



Co-funded by
the European Union



Koordinator na projekt 101124670 – INCDPM

Инж. DEÁK György, Ph.D. Habil

Асоцииран член на О.С.Р. Академия (INCDPM)

Ръководство за мониторинг на замърсяването на морската среда, дължащо се на въоръжен конфликт

Black Sea SIERRA



Ръководство за мониторинг на замърсяването
на морската среда, дължащо се на въоръжен конфликт

Koordinator na projekt
Инж. DEÁK György

ISBN 978-606-28-2374-0



www.editurauniversitara.ro



EDITURA UNIVERSITARĂ



РЪКОВОДСТВО ЗА МОНИТОРИНГ НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО НА МОРСКАТА СРЕДА, ДЪЛЖАЩО СЕ НА ВЪОРЪЖЕН КОНФЛИКТ

Black Sea SIERRA



Co-funded by the
European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily express those of the European Union or European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

Koordinator na projekt 101124670 – Black Sea SIERRA

Инж. DEÁK György, Ph.D. Habil

асоцииран член на О.С.Р. Академия (INCDPM)

**РЪКОВОДСТВО ЗА МОНИТОРИНГ
НА ЗАМЪРСЯВАНЕТО
НА МОРСКАТА СРЕДА, ДЪЛЖАЩО
СЕ НА ВЪОРЪЖЕН КОНФЛИКТ**

Black Sea SIERRA



EDITURA UNIVERSITARĂ
București

Redactor: Laura Nicolescu
Tehnoredactor: Ameluța Vișan
Coperta: Monica Balaban

Editură recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice (C.N.C.S.) și inclusă de Consiliul Național de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare (C.N.A.T.D.C.U.) în categoria editurilor de prestigiu recunoscut.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

DOI: (Digital Object Identifier): 10.5682/

© Toate drepturile asupra acestei lucrări sunt rezervate, nicio parte din această lucrare nu poate fi copiată fără acordul Editurii Universitare

Copyright © 2026
Editura Universitară
Editor: Vasile Muscalu
B-dul. N. Bălcescu nr. 27-33, Sector 1, București
Tel.: 021.315.32.47
www.editurauniversitara.ro
e-mail: redactia@editurauniversitara.ro

Distribuție: tel.: 021.315.32.47 / 0745 200 718/ 0745 200 357
comenzi@editurauniversitara.ro
www.editurauniversitara.ro

DOCUMENT DETAILS

Акроним на проекта	Black Sea SIERRA
Заглавие на проекта	Устойчиво управление на гражданско и военно замърсяване на бреговата линия, притоците и лагуните в северната, западната и южната част на Черно море
Номер на договора за безвъзмездна помощ	101124670
Координатор на консорциума	National Institute for Research and development in Environmental Protection Bucharest (INCDPM)
Продължителност на проекта	36 months (01.10.2023 – 30.09.2026)
Оправомощаващ орган	European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA)
Програма	European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund (EMFAF)
Обадете	EMFAF-2023-PIA-FLAGSHIP - Regional flagships projects supporting sustainable blue economy in EU sea basins
Тема	EMFAF-2023-PIA-FLAGSHIP-2-BLACK - Harnessing preparedness and response to marine pollution in the Black Sea
Заглавие на документа	<i>Ръководство за мониторинг на замърсяването на морската среда, дължащо се на въоръжен конфликт</i>
Работен пакет	WP6
Ниво на разпространение	PU - Public
Автори	Екип на ARCES: Алесандро Перниче и Мелинда Теранова
Превод и редакция	Доц. д-р Димитър Петков Димитров, ИО-БАН
Сътрудници	DEÁK György, Tudor Georgeta, Holban Elena, Harabagiu Alexandra, Istrate Iulia - <i>Национален институт за изследване и развитие в областта на опазването на околната среда, Букурещ (INCDPM)</i> Aydin Mehmet, Tunca Evren - <i>Университет Орду (ORDU)</i> Komorin Viktor, Kotelnikova Yuliia - <i>Украински научен център по екология на морето (UkrSCES)</i> Pazara Tiberiu, Apetroaei Manuela Rossemary, Samoilescu Gheorghe, Toma Alecu, Nedelcu Andra - <i>Военноморска академия „Мирча чел Бътран” (MBNAR)</i> Vizureanu Petrică, Sandu Andrei, Burduhos-Nergis Dumitru Doru - <i>Технически университет „Георге Асачи“ в Яш (TUIASI)</i>



Co-funded by the
European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily express those of the European Union or European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

ДЕКЛАРАЦИЯ ЗА ОТКАЗ ОТ ОТГОВОРНОСТ

Финансирано от Европейския съюз. Изразените възгледи и мнения обаче са само на автора(ите) и не е задължително да изразяват тези на Европейския съюз или на Европейската изпълнителна агенция за климат, инфраструктура и околна среда (CINEA). Нито Европейският съюз, нито предоставящият орган могат да бъдат държани отговорни за тях.



