

320 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها من أجل دراسات الوسم النظيري هي كما يلي: قوائم الأنواع، ومعدلات امتصاص الكربون من قبل الميكروبات، والكائنات الحيوانية المتوسطة والضخمة من مصادر عضوية وغير عضوية مختلفة (في mmol C m^{-2} d^{-1})، وتحديد الكائنات الحيوانية الرئيسية التي تتغذى على الميكروبات، وعمق امتزاج المادة العضوية في الرواسب خلال فترات زمنية قصيرة إذا تم جمع عينات من الرواسب خاصة بالكشف عن نظير الكربون العضوي الكلي−13. وينبغي تقديم الوسائل المستخدمة، إلى جانب عدد العينات وتقديرات الأخطاء المناسبة.

321 - وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تسجيل نسب النظائر (δ ^{13}C و δ ^{15}N) في أنسجة الحيوانات القاعية، وإنتاج الكربون غير العضوي المذاب الموسوم بنظير الكربون−13، ونسب النظائر للكربون−13 من الأحماض الدهنية الميكروبية والكتلة الأحيائية الحيوانية، والتوزيع حسب العمق للمخلفات الموسومة بنظير الكربون−13 عبر الرواسب.

322 - وعلى أساس هذه القياسات، ينبغي تحديد ما يلي: كمية الكربون الممتصة في الكتلة الأحيائية للميكروبات والكائنات الحيوانية في قاع البحر لكل منطقة في كل وحدة زمنية (أي نشاط التمثيل الغذائي أو التغذية)، وعدد مستويات التغذية الموجودة داخل الشبكة الغذائية، والمصادر الغذائية السائدة التي تُستهلك، ومساهمة مختلف الأغذية في الأنماط الغذائية لمختلف أنواع الكائنات الحيوانية، والبنية التغذوية للكائنات الحيوانية المتوسطة والكبيرة، ومعدلات دوران الكربون في الميكروبات والكائنات الحيوانية، ومعدلات خلط الرواسب على المدى القصير، ومعدلات التنفس.

حاء - المتغير المقيس: علم السموم الإيكولوجية

323 - من أجل تحديد المخاطر السمية الإيكولوجية المحتملة لتعدين الخامات، ينبغي استخدام مصادر متعددة للبيانات (أو خطوط الأدلة). ويمكن تقسيم مصادر البيانات إلى مكونات منفصلة لإعداد أدلة ذات وزن كاف لتحديد الخطر السمي النسبي لمورد معين وعملية تعدين معينة (نهج وزن الأدلة) (Regoli et al., 2019). ويقدم الدليل العملي بشأن تقييم جودة الرواسب (Simpson and Batley, 2016) المزيد من التفاصيل عن التدابير ذات الصلة، ولكن يجب أن يوضع في الاعتبار أنه لم يتم اختبار أي منها حتى الآن في أعماق البحار.

324 - وينبغي أن يشمل وزن الأدلة البيانات المستمدة من خطوط الأدلة التالية:

(أ) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للرواسب/المعادن؛

(ب) المقايسات البيولوجية المختبرية للسموم الإيكولوجية؛

(ج) التراكم البيولوجي للمعادن في الأنواع الكاشفة؛

(د) الآثار شبه المميتة/الواسمات الأحيائية في الأنواع الكاشفة؛

325 - وينبغي تحليل كل خط من خطوط الأدلة باستخدام أنسب الطرق الكمّية؛ وينبغي تحليل كل واحد منها أثناء جمع البيانات المرجعية.

326 - وينبغي استخدام التوصيف المعدني للموارد والرواسب لتحديد القدر النسبي للأنواع المعدنية والفلزية من أجل تحديد المعادن والخلائط المعدنية التي ستسهم في الخطر السمي العام المحتمل على الأنواع البيولوجية.

327 - وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي أخذ عينات بيولوجية من الأنواع الرئيسية المهيمنة على الكتلة الأحيائية أو الشبكة الغذائية (من ثلاث فئات تصنيفية على الأقل، ولكن انظر المناقشة في الفرع صاد-10-3-2 من ECHA, 2008) لكل من الجزأين القاعي والسطحي (عمق المياه الكامل) في أكثر من أربع مناسبات في دورة موسمية واحدة على الأقل مدتها 12 شهرا من أجل تحديد معدلات مرجعية لتركيز المعادن، والملوثات العضوية الأخرى ومستويات الواسمات الأحيائية، الكيميائية - الأحيائية منها والخلوية، في الأنواع الرئيسية في الطبقات القاعية والعميقة والسحيقة. والواسمات الأحيائية هي إشارات إنذار مبكر بوجود اعتلال كبير في صحة النظام الإيكولوجي (Andersen, 1997؛ و Simpson and Batley, 2016؛ و Mestre et al., 2017).

328 - وينبغي تقييم تنشيط مسارات التطهير من السموم من خلال مقاومات التأكسد باستخدام الاختبارات الراسخة للواسمات الأحيائية (الموجزة في Simpson and Batley, 2016). ومن بينها اختبارات الواسمات الأحيائية لنشاط أنزيم ديسموتاز سوبر أوكسيد في الأنسجة التي تُنجز من خلال التحديد الطيفي لانخفاض بروتين سيتوكروم سي بواسطة نظام أُكْسيدازُ الزَّانْتين/الهيبوزَّانْتين عند مستوى 550 نانومترا (على سبيل المثال: McCord and Fridovich, 1969). وتشمل اختبارات مقاومات التأكسد الأخرى التي يمكن إجراؤها تحديد تركيز بروتين ميتالوثيونين عن طريق التحليل الاستقطابي التفاضلي بالنبض الكهربائي (مثلا: Bebianno and Langstone, 1989؛ و Mourgaud et al., 2002)، والاختبارات الأنزيمية لأنشطة الكاتالاز وبيروكْسيدازُ الغلُوتاثَيون وناقلة الغلُوتاثَيون -سين (Auguste et al., 2016).

329 - وبعد ذلك، ينبغي تحديد السمية الإيكولوجية النسبية لمراحل مختلفة للمعادن السائبة/الرواسب (مثل الجسيمية والمائية) بالنسبة للكائنات البيولوجية باستخدام أنواع بيولوجية تمثِّل الأنواع المعنية في تجارب مختبرية موحدة وخاضعة للمراقبة. ويمكن تحديد السمية العامة لمورد ما دون معرفة مسبقة بالتركيب المعدني الدقيق. وباستخدام بروتوكولات مختبرية راسخة، يمكن تقييم السمية النسبية لمراحل المورد الخام (في ضوء مقاييس المعادن الصافية المعروفة التي يتوقع أن تكون موجودة في ذلك المورد بالذات). وباستخدام بروتوكولات مختبرية راسخة، ينبغي تحديد كمية السمية النسبية لمختلف مراحل المورد العام (في ضوء مقاييس المعادن الصافية المعروفة، مثل CuFeS2). وينبغي إجراء تجارب مائية (مثل المعادن التي تنضّ من سطح معدني كُشف حديثا) وتجارب الطور الصلب من أجل محاكاة عملية التعدين المعتزم القيام بها، وتكرار الأجزاء/حجم الجسيمات ومدة/درجة حرارة عملية النض (مثلا: Brown and Hauton, 2018؛ وKnight et al., 2018). وينبغي الرجوع إلى مؤلف سيمبسون وباتلي (2016) والبروتوكولات القياسية المعترف بها دوليا واستخدامها لتحديد السمية الإيكولوجية للموارد الخام (على سبيل المثال: ECHA 2008 و ECHA 2016).

330 - وينبغي تقييم السمية المحتملة للانبعاثات العمودية للرواسب المفرغة الناتجة عن عمليات إزالة المياه بالنسبة للأنواع البيولوجية الممثِّلة للأنواع المعنية كلها على العمق المقرر للتصريف على أساس خطة المشغل للاستخراج والرفع إلى السطح ونزح المياه والشحن. وقد تشمل الأنواع البيولوجية النموذجية البكتيريا الزرقاء التي تم زرعها (مثل البروكلوروكوكوس أو المتعاقبة الحبيبية أو السيانوبيوم)، في الطبقة البحرية العلوية، والعوالق الحيوانية (مثل مجذافيات الأرجل الكالانية أو السكلوبية) أو اللاسعات (أو العوالق الحيوانية الجيلاتينية المماثلة) (مثل قناديل أوريليا أو شقائق النيماتوستيلا) بالنسبة لأعمدة التصريف في المنطقتين الوسطى والسحيقة، وكذلك الأسماك (مثل أوريزياس ميلاستيغما) (Bo et al., 2011؛ و Kong et al., 2008).

331 - وينبغي تحديد التركيز القاتل (LC50) أو السمية بجرعة قاتلة (LD50) للانبعاثات العمودية للرواسب المفرغة الناتجة عن عمليات نزح المياه بالنسبة لأنواع الكائنات الحيوانية الكبيرة المعنية، جنبا إلى جنب مع الآثار السامة المزمنة أو شبه المميتة للتعرض للمراحل الصلبة أو المائية للمعدن السائب أو عمود إزالة المياه، ونشاط الواسمات الأحيائية الأكثر أهمية.

طاء - المتغير المقيس: الثدييات البحرية وأسماك القرش والسلاحف والسوابح السطحية

332 - لجمع المعلومات عن الثدييات البحرية وأسماك القرش والسلاحف والسوابح السطحية، ينبغي استخدام مزيج من خطوط المراقبة البصرية من على متن السفن وفقا للطرق المعيارية المبينة في مؤلفات باكلاند وآخرين (2001) وبارلو وفورني (2007) وفيرسوس وآخرين (2018) وعلى الموقع الشبكي لمشروع SCANS II. وينبغي أن يتم ذلك في كل محطة خلال ساعات النهار مع تحرك السفينة بسرعة ثابتة تتراوح بين 9 و 10 عقد بحرية على طول نمط شبكي، ويكمّل ذلك استخدام مسامع مائية مقطورة للكشف عن أصوات الثدييات البحرية. وينبغي استكمال المعلومات التي جُمعت بهذه الطريقة بالبيانات المستمدة من محطات الرصد الصوتي السلبي المنشورة على المراسي الأوقيانوغرافية لرصد أصوات الثدييات البحرية باستمرار على مدى عدة دورات سنوية كاملة.

333 - والبارامترات التي ينبغي تسجيلها هي حجم المجموعات والأنواع التي تصادف (بالنسبة للثدييات البحرية قد يكون من الممكن تحديد أفراد معينين) ووفرة هذه الأنواع. وينبغي التقاط صور حيثما أمكن القيام بذلك.

ياء - المتغير المقيس: الطيور البحرية

334 - من أجل الفهم الشامل لتوزيع ووفرة الطيور البحرية وآثار أي نشاط بشري عليها في البحر، ينبغي الحصول على المعلومات من عدة مصادر. وينبغي رصد انجذاب الطيور البحرية إلى الهياكل الأساسية والسفن (العابرة والواقفة على حد سواء) واصطدام الطيور البحرية بالهياكل الأساسية والسفن، وينبغي إجراء تعدادات منتظمة للطيور البحرية، وينبغي تجميع وتحليل بيانات تتبع الطيور البحرية التي سبق جمعها، بما في ذلك مجموعات البيانات المتاحة بسهولة من خلال نظام المعلومات الجغرافية فيما يتعلق بالخرائط مثل مناطق الطيور والتنوع البيولوجي البحرية الهامة ومناطق التنوع البيولوجي الرئيسية، وينبغي تحليل برامج الرصد في مواقع التوالد ذات الصلة (مثل الأعداد المتعلقة بالتوالد أو البارامترات الديموغرافية أو نجاح عملية التوالد). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تتبع الأنواع والمجموعات المهمة حيثما أمكن ذلك.

335 - وينبغي دراسة وفرة الطيور البحرية وانجذابها من منصات أو سفن ثابتة باستخدام المسوح البصرية أو التصوير أو الرادارات. وينبغي إجراء مسوحات بصرية من سفن ثابتة باستخدام عمليات العد الفوري للطيور، التي يشار إليها أيضا باسم "عمليات العد الخاطفة"، ضمن شعاع نصف دائرة (عادة ما يصل إلى 300 إلى 500 متر) لمدة 10 دقائق إلى 15 دقيقة على فترات زمنية منتظمة (على سبيل المثال، من 20 إلى 60 دقيقة) (Gjerdrum et al., 2012؛ و Bolduc and Fifield, 2017). وينبغي استخدام الرادارات البحرية لتقدير وفرة الطيور البحرية ومخاطر الاصطدام (Gauthreaux and Belser, 2003؛ و Desholm and Kahlert, 2005؛ و Bertram et al., 2015؛ و Assali et al., 2017). وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تقييم وفرة الطيور البحرية وانجذابها عن طريق تعداد الطيور البحرية باستخدام خطوط مراقبة من السفن أو الطائرات (Camphuysen et al., 2004؛ و Ronconi and Burger, 2009؛ و Gjerdrum et al., 2012).

336 - وينبغي، كلما أمكن، جمع جثث الطيور البحرية التي قتلت في الاصطدامات في عمليات بحث منهجية، وحفظها مجمدة في هياكل أساسية دائمة للرجوع إليها مستقبلا فيما يتعلق بالملوثات الناشئة، وتحليلها بحثا عن الملوثات في أنسجة متنوعة (Gochfeld, 1973؛ و Barbieri et al., 2010؛ و Amélineau et al., 2016). والغرض من ذلك هو وضع نقطة مرجعية يمكن من خلالها مقارنة محتوى الأنسجة في الجثث التي تُجمع أثناء العمليات. وينبغي تحليل طائفة واسعة من الملوثات، ولا سيما تلك الملوثات التي يمكن إطلاقها أثناء أنشطة التعدين.

337 - وينبغي طلب مجموعات البيانات ذات الصلة واستخدامها لتقييم أهمية منطقة معينة للطيور البحرية (من بين الحيوانات المفترسة البحرية الأخرى). وتوجد بيانات التتبع في البحر بالنسبة للعديد من الحيوانات المفترسة البحرية الكبرى. وتوجد حاليا عدة مبادرات عالمية يجري في إطارها بانتظام جمع وتحليل المعلومات عن الأنواع البحرية المهاجرة لتحديد المناطق الهامة في البحر، بما في ذلك مناطق الطيور والتنوع البيولوجي الهامة (https://maps.birdlife.org/marineibas) ومناطق التنوع البيولوجي الرئيسية (www.keybiodiversityareas.org). ومن بين تلك المبادرات، هناك قاعدة بيانات تتبع الطيور البحرية

(www.seabirdtracking.org/)، و "الترابط بين الأنواع المهاجرة في المحيط" (https://mico.eco)، وقاعدة بيانات تتبع الحيوانات "موفبانك" (www.movebank.org/cms/movebank-main) (Movebank).

338 - وبفضل بيانات التتبع، يمكن تحديد المكان الأصلي الذي جاءت منه الطيور البحرية التي تصادف في منطقة معينة، وبالتالي يمكن تحديد مجموعاتها الأصلية ورصدها. وتسمح بيانات التتبع أيضا بالحصول على تقديرات دقيقة لحجم المجموعات وتحديد الأنواع التي تزور منطقة معينة (يصعب تحديد بعضها في البحر من سفينة أو منصة)، والحالة من حيث التوالد، والتباين الموسمي، والمجموعات المحددة التي تزور تلك المنطقة، وحتى عمر الحيوانات الزائرة وتكوينها من حيث الجنسين. وينبغي استخدام المعلومات لتحديد مستعمرات التوالد الأصلية. وتوفر برامج الرصد التي تنفذ في مستعمرات التكاثر تلك بيانات مرجعية إضافية ينبغي استعراضها.

339 - وينبغي تسجيل البارامترات على مدار السنة، على النحو التالي:

(أ) من المسوحات البصرية أو التعدادات أو التصوير أو عمليات العد بالرادارات: الوفرتان النسبية والمطلقة للطيور البحرية التي تم تحديدها إلى أدنى مستوى تصنيفي ممكن، عادة على مستوى الأنواع، و، كلما أمكن ذلك، حسب الجنس والعمر والتغيرات الموسمية والتغيرات في لون الريش؛ ومؤشرات التنوع؛ واستخدام المنطقة والطريق الملاحي مع مرور الوقت؛

(ب) من بيانات التتبع: النسبة المقدرة للطيور من كل مستعمرة في منطقة محددة وعلى طول طريق ملاحي محدد التي تستخدم تلك المنطقة أو ذلك الطريق الملاحي بمرور الوقت، محددة حسب الأنواع، والمجموعة، ومستعمرة التوالد، والحالة من حيث التوالد، والجنس، والعمر؛

(ج) من برامج الرصد: حجم المجموعات، ونجاح عملية التوالد، وبقاء الفراخ والطيور غير البالغة والبالغة حية، والعمر عند الضم إلى المجموعة، والاتجاهات في المجموعات، وتقديرات قابلية المجموعات للبقاء والوقت المتبقي حتى الانقراض؛

(د) من الاصطدامات والجثث التي تم جمعها: أعداد الأموات يوميا مع مرور الوقت مصنفة حسب الأنواع والجنس والنضج الجنسي وتغير الريش وحالة الجسم. وينبغي جمع أنسجة من الكبد والعضلات والدهون والريش، وتركيز الملوثات (قائمة اتفاقية استكهولم) في تلك الأنسجة المحددة؛ وينبغي تحليل محتوى المعدة وتحديد كمية الجسيمات البلاستيكية الدقيقة والألياف الدقيقة في المعدة.

كاف - جودة البيانات

340 - فيما يتعلق بأخذ العينات من الناحية الزمانية، ينبغي إعادة زيارة المنطقة العامة نفسها كما في عمليات المسح السابقة حيثما أمكن ذلك. وينبغي أن تكون العينات المأخوذة للتحليل الزمني ذات حجم كاف لتحديد دقيق للبارامترات الهامة. ولتحسين قابلية المقارنة، ينبغي إبقاء حجم العينات ثابتا بين عمليات المسح.

341 - وينبغي توحيد مجموعات البيانات التي يجمعها أو يحللها باحثون مختلفون لتمكين المقارنة. وهذا مهم بشكل خاص في التحقيقات خلال سلاسل زمنية أو التحقيقات التي يستعان فيها بخدمات متعهدين متعددين. وعندما توجد أوجه عدم اتساق، يلزم زيادة مراقبة الجودة.

342 - ويمكن إجراء مقارنات بين مسوح الكائنات الحيوانية الضخمة حتى وإن لم تكن منهجيات الحصول على المعلومات متطابقة. ومع ذلك، تتوقف المقارنة القوية على الصور المحددة (المحدد حجمها) بدقة واتساق جودة الصورة قدر الإمكان (فيما يتعلق بالدقة والإضاءة وتوازن الألوان وغير ذلك). وبالنسبة لأي مقارنات لاحقة، ينبغي تقييم إمكانية التحيز المنهجي بين عمليات المسح تقييما دقيقا؛ فعلى سبيل المثال، ينبغي تقييم الأنماط الرئيسية لمراقبة الأصناف لضمان تمايزها بوضوح في مجموعات بيانات مختلفة. وينبغي أن يُفترض أن هناك تحيزا منهجيا إلى أن يثبت العكس.