Co-funded by the
European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily express those of the European Union or European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

CONSORTIUM MEMBERS

Coordinator

**INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE
PENTRU PROTECȚIA MEDIULUI BUCUREȘTI - INCDPM
România**



**P1
INSTITUTE OF OCEANOLOGY-BULGARIAN ACADEMY
OF SCIENCES - IO-BAS
Bulgaria**



**P2
E.M. ASSOCIAZIONE A.R.C.E.S. - ARCES
Italy**



**P3
ORDU UNIVERSITESI - ORDU
Türkiye**



**P4
UKRAINIAN SCIENTIFIC CENTRE OF ECOLOGY OF
THE SEA - UkrSCES
Ukraine**



**P5
ACADEMIA NAVALĂ MIRCEA CEL BĂTRÂN - MBNAR
România**



**P6
UNIVERSITATEA TEHNICĂ GHEORGHE ASACHI DIN
IAȘI - TUIASI
România**



Co-funded by the
European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily express those of the European Union or European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

СЪДЪРЖАНИЕ

Въведение	10
Глава 1. Цел и обхват	13
1.1 Въоръжени конфликти и стресови фактори в морската среда.....	14
1.2 Концептуална рамка за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти.....	16
Глава 2. Основни видове натиск и пътища на замърсяване, свързани с конфликтите	19
2.1 Приоритетни замърсители и химически сигнатури на конфликта.....	21
2.2 Environmental matrices and monitoring domains.....	23
Глава 3. Подходи и методологии за мониторинг	27
3.1 Стратегии за вземане на проби, честота и полеви операции.....	29
3.2 Аналитични методи, лабораторни процедури и осигуряване контрол на качеството	31
3.3 Дистанционно наблюдение, моделиране и автономни системи	33
3.4 Системи за управление на данни, интеграция и отчетност	35
Глава 4. Внедряване, управление и приложения	37
4.1 Приоритизиране, основано на риска, и адаптивен мониторинг.....	37
4.2 Пътна карта за внедряване.....	38
4.3 Регионално приложение: контекстът на Черно море	39
4.4 Интеграция с европейски и международни рамки	41
4.5 Възстановяване на околната среда, отчетност и дългосрочно управление	46
Заклучение	47
Литература	49

ВЪВЕДЕНИЕ

Морските екосистеми представляват един от най-сложните и взаимосвързани компоненти на земната система, играейки фундаментална роля в регулирането на климата, опазването на биоразнообразието, продуктивността на рибарството, морския транспорт и предоставянето на екосистемни услуги, необходими за крайбрежните общности по целия свят. Крайбрежните и морските среди подкрепят икономически сектори от стратегическо значение, включително туризъм, рибарство, аквакултури, корабоплаване и производство на енергия, като същевременно допринасят за глобалните биогеохимични цикли и климатичната стабилност. Въпреки екологичното и социално-икономическото си значение обаче, морските екосистеми са все по-изложени на кумулативен антропогенен натиск, който компрометира тяхната екологична цялост и устойчивост [1].

Сред тези стресови фактори въоръжените конфликти представляват сериозен двигател на влошаване на околната среда. Въздействието на военните действия се простира отвъд прякото физическо унищожение и може да генерира дългосрочни екологични последици, които продължават десетилетия след прекратяване на военните действия [2]. Военните операции, експлозиите, военноморските войни и разрушаването на индустриалната инфраструктура могат да отделят опасни вещества в морските системи при условия, при които мониторингът често е ограничен. Екологичното измерение на въоръжените конфликти е добре документирано исторически, но съвременните войни все повече засягат индустриализираните крайбрежни региони и критичната морска инфраструктура, усилвайки екологичните рискове. В много случаи замърсяването произтича не само от преки военни действия, но и от вторични бедствия, като например унищожаването на складове за гориво, пристанища, системи за отпадъчни води и промишлени съоръжения [3].