343 - ولكي تكون جودة الصور مناسبة، ينبغي أن تكون الإضاءة كافية للحفاظ على تغطية شبه موحدة لصورة قاع البحر بأكملها على الارتفاع المستهدف، وينبغي الحفاظ على قياسات الصورة مثل التكبير وتعرض آلة التصوير للضوء ثابتة طوال فترة المسح، وينبغي عدم تحريك آلة التصوير نسبة إلى منصة آلة التصوير لأي مقطع (على سبيل المثال باستخدام وحدة لتحريك آلة التصوير أفقيا وعموديا على مركبة تُشغل من بعد).

344 - وينبغي قياس جميع الصور بدقة باستخدام نهج مسح تصويري، وهو ما يتطلب معلومات دقيقة عن الارتفاع الذي تؤخذ منه الصورة والمسافة بين عناصر الصورة (البيكسيلات) وشريط الصور. وينبغي أن تكون بيانات مقياس الارتفاع دقيقة بما لا يتعدى 10 مم. وينبغي الحصول على صور تجريبية بمقياس معروف في قاع البحر للتحقق من الحسابات. واستخدام أشعة الليزر الموجهة إلى قاع البحر هو نهج بديل.

345 - ولا يمكن تحديد العديد من الكائنات الحية على مستوى الأنواع إلا من خلال فحص السمات غير المرئية في الصور (مثل السمات الخفية أو الداخلية أو المجهرية). وتتطلب النهج الجزيئية وغيرها (مثل علم الجينوميات أو النسخيات أو علم الوراثة الديمغرافي) مواد من العينات. ولذلك، ينبغي الحصول على عينات دقيقة من العينات الفردية التي ترتبط بالصور في الموقع والصور خارج الموقع وعينات الأنسجة وعينة للتحليل المورفولوجي من نفس الفرد. والطريقة الأفضل للحصول على هذه العينات هي مركبة تُشغل عن بعد أو يشغلها الإنسانُ. وهذا مهم بشكل خاص بالنسبة للعديد من الأصناف، ولا سيما الأشكال الرخوة الجسم (مثل شقائق النعمان البحرية)، التي تظهر مختلفة جدا وهي حية في قاع البحر عما تبدو عليه على السطح بعد إخراجها.

346 - وينبغي أن تكون عمليات التحديد كلها على أدنى مستوى تصنيفي ممكن. وبالإضافة إلى ذلك، ينبغي تقديم المفاتيح التصنيفية والمراجع المستخدمة لتحديد التسميات من أجل ضمان المعادلة بين المحددات.

347 - وينبغي أن يسفر التحديد الجزيئي من خلال الترميز الخطي (متواليات سانغر) والترميز الخطي الوصفي (متغيرات متوالية الأمبليكون) عن قائمة أنواع أو أجناس يتم الحصول عليها عن طريق مطابقة البيانات الجينية المكتسبة مع البيانات المتاحة في قواعد البيانات المرجعية العامة مثل المصرف الجيني (GenBank) (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank). ويمكن تحقيق ذلك بواسطة أداة البحث الأساسية عن المواءمة الموضعية للمتواليات (Blast) أو أداة التصنيف لمشروع قاعدة بيانات الريباسات.

348 - والطريقة المناسبة لتقييم الكتلة الأحيائية هي عن طريق نموذج لدورة المادة في البيئة؛ وفي هذا الصدد، فالتصنيف على أساس الحجم أفضل من التصنيف على أساس النوع.

349 - وعندما تكون هناك حاجة إلى عينات أكبر مما يمكن جمعه باستخدام نُهج محددة، قد يكون من المناسب أخذ عينات باستخدام شباك الجر القاعية أو الزلاجات القاعية. وينبغي بذل العناية لأن هذه التقنيات قد تؤدي إلى اضطراب في مناطق واسعة نسبيا من قاع البحر، وقد يتطلب استخدامها إجراء تقييم للأثر البيئي (انظر ISBA/25/LTC/6/Rev.1 بالاقتران مع ISBA/25/LTC/6/Rev.1/Corr.1) وقد يؤثر على الجهود الأخرى لأخذ العينات.

350 - ولتقرير ما إذا كان قد تم جمع عدد كاف من الأفراد لتحديد خصائص المجموعات، يجب وضع منحنى المجمّع، الذي يشار إليه أيضا باسم تحليل تشاو. ومن المرجح أن يكون ذلك مطلوبا نظرا للأعداد المنخفضة للأفراد والتنوع الكبير.

351 - ولضمان متانة الإحصاءات، ينبغي أخذ عدد كاف من العينات المماثلة. ويتوقف عدد العينات المماثلة على كثافة أو غنى الصنف موضع الاهتمام وتباينه. ولإثبات متانة الإحصاءات، ينبغي الإبلاغ عن القوة المحددة لتحليل للتباين قبل وبعد مراقبة الأثر على أساس البيانات الفعلية التي يوفرها خط الأساس. وينبغي تقديم تحليل القوة مع مراعاة مقياس كوهين لحجم الأثر من حيث الاختلاف (الاختلاف القليل = 0,2، والاختلاف المتوسط = 0,5، الاختلاف الكبير=0,8) (Cohen, 1988). وينبغي توفير عدد العينات المماثلة اللازمة لتحقيق قوة قدرها 95 في المائة (Ardron et al. 2019).

352 - ويتوقف عدد العقيدات اللازمة لدراسة الرابطة الحيوانية على وفرة العقيدات في منطقة الدراسة وعدد العقيدات التي جُمعت فعلا في ملباب مكعب أو أداة لاستخراج العينات. وينبغي جمع ما لا يقل عن حوالي 25 عقيدة عشوائيا لدراسة التنوع البيولوجي القاعي. ولتحسين تغطية العينات من الناحية المكانية، ينبغي أخذ عينات من ثلاث عينات لبية مكعبة على الأقل في كل منطقة فيزيوغرافية أثناء إعداد البيانات المرجعية ودراسة الرصد.

353 - وعندما يكون تصميم أخذ العينات غير متوازن، ينبغي تخفيض مؤشرات التنوع إلى أدنى عدد من التكرارات.

354 - وأعداد الطيور البحرية محددة لموقع معين؛ ولن يكون ممكنا تحديد أصل الطيور البحرية الملاحظة أو حالتها من حيث التوالد أو عمرها أو جنسها. وتحديد نوع الطيور البحرية في البحر ليس بالمهمة السهلة، وينبغي أن يقوم به عالم طيور مدرب باستخدام أحد الأدلة العالمية لتحديد أنواع الطيور البحرية (مثل Harrison, 2000؛ و Howell and Zuflet, 2019). ومعظم بيانات تتبع الطيور البحرية متحيزة أو تقتصر على أنواع معينة (بعضها صغير، ولكن معظمها متوسط إلى كبير الحجم) وفترات معينة من الدورة السنوية ومراحل حياة معينة (عادة ما تكون طيورا بالغة تتوالد).

لام - إدارة البيانات

355 - ينبغي إعداد بيانات وصفية لجميع العينات التي أخِذت، بما في ذلك العمق وخط العرض وخط الطول والطبقة التحتية التي تتم فيها (مثل العقيدات والحيوانات القاعية والعلاقة بالكائنات الحية الأخرى). وعلى أساس البيانات الوصفية، ينبغي وضع كتالوجات للأنواع باستخدام تصميم "داروين كور" (Darwin Core).

356 - وينبغي إيداع عينات مرجعية لجميع العينات في المتاحف أو مرافق التجميع الوطنية لإتاحتها للأوساط العلمية. وينبغي أن يتم ذلك باستخدام طريقة تخزين مناسبة للتحليل (مثل الفورمالين أو الإيثانول

بالنسبة للتحديد المورفولوجي، والإيثانول أو التجميد بالنسبة للتحليل الجزيئي). ولا تسمح بعض أساليب التحليل (مثل علم السموم الإيكولوجية) بتخزين العينة بكاملها؛ وفي مثل هذه الحالات، ينبغي أن تؤخذ عدة عينات للأنسجة (على الأقل العضلات والريش والدهون المعوية والكبد) وتخزن بشكل فردي.

357 - وينبغي الحفاظ على ما يُستخرج من الحمض النووي في مرافق التبريد الشديد في المتاحف. وينبغي إيداع المتواليات الجينية في مستودعات مجانية مثل المصرف الجيني (www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank) أو نظام بيانات المتواليات الجينية للكائنات الحية (www.boldsystems.org). وينبغي إيداع الأنماط الجينية في مستودعات مجانية مثل Dryad (https://datadryad.org/stash) أو Pangaea (www.pangaea.de). وينبغي إيداع بيانات تحديد متواليات الحمض النووي المرتبطة بمواضع التقييد في مستودعات مجانية مثل قاعدة بيانات أرشيف متواليات الحمض النووي للمركز الوطني لمعلومات التكنولوجيا الحيوية (www.ncbi.nlm.nih.gov/sra). وينبغي حفظ بيانات تحديد المتواليات بطريقة سانغر أو الطريقة العالية الإنتاجية في قواعد بيانات متاحة للجمهور إلى جانب جميع البيانات الوصفية ذات الصلة، ولا سيما المعلومات المتعلقة بالإسناد الجغرافي. وينبغي استخدام المصرف الجيني بالنسبة للبيانات المعدة بطريقة سانغر وينبغي استخدام أرشيف متواليات الحمض النووي بالنسبة للبيانات الناتجة عن تحديد المتواليات العالي الإنتاجية؛ وتجدر الإشارة إلى أنه ينبغي تحميل البيانات الناتجة عن تحديد المتواليات العالي الإنتاجية بشكل مفصل، أي ملفا متواليات لكل عينة.

358 - وينبغي توثيق عمليات تحديد الأنواع، حيثما أمكن، باستخدام أدلة فوتوغرافية، في حالة الحاجة إلى إعادة النظر في المعلومات.

359 - ومن الناحية المثالية، ينبغي تخزين الصور كما تم الحصول عليها بواسطة آلة التصوير (في شكل الملف الخام) وفي نسختها المعالجة من أجل التحليل (في شكل ملف آخر). وينبغي ربط كل من ملفات الصور الخام والمعالَجة بالبيانات الوصفية للمسح عن طريق إعطاء اسم صورة فريد لها، بحيث يمكن الجمع بين مجموعات البيانات بسهولة.

360 - وينبغي تقديم البيانات والمعلومات الخام عن مكان وطريقة تخزين العينات إلى السلطة الدولية لقاع البحار في إطار التقارير السنوية وكبيانات وصفية في بيانات المتعاقد المقدمة لإدراجها في قاعدة بيانات السلطة (DeepData).

ثامنا - المراجع

Allen, JT, Fuda, J-L Perivoliotis, L, Munoz-Mas, C, Alou, E, Reeve, K (2018) Guidelines for the delayed mode scientific correction of glider data. WP 5, Task 5.7, D5.15. Version 4.1. Palma de Mallorca, Spain, SOCIB – Balearic Islands Coastal Observing and Forecasting System for JERICO-NEXT, 20pp (JERICO-NEXT-WP5-D5.15-140818-V4.1) http://dx.doi.org/10.25607/OBP-430.

Allen, JT, Munoz, C, Gardiner, J, Reeve, KA, Alou-Font, E, Zarokanellos, N (2020) Near-Automatic Routine Field Calibration/Correction of Glider Salinity Data Using Whitespace Maximization Image Analysis of Theta/S Data. Frontiers in Marine Science, 7:398,14pp. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00398.

Alve, E, Korsun, S, Schönfeld, J, Dijkstra, N, Golikova, E, Hess, S, Husum, K, Panieri, G (2016) Foram-AMBI: a sensitivity index based on benthic foraminiferal faunas from North-East Atlantic and Arctic fjords, continental shelves and slopes. Mar. Micropaleontol. 122, 1–12.

Amélineau F, Bonnet D, Heitz O, Mortreux V, Harding AMA, Karnovsky N, Walkusz W, Fort J, Grémillet D (2016) Microplastic pollution in the Greenland Sea: Background levels and selective contamination of planktivorous diving seabirds. ENVIRON POLLUT 219:1131-1139.

Andersen, NR (1997) An early warning system for the health of the oceans. Oceanography 10.1 (1997): 14-23. https://doi.org/10.5670/oceanog.1997.39.

Andrews KR, Good JM, Miller MR, Luikart G, Hohenlohe, PA (2016) Harnessing the power of RADseq for ecological and evolutionary genomics. Nature Reviews Genetics, 17, 81–92.

Ardron JA, Simon-Lledó E, Jones DO, Ruhl HÁ (2019). Detecting the Effects of Deep-Seabed Nodule Mining: Simulations Using Megafaunal Data from the Clarion-Clipperton Zone. Frontiers in Marine Science, 6:604.

Assali C, Bez N, Tremblay Y (2017) Seabird distribution patterns observed with fishing vessel's radar reveal previously undescribed sub-meso-scale clusters. Scientific Reports 7:1423 .

Auguste, M, Mestre, NC, Rocha, TL, Cardoso, C, Cueff-Gauchard, V, Le Bloa, S, Cambon-Bonavita, MA, Shillito, B, Zbinden, M, Ravaux, J, Bebianno, MJ (2016) Development of an ecotoxicological protocol for the deep-sea fauna using the hydrothermal vent shrimp Rimicaris exoculata. Aquatic Toxicology 175: 277–285. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.03.024.

Barbieri E, Passos EDA, Filippini A, Dos Santos IS, Garcia CAB (2010) Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (Larus dominicanus) sampled in the Florianópolis, SC, Brazilian coast. ENVIRON MONIT ASSESS 169:631-638 .

Barlow, J, Forney, KA (2007) Abundance and population density of cetaceans in the California Current ecosystem. Fishery Bulletin, 105, 509–526.

Basu, S, Jones, A, Mahzari, P (2020) Best Practices for Shale Core Handling: Transportation, Sampling and Storage for Conduction of Analyses. Journal of Marine Science and Engineering, 8(2):136. https://doi.org/10.3390/jmse8020136 .

Becker, S., Aoyama, M., Woodward, E.M.S., Bakker, K., Coverly. S., Mahaffey, C., Tanhua, T. (2019) GO-SHIP Repeat Hydrography Nutrient Manual: The precise and accurate determination of dissolved inorganic nutrients in seawater, using Continuous Flow Analysis methods. In: GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1.1, 56 pp. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-555.

Bebianno, MJ, Langston, WJ (1989) Quantification of metallothioneins in marine invertebrates using differential pulse polarography. Portugaliae Electrochimica Acta 7: 511–524.

Beerli, P, Palczewski, M (2010) Unified framework to evaluate panmixia and migration direction among multiple sampling locations. Genetics, 185(1), 313-326.

Benoit-Bird, KJ, Moline, MA, Southall, BL (2017) Prey in oceanic sound scattering layers organize to get a little help from their friends. Limnol. Oceanogr. 62, 2017, 2788–2798.

Bernstein, BB, Hessler, RR, Smith, R, Jumars, PA (1978) Spatial dispersion of benthic Foraminifera in the abyssal central North Pacific, Limnology and Oceanography 23: 401-416.

Bertram, DF, Drever, MC, McAllister, MK, Schroeder, BK, Lindsay, DJ, Faust, DA (2015) Estimation of coast-wide population trends of Marbled Murrelets in Canada using a Bayesian hierarchical model. PloS one, 10(8), e0134891.

Bhadury, P, Austen, MC, Bilton, DT, Lambshead, PJD, Rogers, AD, Smerdon, GR (2006) Development and evaluation of a DNA-barcoding approach for the rapid identification of nematodes. Marine Ecology Progress Series 320: 1-9.

Biber, A, Korakci, A, Golick, A, Robinson, S, Hayman, G, Ablitt, J, Barrera-Figueroa, S, Buogo, S, Mauro, S, Borsani, J, Curcuruto, S, Linné, M, Sigray, P, Davidsson, P (2018) Calibration standards for hydrophones and autonomous underwater noise recorders for frequencies below 1 kHz: current activities of EMPIR "UNAC-LOW" project. ACTA IMEKO. 7. 32. http://dx.doi.org/10.21014/acta_imeko.v7i2.542.

Bishop, JKB, Lam, PJ, Wood, TJ (2012), Getting good particles: Accurate sampling of particles by large volume in-situ filtration, Limnol. Oceanogr. Methods, 10, https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.681.

Bittig, HC, Körtzinger, A, Neill, C, van Ooijen, E, Plant, JN. Hahn, J (2018): Oxygen Optode Sensors: Principle, Characterization, Calibration, and Application in the Ocean. In: Frontiers in Marine Science 4, S. 429. https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00429.

Bo, J, Cai, L, Xu, JH, Wang, KJ, Au, DWT (2011) The marine medaka Oryzias melastigma - A potential marine fish model for innate immune study. Marine Pollution Bulletin 63: 267–276. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.014.

Boetius, A, Wenzhöfer, F (2013) Seafloor oxygen consumption fuelled by methane from cold seeps. Nature Geosciences 6: 725-734, https://doi.org/10.1038/ngeo1926.

Bolduc, F, Fifield, DA (2017). Seabirds at-sea surveys: The line-transect method outperforms the point-transect alternative. The Open Ornithology Journal, 10(1).

Boss, E, Guidi, L, Richardson, MJ, Stemmann, L, Gardner, W, Bishop, JKB, Anderson, RF, Sherrell, RM (2015) Optical techniques for remote and in-situ characterization of particles pertinent to GEOTRACES, Progress in Oceanography, Volume 133, April 2015, 43-54, http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2014.09.007.

Boxhammer, T, Taucher J, Bach LT, Achterberg EP, Algueró-Muñiz M, Bellworthy J, et al. (2018) Enhanced transfer of organic matter to higher trophic levels caused by ocean acidification and its implications for export production: A mass balance approach. PloS ONE 13(5): e0197502.

Breitwieser, FP, Lu, J, Salzberg, SL (2017) A review of methods and databases for metagenomic classification and assembly. Briefings in Bioinformatics, 20(4) 1-15. https://doi.org/10.1093/bib/bbx120.

Brown, A, Hauton, C (2018) Ecotoxicological responses to chalcopyrite exposure in a proxy for deep-sea hydrothermal vent shrimp: Implications for seafloor massive sulphide mining. Chemistry and Ecology 34: 391-396. https://doi.org/10.1080/02757540.2018.1427231.

Buckland, ST, Anderson, DR, Burnham, KP, Laake, JL, Borchers, DL, Thomas, L (2001) Introduction to distance sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford, UK: Oxford University Press.

Bushnell, M, Waldmann, C, Seitz, S, Buckley, E, Tamburri, M, Hermes, J, Henslop, E, Lara-Lopez, A, (2019) Quality Assurance of Oceanographic Observations: Standards and Guidance Adopted by an International Partnership. Front. Mar. Sci. 19. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00706.

Camphuysen CJ, Fox AD, Leopold MF, Petersen IK (2004) Towards standardized seabirds at-sea census techniques in connection with environmental impact assessments for offshore wind farms in the U.K: A comparison of ship and aerial sampling methods for marine birds and their applicability to offshore wind farm assessments. Texel 2004; pp. 37.

Carey WM, Evans RB (2011) Ocean Ambient Noise: Measurement and Theory. The Underwater Acoustics Series. Springer New York 266pp.

Christodoulou M, O'hara T, Hugall AF, Khodami S, Rodrigues CF, Hilario A, Vink A, Martinez Arbizu P (2020). Unexpected high abyssal ophiuroid diversity in polymetallic nodule fields of the northeast Pacific Ocean and implications for conservation. Biogeosciences 17, 1845-1876. https://doi.org/10.5194/bg-17-1845-2020.