Черно море представлява особено чувствителен казус поради полузатворения си характер и ограничения водообмен, което го прави уязвимо за натрупване на замърсители [4]. Продължаващият конфликт между Русия и Украйна допълнително

засили натиска върху околната среда чрез нефтени разливи, разрушаване на инфраструктурата и нарушаване на системите за управление на околната среда [5]. Тези условия подчертават ограниченията на конвенционалните системи за мониторинг и необходимостта от интегрирани рамки, съчетаващи полеви данни, дистанционно наблюдение, моделиране и автономни технологии.

Това ръководство, разработено в рамките на проекта “Black Sea SIERRA”, има за цел да предостави методологична рамка за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с въоръжени конфликти, в съответствие с европейски директиви като Рамковата директива за морска стратегия (MSFD) и Рамковата директива за водите (WFD), както и регионални системи, включително BSIMAP и EMODnet.



ГЛАВА 1

ЦЕЛ И ОБХВАТ

Целта на това ръководство е да се създаде методологична и оперативна рамка за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с въоръжени конфликти, с фокус върху региона на Черно море. То е предназначено за екологични органи, изследователски институти, лаборатории и политици.

Замърсяването, свързано с конфликти, представлява предизвикателства, които се различават от конвенционалния мониторинг поради внезапното си начало, несигурността в състава на замърсителите и оперативните ограничения [6].

Рамката възприема адаптивен, основан на риска подход, обхващащ пълния цикъл на мониторинг: идентифициране на източника, проектиране на пробоотбор, лабораторен анализ, управление на данните и докладване.

Съгласуването с рамки на ЕС и регионални рамки, като например РДМС, РДВ, BSIMAP, EMODnet Chemistry и WISE Marine, осигурява оперативна съвместимост на данните и съпоставимост на резултатите [7].

Географският обхват включва крайбрежни води, естуари, пристанища, офшорни води и морски зони, повлияни от реките, пряко или косвено засегнати от конфликта.

Времевият обхват включва:

- реагиране при извънредни ситуации (незабавни инциденти),
- краткосрочна оценка (седмици до месеци),
- дългосрочен мониторинг (възстановяване на екосистемата)

Поради трансграничния характер на замърсяването на морската среда, регионалното сътрудничество е от съществено значение за ефективната оценка и управление.

1.1 Въоръжени конфликти и стресови фактори в морската среда

Въоръжените конфликти въвеждат широк спектър от екологични стресови фактори в морските и крайбрежните екосистеми, генерирайки въздействия, които често са незабавни, кумулативни, трансгранични и дълготрайни. За разлика от конвенционалните източници на замърсяване, свързаният с конфликтите екологичен натиск се характеризира с внезапно начало, непредсказуемост и висока степен на пространствена и времева променливост. Тези характеристики усложняват процесите на оценка на околната среда и значително увеличават оперативните предизвикателства, свързани с дейностите по мониторинг и смекчаване на последиците [8].

Военните дейности, протичащи в крайбрежни и офшорни среди, могат директно да променят морските екосистеми чрез експлозии, бомбардировки, подводни детонации, военноморска война и разполагане на мини. Такива дейности генерират интензивни физически смущения, способни да увредят бентосните местообитания, да увеличат ресуспендирането на седиментите, да променят режимите на мътност и да променят екологичните условия в обширни морски райони. Подводните експлозии могат допълнително да генерират акустични смущения, засягащи рибните популации, морските бозайници и чувствителните биологични общности. Един от най-значимите екологични рискове, свързани с войната, е унищожаването на индустриалната и енергийната инфраструктура, разположена в крайбрежните зони. Пристанища, нефтени терминали, горивни депа, нефтохимически съоръжения и промишлени системи за съхранение често представляват стратегически цели по време на военни операции. Тяхното унищожаване може да доведе до неконтролирано изпускане на петролни въглеводороди, опасни химикали, тежки метали, остатъци от горене и непречистени промишлени отпадъци в околната морска среда. В много случаи подобни изпускания генерират сложни смеси от замърсители, чието поведение в околната среда и токсикологични ефекти остават трудни за точно предвиждане [9].

Хидравличната инфраструктура представлява друга критична уязвимост по време на въоръжени конфликти. Повредите на язовири, помпени станции, резервоари, пречиствателни съоръжения за отпадъчни води и водоразпределителни системи могат



дълбоко да променят хидроложките режими и качеството на водата. Свиване на капацитета за пречистване на отпадъчни води често води до директно изпускане на непречистени битови и промишлени отпадъчни води в реките и крайбрежните води, увеличавайки количеството хранителни вещества, микробиологичното замърсяване и химическото замърсяване. Едновременно с това, разрушаването на хидравличните съоръжения може да предизвика обширни процеси на транспортиране на седименти, способни да преразпределят замърсителите, натрупани в продължение на десетилетия в речните и крайбрежните седименти [10].

Екологичните последици от въоръжените конфликти се усилват допълнително от смущения, засягащи системите за управление на околната среда и инфраструктурите за мониторинг. Екологичните инспекции, лабораторните дейности, програмите за полеви мониторинг и операциите по събиране на данни често се прекъсват поради институционална нестабилност, ограничения за сигурност, повредена инфраструктура и повишени рискове за научния персонал. Тези смущения създават значителни пропуски в екологичната информация именно когато бързата оценка на околната среда и капацитетът за реагиране при извънредни ситуации са най-необходими. В Черноморския регион тези екологични натоварвания се засилват от полузатворения характер на басейна и ограничения му обмен на вода със Средиземно море. Замърсителите, въведени в морската среда, могат следователно да се задържат за продължителни периоди и да се натрупват в седименти, биота и крайбрежни местообитания. Освен това, големи речни системи като реките Дунав, Днестър и Днестър улесняват преноса на замърсители, произхождащи от засегнати от конфликти райони във вътрешността на страната, към морската среда [11].

В допълнение към химическото замърсяване, въоръжените конфликти генерират значителни количества отломки и твърди отпадъци. Разрушената инфраструктура, военното оборудване, корабокрушенията, пластмасите, строителните материали и синтетичните компоненти допринасят за увеличаване на нивата на морски отпадъци и микропластмаси. Тези материали могат да причинят директни физически щети на

местообитанията и морските организми, като едновременно с това действат като вектори на опасни замърсители, адсорбирани върху повърхностите им.



*Снимка 1: Замърсени крайбрежни води с видими плаващи отпадъци и отломки по бреговата линия, илюстриращи антропогенно замърсяване и влошаване на околната среда във водна екосистема.
Източник: Pexels.*

1.2 Концептуална рамка за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти

Мониторингът на замърсяването на морската среда, причинено от въоръжени конфликти, изисква концептуална рамка, способна да функционира в условия на несигурност, ограничен достъп, бързо развиващи се екологични рискове и сериозни оперативни ограничения. Конвенционалните системи за мониторинг на околната среда обикновено са проектирани да оценяват стабилни антропогенни натоварвания в рамките на предвидими регулаторни и логистични условия. Замърсяването, свързано с



конфликти, обаче въвежда резки смущения и нелинейни екологични реакции, които изискват по-гъвкави и адаптивни подходи за мониторинг.

Концептуалната рамка, предложена в това ръководство, се основава на интегрирането на оценка на околната среда, основана на риска, адаптивни стратегии за мониторинг и системи за интегриране на данни от множество източници. Целта е да се гарантира, че дейностите по мониторинг на околната среда остават научно обосновани, като същевременно се поддържа оперативна осъществимост при конфликтни условия.

Първият компонент на рамката се отнася до идентифицирането и характеризирането на източниците. Този етап включва систематична оценка на потенциалните източници на замърсяване, свързани с военни операции, повредена инфраструктура, промишлени съоръжения и произшествия, свързани с конфликти. Потенциалните източници могат да включват корабокрушения, складове за гориво, военноморски оперативни зони, промишлени предприятия, пречиствателни съоръжения за отпадъчни води, повредени тръбопроводи, депа за военни отпадъци и замърсени речни системи. Характеризирането на тези източници изисква също така идентифициране на потенциални видове замърсители, механизми за освобождаване и пътища за разпространение в околната среда.

Вторият компонент се фокусира върху анализа на пътищата на разпространение в околната среда. След като замърсителите попаднат в морската среда, техният транспорт и трансформация се влияят от хидродинамични, физикохимични и биологични процеси. Океанските течения, вълните, речните оттичания, транспортът на седименти, градиентите на соленост и метеорологичните условия допринасят за определянето на моделите на разпространение на замърсителите и съдбата им в околната среда. В условия на конфликт тези пътища могат да се развиват бързо поради променени хидрологични режими, повредена инфраструктура или интервенции за реагиране при извънредни ситуации.

Третият компонент включва оценка на рецепторите и оценка на въздействието. Този етап се фокусира върху идентифицирането на екосистеми, местообитания, видове и човешки дейности, потенциално засегнати от замърсяване. Морските защитени зони,

рибарството, местата за аквакултури, зоните за добив на миди, туристическите зони и водоприемниците могат да представляват приоритетни рецептори, изискващи засилено наблюдение [12]. Оценката на рецепторите допълнително взема предвид екологичната уязвимост, продължителността на експозиция, устойчивостта на замърсителите и потенциалните процеси на биоаккумуляция в морските хранителни вериги.