Cohen J (1988), Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.), New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Cook, AB, Sutton TT, Galbraith JK, Vecchione, M (2013) Deep-pelagic (0–3000m) fish assemblage structure over the Mid-Atlantic Ridge in the area of the Charlie-Gibbs Fracture Zone. Deep Sea Research Part II, 98B: 279-291, https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.09.003.

Coppola, L, Ntoumas, M, Bozzano, R, Bensi, M, Hartman, SE,Charcos Llorens, Mi, Craig, J, Rolin, J-F, Giovanetti, G, Cano, D, Karstensen, J, Cianca, A, Toma, D, Stasch, C, Pensieri, S, Cardin, V, Tengberg, A, Petihakis, G, Cristini, L (2016) Handbook of best practices for open ocean fixed observatories. European Commission, FixO3 Project, 127pp (European Commission, FixO3 project, FP7 Programme 2007-2013 under grant agreement n° 312463). http://hdl.handle.net/11329/302.

Cox, MJ, Letessier TB, Brierley AS (2013) Zooplankton and micronekton biovolume at the Mid-Atlantic Ridge and Charlie–Gibbs Fracture Zone estimated by multi-frequency acoustic survey, Deep Sea Research Part II, 98B: 269-278, https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.07.020.

Danovaro R, Fanelli E, Aguzzi J, Billett D, Carugati L, Corinaldesi C, Dell'Anno A, Gjerde K, Jamieson AJ, Kark S, McClain C, Levin L, Levin N, Ramirez-Llodra E, Ruhl E, Smith CR, Snelgrove PVR, Thomsen L, Van Dover CL and Yasuhara M (2020) Ecological variables for developing a global deep-ocean monitoring and conservation strategy. Nature Ecology & Evolution 4, 181-192.

Data Buoy Cooperation Panel (2011) Sea surface salinity quality control processes for potential use on data buoy observations. Version 1.3, Geneva, Switzerland, Interngovernmental Oceangraphic Commission/World Meteorological Organozation, 17pp (DBCP Technical Document 42). http://dx.doi.org/10.25607/OBP-415.

Davies AJ, Duineveld GCA, Lavaleye MSS, Bergman MJN, van Haren H, Roberts JM (2009). Downwelling and deep-water bottom currents as food supply mechanisms to the cold-water coral Lophelia pertusa (Scleractinia) at the Mingulay Reef complex. Limnology and Oceanography 54:620-629.

Desholm, M, Kahlert, J (2005). Avian collision risk at an offshore wind farm. Biology letters, 1(3), 296-298.

Dickson, AG, Sabine, CL, Christian, JR (eds) (2007) Guide to best practices for ocean CO2 measurement. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization, 191pp (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8).

Duran Munoz P, Sacau M, Garcfa-Alegre A. Roman E (2020) Cold-water corals and deep-sea sponges by-catch mitigation: Dealing with groundfish survey data in the management of the northwest Atlantic Ocean high seas fisheries, Marine Policy 116. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103712.

ECHA (2008) Guidance on information requirements and chemical safety assessment Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment. 65pp. https://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r10_en.pdf.

ECHA (2016) Guidance on information requirements and Chemical Safety Assessment Chapter R.16: Environmental exposure assessment. 178pp. http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r16_en.pdf.

EGO Gliders Data Management Team (2020) EGO gliders NetCDF format reference manual NetCDF conventions Reference tables and files distribution Version 1.3. IFREMER, 67pp. https://doi.org/10.13155/34980.

Erickson, ZK, Frankenberg, C, Thompson, DR, Thompson, AF, Gierach, M (2019). Remote sensing of chlorophyll fluorescence in the ocean using imaging spectrometry: Towards a vertical profile of fluorescence. Geophysical Research Letters. https://doi.org/10.1029/2018GL081273.

EuroGOOS DATA-MEQ Working Group (2010) Recommendations for in-situ data Near Real Time Quality Control [Version 1.2]. EuroGOOS, 23pp.

European Commission (2011) EUR 24872 – Guide to best practices for ocean acidification research and data reporting. Riebesell U, Fabry VJ, Hansson L, Gattuso J-P (eds.), Publication Office of the European Union, Luxembourg, 260 pp., doi:10.2777/66906.

Firing,E, Hummon, JM (2010) Shipboard ADCP measurements – The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. IOCCP Report No. 1, ICPO Publications Series No. 134, Version 1.

Garcia, R, Rigaud V, Huvenne, V. Morris K, Marsh, L, Köser, K, Greinert, J, Jones, D (2015) 3.1.2 Optical seafloor monitoring including image analysis techniques. MIDAS D10.1: Compilation of existing deep-sea ecosystem monitoring technologies in European research and industry: Assessment of applicability and identification of gaps, p.45-51.

Gauthreaux, SA(Jr), Belser, CG (2003). Radar ornithology and biological conservation. The Auk 120: 266–277.

Geibert, W, Stimac, I, Rutgers van der Loeff, MM, Kuhn, G (2019) Dating Deep-Sea Sediments With 230Th Excess Using a Constant Rate of Supply Model. Paleoceanography and Paleoclimatology, 34. 1895-1912. https://doi.org/10.1029/2019PA003663.

GEOTRACES Cookbook: Sampling and Sample-handling Protocols for GEOTRACES Cruises (Cookbook, version 3.0, 2017), https://www.geotraces.org/methods-cookbook/.

Giering, SLC, Cavan, EL, Basedow, SL, Briggs, N, Burd, AB, Darroch, LJ, Guidi, L, Irisson, J.-O, Iversen, MH, Kiko, R, Lindsay, D, Marcolin, CR, McDonnell, AMP, Möller, KO, Passow, U, Thomalla, S, Trull, TW, Waite, AM (2020) Sinking Organic Particles in the Ocean—Flux Estimates From in situ Optical Devices. Front. Mar. Sci.18. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00834.

Gieskes, J, Gamo, T, Brumsack, H (1991) Chemical methods for interstitial water analysis aboard JOIDES Resolution. ODP Tech Note, 15. Doi:10.2973/odp.tn.15.1991.

Gjerdrum, C, Fifield, DA, Wilhelm, SI (2012) Eastern Canada Seabirds at Sea (ECSAS) standardized protocol for pelagic seabird surveys from moving and stationary platforms. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No. 515. Atlantic Region. Vi + 37 pp .

Glover, AG, Dahlgren, TG, Wiklund, H, Mohrbeck, I, Smith, CR (2016) An end-to-end DNA taxonomy methodology for benthic biodiversity survey in the Clarion-Clipperton Zone, central Pacific abyss. Journal of Marine Science and Engineering, 4(1), 2.

Gochfeld M (1973) Effect of artefact pollution on the viability of seabird colonies on Long Island, New York. Environmental Pollution (1970) 4:1-6.

Goineau, A, Gooday, AJ (2017) Novel benthic foraminifera are abundant and diverse in an area of the abyssal equatorial Pacific licensed for polymetallic nodule exploration. Sci Rep 7: 45288 https://doi.org/10.1038/srep45288 .

Goineau, A,, Gooday, AJ, (2019) Diversity and spatial patterns of foraminiferal assemblages in the eastern Clarion–Clipperton zone (abyssal eastern equatorial Pacific). Deep-Sea Research I: https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.04.014 .

Gomes-Pereira, JN, Auger, V, Beisiegel, K, Benjamin, R, Bergmann, M, Bowden, D, Buhl-Mortensen, P, De Leo, FC, Dionísio, G, Durden, JM, Edwards, L, Friedman, A, Greinert, J, Jacobsen-Stout, N, Lerner, S, Leslie, M, Nattkemper, TW, Sameoto, JA, Schoening, T, Schouten, R, Seager, J, Singh, H, Soubigou, O, Tojeira, I, van den Beld, I, Dias, F, Tempera, F, Santos, RS (2016) Current and future trends in marine image annotation software. Progress in Oceanography 149, 106-120.

Gooday, AJ, Goineau, A (2019) The contribution of fine sieve fractions (63–150 μm) to foraminiferal abundance and diversity in an area of the eastern Pacific Ocean licensed for polymetallic nodule exploration. Frontiers in Marine Science 6, https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00114.

Gooday AJ, Holzmann, M, Caulle, C, Goineau, A, Kamenskaya, OE, Weber, AA.-T, Pawlowski, J (2017) Giant foraminifera (xenophyophores) are exceptionally diverse in parts of the abyssal eastern Pacific where seabed mining is likely to occur. Biological Conservation 207, 106–116.

Gooday, AJ, Schoenle, A, Dolan, JR, Arndt, H (2020a) Protist diversity and function in the dark ocean – challenging the paradigms of deep-sea ecology with special emphasis on foraminiferans and naked protists. European Journal of Protistology, 75, 125721.

Gooday, AJ, Durden, JM, Smith, CR (2020b) Giant, highly diverse protists in the abyssal Pacific: vulnerability to impacts from seabed mining and potential for recovery, Communicative & Integrative Biology, 13:1, 189-197 http://doi.org/10.1080/19420889.2020.1843818 .

Grasshoff, K, Kremling, K, Ehrhardt, M (eds) (1999) Methods of seawater analysis, 3rd edition. Wiley-VCH, Weinheim, New York.

Haffert, L, Haeckel, M, Liebetrau, V, Berndt, C, Hensen, C, Nuzzo, M, Reitz, A, Scholz, F. Schönfeld, J, Perez-Garcia, C, Weise, SM (2013) Fluid evolution and

authigenic mineral paragenesis related to salt diapirism – The Mercator mud volcano in the Gulf of Cadiz, Geochimica et Cosmochimica Acta 106: 261-286, doi: 10.1016/j.gca.2012.12.016.

Harbour RP, Leitner AB, Ruehlemann C, Vink A. and Sweetman AK, 2020. Benthic and Demersal Scavenger Biodiversity in the Eastern End of the Clarion-Clipperton Zone – An Area Marked for Polymetallic Nodule Mining. Front. Mar. Sci. 7:458. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00458 .

Hardy et al,. 2008, .

Heger A, Ieno EN, King NJ, Morris K. J, Bagley PM, Priede IG, (2008) Deep-sea pelagic bioluminescence over the Mid-Atlantic Ridge. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 55: 126-136. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2007.09.014 .

Henson SA, Sarmiento JL, Dunne JP, Bopp L, Lima I, Doney SC, John J, Beaulieu C (2010) Detection of anthropogenic climate change in satellite records of ocean chlorophyll and productivity. Biogeosciences 7 (2), 621-640.

Hessler and Jumars (1974) Abyssal community analysis from replicate box cores in the central North Pacific. Deep-Sea Research 21, 185-209.

Hofmann AF, Soetaert K, Middelburg JJ, Meysman FJR (2010) AquaEnv: An aquatic acid–base modelling environment in R. Aquatic Geochemistry 16, 507-546.

Howell KL, Davies JS, Allcock AL, Braga- Henriques A, Buhl-Mortensen P, Carreiro-Silva M, et al. (2019) A framework for the development of a global standardised marine taxon reference image database (SmarTaR-ID) to support image-based analyses. PloS ONE 14(12): e0218904. https://doi.Org/10.1371/ journal.pone.0218904 .

Huffard, CL, Durkin, CA, Wilson, SE, McGill, PR, Henthorn, R, Smith, KL, (2020) Temporally-resolved mechanisms of deep-ocean particle flux and impact on the seafloor carbon cycle in the northeast Pacific. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 173, 104763. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104763.

ICES Data and Information Group (DIG) (2006) ICES Guidelines for CTD data. (Compiled March 2000; revised August 2001; June 2006) Copenhagen, Denmark, International Council for the Exploration of the Sea (ICES), 9pp. http://hdl.handle.net/11329/244 .

International Hydrographic Organization (2019) B-6, Standardization of Undersea Feature Names, Guidelines Proposal Form Terminology, Ed.4.2 43pp. https://iho.int/uploads/user/pubs/bathy/B-6_e4%202%200_2019_EF_clean_3Oct2019.pdf .

International Hydrographic Organization (2020) S-44, Standards for Hydrographic Surveys, Edition 6.0.0. 46pp. https://iho.int/uploads/user/pubs/standards/s-44/S-44_Edition_6.0.0_EN.pdf .

Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) (1992) Guide to satellite remote sensing of the marine environment. Paris, France, UNESCO, 178pp

(Intergovernmental Oceanographic Commission Manuals and Guides; 24). http://hdl.handle.net/11329/98.

ISA Technical Study No. 7: Marine Benthic Nematode Molecular Protocol Handbook (Nematode Barcoding).

ISA Technical Study No. 13: Deep Sea Macrofauna of the Clarion-Clipperton Zone.

Ishii, M, Kosugi, N (2020) Determination of total alkalinity in sea water by spectrophotometry, in: Otosaka, S, Ueki, I, Sasano, D, Kumamoto, Y, Obata, H, Fukuda, H, Nishibe, Y, Maki, H, Goto, K, Aoyama, M, Ono, T (Eds.), Guideline of Ocean Observation 4th Edition. The Oceanographic Society of Japan, Tokyo, Japan, p. G305EN001-G305EN012.

Jaijel, R, Tchernov, BN, Biton, E, Weinstein, Y, Katz, T (2021). Optimizing a standard preparation procedure for grain size analysis of marine sediments by laser diffraction (MS-PT4SD: Marine sediments-pretreatment for size distribution). Deep-Sea Research I, 167, 103429. https://doi.org/10.1016/j.dsr.2020.103429 .

Jamieson, AJ (2015) The hadal zone: Life in the deepest Oceans. Cambridge University Press .

Janssen, A, Kaiser, S, Meissner, K, Brenke, N, Menot, L, Arbizu, PM (2015) A reverse taxonomic approach to assess macrofaunal distribution patterns in abyssal Pacific polymetallic nodule fields. Plos one, 10(2).

Jombart, T, Devillard, S, Balloux, F (2010) Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. BMC Genetics, 11, 94.

Joseph, A (2014) Eulerian-Style Measurements Incorporating Mechanical Sensors. Measuring Ocean Currents, 241–265. Doi:10.1016/b978-0-12-415990-7.00008-9.

Jumars, PA (1981) Limits in predicting and detecting benthic community responses nodule mining. Marine Mining, 3: 213-229.

Jombart, T, Devillard, S, Balloux, F (2010) Discriminant analysis of principal components: a new method for the analysis of genetically structured populations. BMC Genetics, 11, 94.

Karstensen, J (2005) How to process mooring data? A cookbook for MicroCat, ADCP and RCM data. Kiel, Germany, IFM-GEOMAR, Universitat Kiel, 44 pp. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2514.7044 .

Klaas C, Archer DE (2002) Association of sinking organic matter with various types of mineral ballast in the deep sea: Implications for the rain ratio. Global Biogeochem. Cycles. 16(4), 1116, https://doi.org/10.1029/2001GB001765.

Klevjer, TA, Irigoien, X, Røstad, A, Fraile-Nuez, E, Benítez-Barrios, VM, Kaartvedt. S (2016) Large scale patterns in vertical distribution and behaviour of mesopelagic scattering layers. Sci. Rep. 6, 19873, https://doi.org/10.1038/srep19873 .

Knap, A, Michaels, A, Close, A, Ducklow, H, Dickson, A (eds.) (1996) Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) Core Measurements. JGOFS Report Nr. 19, vi+170 pp. Reprint of the IOC Manuals and Guides No. 29, UNESCO 1994.

Knight, RD, Roberts, S, Cooper, MJ (2018) Investigating monomineralic and polymineralic reactions during the oxidation of sulphide minerals in seawater: Implications for mining seafloor massive sulphide deposits. Applied Geochemistry 90: 63-74.

Kong, RYC, Giesy, JP, Wu, RSS, Chen, EXH, Chiang, MWL, Lim, PL, Yuen, BBH, Yip, BWP, Mok, HOL, Au, DWT (2008) Development of a marine fish model for studying in vivo molecular responses in ecotoxicology. Aquatic Toxicology 86: 131–141. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.10.011.

Kossel, E, Bigalke, N, Pinero, E, Haeckel, M (2013) The SUGAR Toolbox: a library of numerical algorithms and data for modelling of gas hydrate systems and marine environments. GEOMAR Report 8, GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, 160 p, https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.846280.

Kuhn, G (2013) Don't forget the salty soup: Calculations for bulk marine geochemistry and radionuclide geochronology. Goldschmidt 2013 Florence, Italy, 25 August 2013–30 August 2013. Doi:10.1180/minmag.2013.077.5.11.

Kuhner, MK (2006) lamarc 2.0: Maximum likelihood and Bayesian estimation of population parameters. Bioinformatics, 22, 768–770.

Labrenz, M, Brettar, I, Christen, R, Flavier, S, Botel, J, Holfe, MG (2004) Development and application of a real-time PCR approach for quantification of uncultured bacteria in the central Baltic Sea. Appl Environ Microbiol, 70(8), 4971-4979. https://doi.org/10.1128/aem.70.8.4971-4979.2004.

Lam, PJ, Lee, JM, Heller, MI, Mehic, S, Xiang, Y, Bates, NR (2018). Size-fractionated distributions of suspended particle concentration and major phase composition from the U.S. GEOTRACES eastern Pacific zonal transect (GP16). Marine Chemistry, 201, 90– 107. https://doi.org/10.1016/j.marchem.2017.08.013.

Lamarche, G, Lurton, X (2018) Recommendations for improved and coherent acquisition and processing of backscatter data from seafloor-mapping sonars Mar. Geophys. Res. 39:5–22. https://doi.org/10.1007/s11001-017-9315-6.

Langdon, C (2010) Determination of Dissolved Oxygen in Seaweater By Winkler Titration using Amperometric Technique. In, The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan). 18pp. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: http://www.go-ship.org/HydroMan.html.

Langenkämper, D, Zurowietz, M, Schoening, T, Nattkemper, TW (2017) BIIGLE 2.0 - Browsing and Annotating Large Marine Image Collections. Frontiers in Marine Science 4 (83).

Lao, Y, Anderson RF, Broecker, WS, Trumbore, SE, Hofmann, HJ, Wolfli, W (1992) Transport and Burial Rates of Be-10 and Pa-231 in the Pacific-Ocean During the

Holocene Period. Earth and Planetary Science Letters 113, 173-189. https://doi.org/10.1016/0012-821X(92)90218-K.

Le Menn, M, Poli, P, David, A, Sagot, J, Lucas, M, O'Carroll, A, Belbeoch, M. and Herklotz, K (2019) Development of Surface Drifting Buoys for Fiducial Reference Measurements of Sea-Surface Temperature. Frontiers in Marine Science, 6:578 12pp. https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00578.

Levin, LA, Mendoza, GF, Konotchick, T, Lee, R (2009) Community structure and trophic relationships in Pacific hydrothermal sediments. Deep-Sea Res II 56: 1632−1648.

Longhurst, A (1998) Ecological Geography of the Sea. Academic Press, New York.

Luff, R, Haeckel, M, Wallmann, K (2001) Robust and fast FORTRAN and MATLAB libraries to calculate pH distributions in a non-steady state model for aqueous systems. Computers & Geosciences 27, 157-169.

Lumpkin, R, Özgökmen, T, Centurioni, L (2017) Advances in the Application of Surface Drifters. Annual Review of Marine Science, 9(1), 59–81. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060641.

Macheriotou L, Rigaux A, Derycke S, Vanreusel A (2020) Phylogenetic clustering and rarity imply risk of local species extinction in prospective deep-sea mining areas of the Clarion–Clipperton Fracture Zone. Proc. R. Soc. B 287 http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.2666.