Тези три компонента са интегрирани в динамичен цикъл на мониторинг, състоящ се от наблюдение, анализ, интерпретация и адаптивна обратна връзка. Приоритетите за мониторинг трябва да се актуализират непрекъснато въз основа на новопридобита информация, променящите се условия на околната среда и променящите се оперативни ограничения. Такива адаптивни структури за мониторинг са особено важни в конфликтни сценарии, където екологичните рискове и условията за достъпност могат да се променят бързо с течение на времето [13].

Важна характеристика на рамката е интегрирането на множество технологии за мониторинг и източници на данни. Вземането на проби на място, лабораторните анализи, сателитното дистанционно наблюдение, автономните системи, хидродинамичното моделиране и регионалните бази данни за околната среда предоставят допълнителна информация, необходима за цялостна оценка на околната среда. Комбинацията от тези подходи увеличава пространственото покритие, подобрява времевата резолюция и намалява зависимостта от директен достъп до полето в опасни зони [14].



ГЛАВА 2

ОСНОВНИ ВИДОВЕ НАТИСК И ПЪТИЩА НА ЗАМЪРСЯВАНЕ, СВЪРЗАНИ С КОНФЛИКТИТЕ

Въоръжените конфликти генерират множество пътища, по които замърсителите могат да навлязат в морската и крайбрежната среда. Тези пътища включват както механизми за директно замърсяване, свързани с военни дейности, така и косвени процеси, свързани с разрушаване на инфраструктурата, индустриални смущения и променени условия за управление на околната среда. Разбирането на тези пътища е от съществено значение за определяне на приоритетите за мониторинг и разработване на ефективни стратегии за оценка на околната среда.

Пътищата на директно замърсяване са свързани предимно с военни операции, протичащи в крайбрежни и офшорни среди. Военноморските бойни действия, подводните детонации, обстрелите, ракетните удари, експлозиите на мини и потъването на кораби могат да отделят опасни вещества директно в морската вода и седиментите. Военно оборудване, остатъци от боеприпаси, продукти от горенето и повредена инфраструктура могат да допринесат за локализирани или широко разпространени замърсявания [15].

Корабокрушенията представляват особено важни дългосрочни източници на замърсяване в морската среда, засегната от конфликт. Корозионните процеси, протичащи с течение на времето, могат постепенно да отделят петролни продукти, тежки метали, противообрастващи съединения и опасни товарни материали в околните екосистеми. В случаите, включващи танкери за гориво или промишлени товарни кораби, замърсяването може да продължи десетилетия и прогресивно да повлияе на качеството на седиментите, бентосните местообитания и морските хранителни мрежи [16].

Експлозиите и атаките, случващи се в близост до промишлени съоръжения, могат допълнително да предизвикат вторични замърсители, включващи опасни

химикали, депа за промишлени отпадъци, системи за съхранение на гориво и замърсени инфраструктурни материали. Пожарите, свързани с военни атаки, могат също да генерират замърсители във въздуха, способни да бъдат пренесени по атмосферата и отложени в морската среда чрез процеси на валежи [17].

Речните системи представляват друг основен път за замърсяване на морската среда, свързано с конфликти. Реките, пресичащи засегнати от конфликти територии, могат да пренасят замърсени седименти, непречистени отпадъчни води, промишлени химикали, селскостопански замърсители и отломки към крайбрежните води. Големите речни системи на Черно море играят особено важна роля в преразпределението на замърсители, произхождащи от вътрешните райони, към морските екосистеми [18].

Процесите на транспортиране на седименти са особено важни в свързани с конфликти екологични сценарии. Експлозии, драгиращи дейности, движение на плавателни съдове, хидродинамични промени и повреди на хидравличната инфраструктура могат да ресуспендират замърсените седименти и да увеличат бионаличността на замърсителите. Финозърнестите седименти могат да адсорбират въглеводороди, метали, взривни вещества и устойчиви органични замърсители, действайки както като временни поглъщатели, така и като вторични източници на замърсяване [19].