Manni, F, Guerard, E, Heyer, E (2004) Geographic patterns of (genetic, morphologic, linguistic) variation: How barriers can be detected by using Monmonier's algorithm. Human Biology, 76, 173–190.

Marsaglia, K, Milliken, K, Doran, L (2013) IODP digital reference for smear slide analysis of marine mud. Part 1: Methodology and atlas of siliciclastic and volcanogenic components. IODP Technical Note 1. http://iodp.tamu.edu/publications/TN/TN1-SS-Pt1-Atlas-inter.pdf.

Marsaglia, K, Milliken, K, Leckie, R, M, Tentori, D, Doran, L (2015) IODP Smear Slide Digital Reference for Sediment Analysis of Marine Mud. Part 2: Methodology and Atlas of Biogenic Components. IODP Technical Note 2. http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote_2.pdf.

Marsaglia, K, Shapiro, S, Doran, L, Tentori, D (2015) ODP Core Photo Atlas. IODP Technical Note 3. http://iodp.tamu.edu/publications/TN/Tnote_3.pdf.

Mazzullo, J, Graham, AG (Eds.), 1988. Handbook for shipboard sedimentologists. ODP Tech. Note, 8. Doi:10.2973/odp.tn.8.1988.

McCord, JM, Fridovich, I (1969) Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein (hemocuprein). Journal of Biological Chemistry 244: 6049–6055.

McDonnell, AMP, Lam, PJ, Lamborg, CH, Buesseler, KO, Sanders, R, Riley, JS, Marsay, C, Smith, HEK, Sargent, EC, Lampitt, RS, Bishop, JKB (2015) The

oceanographic toolbox for the collection of sinking and suspended marine particles. Prog. Oceanogr. 133: 17–31. http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2015.01.007.

Mclntyre, AD, Warwick, RM, (1984) Meiofaunal techniques, In: Holme, NA, McIntyre, AD (Eds.),Methods for the Study of the Marine Benthos, 2nd ed.Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 217–244 (IBP Handbook, No. 16).

McQuaid KA, Attrill MJ, Clark MR, Cobley A, Glover AG, Smith CR, Howell KL (2020) Using habitat classification to assess representativity of a protected area network in a large, data-poor area targeted for deep-sea mining. Frontiers in Marine Science, 7: 1066 https://doi.org/10.3389/fmars.2020.558860.

McTaggart, KE, Johnson, GC, Delahoyde, MCFH, Swift, JH (2010) Notes on CTC/O2 Data Acquisition and Processing Using Sea-Bird Hardware and Software (As Available). In, The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan). 10pp. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: http://www.go-ship.org/HydroMan.html.

Meckler, AN, Schubert, CJ, Cowie, GL, Peiffer, S, Dittrich, M (2004) New organic matter degradation proxies: Valid in lake systems? Limnology and Oceanography 49(6): 0024-3590, https://doi.org/10.4319/lo.2004.49.6.2023.

Meirmans PG, Van Tienderen PH (2004) GENOTYPE and GENODIVE: Two programs for the analysis of genetic diversity of asexual organisms. Molecular Ecology Notes, 4, 792–794.

Mestre, NC, Rocha, TL, Canals, M, Cardoso, C, Danovaro, R, Dell'Anno, A, Gambi, C, Regoli, F, Sanchez-Vidal, A, Bebianno, MJ (2017) Environmental hazard assessment of a marine mine tailings deposit site and potential implications for deep-sea mining. Environ. Pollut. 228, 169–178. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.05.027.

Mewes, K, Mogollón, J. M, Picard, A, Rühlemann, C, Kuhn, T, Nöthen, K, Kasten, S (2014) Impact of depositional and biogeochemical processes on small scale variations in nodule abundance in the Clarion-Clipperton Fracture Zone, Deep Sea Research Part I 91: 125-141, https://doi.org/10.1016/j.dsr.2014.06.001.

Millero, FJ (2013). Chemical Oceanography, 4th Edn. Boca Raton, FL: CRC Press, 552.

Moore C, Barnard, A, Fietzek, P, Lewis, M, Sosik, H, White, S, Zielinski, O (2009) Optical tools for ocean monitoring and research. Ocean Science. 661-684. https://doi.org/10.5194/os-5-661-2009.

Mourgaud, Y, Martinez, E, Geffard, A, Andral, B, Stanisiere, JY, Amiard, JC (2002) Metallothionein concentration in the mussel Mytilus galloprovincialis as a biomarker of response to metal contamination: validation in the field. Biomarkers. 7(6):479-490. https://doi.org/10.1080/1354750021000034528 .

Nöthen, K, Kasten, S (2011). Reconstructing changes in seep activity by means of pore water and solid phase Sr/Ca and Mg/Ca ratios in pockmark sediments of the

Northern Congo Fan. Mar. Geol. 287, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.06.008.

National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, Robinson SP, Lepper PA, Hazelwood RA (2014) NPL Good Practice Guide No. 133: Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement, ISSN: 1368-6550, 2014.

Numerical Models of Oceans and Oceanic Processes (2000) Edited by Lakshmi H. Kantha, Carol Anne Clayson. Volume 66, Pages 1-940.

Ocean Best Practices System (2020) Best Practices document template: data management. Version 6. Oostende, Belgium, International Oceanographic Data and Information Exchange (IODE) for Ocean Best Practices System, 12pp. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-760.

Ogashawara, I (2015) Terminology and classification of bio-optical algorithms. Remote Sensing Letters 6, 613–617.

Orr, JC, Epitalon, JM, Dickson, AG, Gattuso, JP (2018) Routine uncertainty propagation for the marine carbon dioxide system. Mar. Chem. 207, 84–107.

Paul, SAL, Gaye, B, Haeckel, M, Kasten, S, Koschinsky, A (2018) Biogeochemical Regeneration of a Nodule Mining Disturbance Site: Trace Metals, DOC and Amino Acids in Deep-Sea Sediments and Pore Waters. Front. Mar. Sci. 5, 1–17. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00117.

Petihakis, G, Haller, M, Petersen, W, Nair, R, Seppälä, J. and Salvetat, F (2014) JERICO Report on Calibration Best Practices: D4.2 (Version 1.3 - 27/06/14). Issy-les-Moulineaux, France, Ifremer for JERICO Project, 61pp. https://doi.org/10.13155/49740.

Pham, M, Sanchez-Cabeza, J, Povinec, P, Andor, K, Arnold, D, Benmansour, M, et al, International Atomic Energy Agency, (2008) A new certified reference material for radionuclides in Irish Sea sediment (IAEA-385). Applied Radiation and Isotopes, 66(11), 1711–1717. https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2007.10.020.

Pham, MK, Betti, M, Povinec, PP., et al. (2011) A certified reference material for radionuclides in the water sample from Irish Sea (IAEA-443), J Radioanal Nucl Chem 288, 603–611, https://doi.org/10.1007/s10967-010-0976-8.

Planquette, Hélène, Sherrell, Robert M., (2012), Sampling for particulate trace element determination using water sampling bottles: methodology and comparison to in situ pumps, Limnol. Oceanogr. Methods, 10, https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.367.

Pritchard, JK, Stephens M, Donnelly P (2000) Inference of population structure using multilocus genotype data. Genetics, 155, 954–959.

Proud, R, Cox, MJ, Brierley AS (2017) Biogeography of the Global Ocean's Mesopelagic Zone. Current Biology 27, 113–119 http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2016.11.003.

Przeslawski, R, Berents, P, Clark, M, Edgar, G, Frid, C. Hughes, L, Ingleton, T, Kennedy, D, Nichol, S, Smith, J, (2018) Marine Sampling Field Manual for Grabs and Box Corers [Version 1]. In: Field Manuals for Marine Sampling to Monitor Australian Waters, Version 1 (eds Przeslawski, R. and Foster, S.). Canberra, Australia, NESP Marine Biodiversity Hub, pp. 172-195.

Pusceddu, A, Dell'Anno, A, Fabiano, M, Danovaro, R (2009) Quantity and bioavailability of sediment organic matter as signatures of benthic trophic status. Mar Ecol Prog Ser 375:41-52, https://doi.org/10.3354/meps07735.

Regoli, F, d'Errico, G, Nardi, A, Mezzelani, M, Fattorini, D, Benedetti, M, Di Carlo, M, Pellegrinni, D, Gorbi, S (2019) Application of a Weight of Evidence Approach for monitoring complex environmental scenarios: the case-study of off-shore platforms. Frontiers Marine Science https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00377.

Revsbech, NP, Jørgensen, BB (1986) Microelectrodes and their use in microbial ecology, in: Marshall KC (Ed.), Advances in Microbial Ecology. Plenum Press, New York, pp. 293-352.

Robinson IS. Measuring the Oceans from Space. The principles and methods of satellite oceanography (2004) ISBN 978-3-540-42647-9.

Robinson, SP, Lepper, PA, Hazelwood, RA (2014) Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement. Teddington, England, National Measurement Office, Marine Scotland, The Crown Estate, 95pp (NPL Good Practice Guide No. 133).

Ronconi, RA, Burger, AE (2009) Estimating seabird densities from vessel transects: distance sampling and implications for strip transects. Aquatic Biology, 4(3), 297-309.

Rothwell, RG, Rack, FR (2006) New techniques in sediment core analysis: an introduction. In: Rothwell, RG, (ed.) New techniques in sediment core analysis. London, UK, Geological Society of London, 1-29, 266pp (Geological Society Special Publication, 267). https://doi.org/10.1144/GSLSP.2006.267.01.01.

Schoening, T, Osterloff, J, Nattkemper, TW, 2016. RecoMIA—Recommendations for Marine Image Annotation: Lessons Learned and Future Directions. Frontiers in Marine Science 3 (59).

Schönfeld, J, Alve, E, Geslin, E, Jorissen, FJ, Korsun, S, Spezzaferri, S, Members of the FOBIMO group (2012) The FOBIMO (Foraminiferal Bio-Monitoring) initiative—Towards a standardised protocol for soft-bottom benthic foraminiferal monitoring studies. Marine Micropaleontology 94-95, 1-13.

Sgih, HH, Sprenke, J, Payton, C. and Mero, T (2001) Towing Basin Speed Verification of Acoustic Doppler Current Profiling Instruments. Silver Spring, MD, NOAA NOS Center for Operational Oceanographic Products and Services, 53pp (NOAA Technical Report NOS CO-OPS 033). DOI: http://dx.doi.org/10.25607/OBP-139.

Simon-Lledo E, Bett BJ, Huvenne VAI, Schoening T, Benoist NMA, Jeffreys RM, Durden JM, Jones DOB (2019). Megafaunal variation in the abyssal landscape of

the Clarion Clipperton Zone. Progress in Oceanography, 170, 119–133. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.11.003.

Simpson, S, Batley, G (eds) (2016) Sediment quality assessment: a practical guide. Second edition. Clayton, Australia, CSIRO Publishing, 346pp. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-498.

Stewart, RH (1985) Methods of Satellite Oceanography. 360 pp. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press. ISBN 0-520-04226-3. https://doi.org/10.1017/S0016756800026674.

Stratmann, T, Mevenkamp, L, Sweetman, AK, Vanreusel, A, Van Oevelen, D (2018) Has phytodetritus processing by an abyssal soft-sediment community recovered 26 years after an experimental disturbance? Frontiers in Marine Science, 5, 59, 2018.

Sutton, TT, Clark MR, Dunn DC, Halpin PN, Rogers AD, Guinotte J, Bograd SJ, Angel MV, Perez JAA, Wishner K, Haedrich RL, Lindsay DJ, Drazen JC, Vereshchakam A, Piatkowski U, Morato T, Błachowiak-Samołyk K, Robison BH, Gjerder KM, Pierrot-Bults A, Bernalt P, Reygondeau G, Heino M (2017) A global biogeographic classification of the mesopelagic zone: An aid for marine conservation planning. Deep-Sea Research I. 126: 85-102 https://doi.org/10.1016/j.dsr.2017.05.006.

Sweetman, AK, Middelburg, JJ, Berle, AM, Bernadino, AF, Schander, C, Demopoulos, AWJ, Smith CR (2010) Impacts of exotic mangrove forests and mangrove deforestation on carbon remineralization and ecosystem functioning in marine sediments. Biogeosciences, 7, 2129 – 2145.

Sweetman AK, Levin, LA, Rapp, HT, Schander, C (2013) Faunal trophic structure at hydrothermal vents on the southern Mohn's Ridge, Arctic Ocean. Marine Ecology Progress Series, 473, 115-131.

Sweetman, AK, Smith, CR, Shulse, CN, Maillot, B, Lindh, M, Church, MJ, Meyer, KS, Van Oevelen, D, Stratmann, T, Gooday, AJ (2019) Key role of bacteria in the short-term cycling of carbon at the abyssal seafloor of the eastern Clarion Clipperton Fracture Zone. Limnology and Oceanography, 64(2): 694-713.

Taboada S, Riesgo A, Wiklund H, Paterson GLJ, Koutsouveli V, Santodomingo N, Dale AC, Smith CR, Jones DOB, Dahlgren TG, Glover AG (2018) Implications of population connectivity studies for the design of marine protected areas in the deep sea: An example of a demosponge from the Clarion-Clipperton Zone. Molecular Ecology, 27(23) 4657–4679. https://doi.org/10.1111/mec.14888.

Talley, LD, Pickard, GL, Emery, WJ, Swift, JH (2011) Instruments and Methods. S16. Pp. 1-77. Descriptive Physical Oceanography. An Introduction. Sixth edition .

Tamburri, M (2006) Protocols for Verifying the Performance of In Situ Turbidity Sensor. Solomons, MD, Alliance for Coastal Technologies, 22pp (ACTPV0601 5/3/06). http://dx.doi.org/10.25607/OBP-347.

Thurnherr, AM, Visbeck, M, Firing, E, King, BA, Hummon, JM, Krahmann, G, Huber, B (2010) A - The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of

Expert Reports and Guidelines. IOCCP Report No. 1, ICPO Publications Series No. 134, Version 1, 2010. http://www.go-ship.org/HydroMan.html.

Thomson, RE, Emery, WJ (2014) Data Acquisition and Recording. Data Analysis Methods in Physical Oceanography, 1–186. Doi:10.1016/b978-0-12-387782-6.00001-6.

Thorpe, SA (2007) The Turbulent Ocean, Cambridge University Press, New York, 439pp.

Uchida, H, Johnson, GC, McTaggart, GC (2010) CTD Oxygen Sensor Calibration Procedures. In, The GO-SHIP Repeat Hydrography Manual: A Collection of Expert Reports and Guidelines. Version 1, (eds Hood, E.M., C.L. Sabine, and B.M. Sloyan), 17pp. (IOCCP Report Number 14; ICPO Publication Series Number 134). Available online at: http://www.go-ship.org/HydroMan.html.

U.S. Environmental Protection Agency. Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry. Edited by James W. O'Dell. Revision 2.0. August 1993. Available online at: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/method_180-1_1993.pdf.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2016) Manual for Quality Control of Temperature and Salinity Data Observations from Gliders. Version 1.0. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 23pp. & Appendices. http://hdl.handle.net/11329/289.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2017) Manual for Real-Time Quality Control of Passive Acoustics Data: A Guide to Quality Control and Quality Assurance for Passive Acoustics Observations. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 24pp. & Appendices. http://hdl.handle.net/11329/342.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2019a), Manual for Real-Time Quality Control of In-Situ Current Observations. Version 2.1. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 54pp. https://doi.org/10.25923/sqe9-e310.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2020) Manual for Real-Time Oceanographic Data Quality Control Flags. Version 1.2. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 24pp. https://doi.org/10.25923/w8y6-d298.

U.S. Integrated Ocean Observing System (2020) Manual for Real-Time Quality Control of In-situ Temperature and Salinity Data Version 2.1: a Guide to Quality Control and Quality Assurance of In-situ Temperature and Salinity Observations. Silver Spring, MD, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Service, Integrated Ocean Observing System, 50pp. https://doi.org/10.25923/x02m-m555.

van Sebille, E, Griffies, SM, Abernathey, R, et al (2018) Lagrangian ocean analysis: Fundamentals and practices. Ocean Modelling, 121, pp.49-75. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.11.008.

Verfuss, UK, Gillespie, D, Gordon, J, Marques, TA, Miller, B, Plunkett, R, Theriault, JA, Tollit, DJ, Dominic J, Zitterbart, DP, Hubert, P, Thomas, L (2018) Comparing methods suitable for monitoring marine mammals in low visibility conditions during seismic surveys. Marine Pollution Bulletin 126 1-18, https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.034.

Wallmann, K, Aloisi, G, Haeckel, M, Obzhirov, A, Pavlova, G, Tishchenko, P (2006) Kinetics of organic matter degradation, microbial methane generation, and gas hydrate formation in anoxic marine sediments, Geochimica et Cosmochimica Acta 70(15): 3905-3927, https://doi.org/10.1016/j.gca.2006.06.003.

Watling L, Guinotte J, Clark MR, Smith CR (2013) A proposed biogeography of the deep ocean floor. Progress in Oceanography 111: 91-112. http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2012.11.003.

Wenneck, T deL, Falkenhaug, T, Bergstad, OA (2008) Strategies, methods and technologies adopted on the RV G.O. Sars MAR-ECO expedition to the Mid-Atlentic Ridge in 2004. Deep-Sea Research II 55, 6–28.

Wenzhöfer, F, Adler, M, Kohls, O, Hensen, C, Strotmann, B, Boehme, S, Schulz, HD (2001) Calcite dissolution driven by benthic mineralization in the deep-sea: In situ measurements of Ca2+, pH, pCO2 and O2. Geochimica et Cosmochimica Acta 65(16), 2677-2690.

Werdell, PJ, McKinna, LIW, Boss, E, Ackleson, SG, Craig, SE, Gregg, WW, Lee Z, Maritorena S, Roesler CS, Rousseuax CS, Stramski D, Sullivan JM, Twardowski MS, Tzortziou M, Zhang, X (2018). An overview of approaches and challenges for retrieving marine inherent optical properties from ocean color remote sensing. Progress in Oceanography, 160, 186–212. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.001.

Wong, GSK, Zhu, S (1995) Speed of sound in seawater as a function of salinity, temperature, and pressure. Journal of the Acoustical Society of America. 97(3): 1732—1736. https://doi.org/10.1121/1.413048.

Woo, LM (2019) Ocean Glider delayed mode QA/QC best practice manual, Version 2.1. Hobart, Australia, Integrated Marine Observing System, 59pp. http://dx.doi.org/10.26198/5c997b5fdc9bd.

Yoder, M, Irma Tandingan De Ley, I, King, IW, Mundo-Ocampo, M, Mann, J, Blaxter, M, Poiras, L, De Ley, P (2006) DESS: a versatile solution for preserving morphology and extractable DNA of nematodes. Nematology, 2006, Vol. 8(3), 367-376.

Yokoyama, Y, Nguyen, HV (1980) Direct and non-destructive dating of marine sediments, manganese nodules, and corals by high resolution gamma-ray spectrometry. In: Isotope marine chemistry, edited by E.D. Goldberg and Y. Horibe, p. 259-289, Tokyo, 1980.

Zeebe, RE, Wolf-Gladrow, D (2001) CO_2 in Seawater: Equilibrium, Kinetics, Isotopes. Elsevier, Amsterdam, 346 pp.