Морските отломки, генерирани по време на конфликти, представляват допълнителен и все по-значителен натиск върху околната среда. Разрушена инфраструктура, пластмаси, останки от кораби, синтетични влакна и фрагменти от военно оборудване могат да се натрупат в крайбрежните местообитания и офшорните зони. Освен прякото си физическо въздействие върху морските организми и местообитания, отломките могат да адсорбират токсични вещества и да улеснят транспорта им в морските системи. Процесите на фрагментация допълнително допринасят за генерирането на микропластмаси, способни да навлязат в морските хранителни вериги и да транспортират свързани замърсители.

Взаимодействието между тези множество пътища на замърсяване създава силно хетерогенни условия на околната среда, характеризиращи се със значителна



пространствена и времева променливост. Следователно, програмите за мониторинг трябва да възприемат интегрирани подходи, способни да комбинират полеви наблюдения, технологии за дистанционно наблюдение, хидродинамично моделиране и методологии за оценка на екологичния риск, за да обхванат адекватно сложността на динамиката на замърсяването на морската среда, свързана с конфликтите.

2.1 Приоритетни замърсители и химически сигнатури на конфликта

Замърсяването на морската среда, свързано с конфликти, се характеризира с отделянето на широк спектър от опасни вещества, произхождащи от военни дейности, повредена промишлена инфраструктура, процеси на горене и случайни химически изхвърляния. За разлика от конвенционалните сценарии на замърсяване на морската среда, замърсяването, свързано с война, често включва сложни смеси от замърсители, въведени едновременно в околната среда при неконтролирани условия. Тези смеси могат да проявяват кумулативни, синергични или дългосрочни екологични ефекти, които усложняват дейностите по оценка на околната среда и отстраняване.

Сред най-значимите замърсители, свързани с въоръжените конфликти, са петролните въглеводороди, получени от повредени плавателни съдове, складове за гориво, рафинерии, тръбопроводи и пристанищна инфраструктура. Нефтените разливи, генерирани по време на военни операции, могат бързо да се разпространят в големи морски райони, засягайки качеството на водата, седиментите, крайбрежните местообитания, рибарството и морското биоразнообразие [20]. В полузатворени басейни като Черно море, устойчивостта на въглеводородите може да бъде особено продължителна поради ограничения водообмен и намаления капацитет за разреждане.

Тежките метали също представляват основна категория замърсители, свързани с конфликти. Военни боеприпаси, взривни вещества, разрушени промишлени съоръжения, корабокрушения и остатъци от горене могат да отделят значителни количества олово, живак, кадмий, мед, цинк, хром, никел и арсен в морските екосистеми [21]. Тези замърсители могат да се задържат в седиментите за

продължителни периоди и да представляват хронични екологични рискове за бентосните организми, рибните популации и по-високите трофични нива.

Взривните съединения и енергийните материали представляват друг характерен химичен белег на въоръжения конфликт. Вещества като тротил, RDX, HMX, перхлорати и други военни взривни вещества могат да попаднат в морската среда чрез невзривени боеприпаси, остатъци от боеприпаси, подводни детонации и изхвърляне на военни отпадъци [22]. С течение на времето корозионните процеси, засягащи потопените боеприпаси, могат постепенно да отделят тези вещества в околните води и седименти, създавайки устойчиви горещи точки на замърсяване.

Устойчивите органични замърсители (УОЗ) могат допълнително да бъдат мобилизирани по време на конфликти поради разрушаването на промишлени съоръжения, замърсени обекти, трансформатори и места за съхранение на отпадъци. Полихлорираните бифенили (ПХБ), диоксините, пестицидите и други устойчиви замърсители могат да останат в морските екосистеми в продължение на десетилетия поради устойчивостта им на разграждане в околната среда [23]. Високият им потенциал за биоакмулиране увеличава рисковете за морските хранителни вериги и човешкото здраве, особено в региони, зависими от рибарството и консумацията на морски дарове. Друг възникващ проблем е замърсяването с морски отпадъци и микропластмаси, свързани с разрушенията, свързани с войната. Повредената инфраструктура, военното оборудване, синтетичните материали, строителните отпадъци и разрушените градски райони генерират големи количества отпадъчни материали, способни да попаднат в морските системи чрез речен транспорт, крайбрежна ерозия и директно отлагане [24]. Процесите на фрагментация могат впоследствие да генерират микропластмаси, които взаимодействат с други замърсители и улесняват транспорта им в рамките на морските хранителни вериги.

Замърсяването с хранителни вещества и микробиологичното замърсяване също могат да се увеличат значително по време на конфликти поради срина на системите за пречистване на отпадъчни води и прекъсвания, засягащи санитарната инфраструктура. Непречистените отпадъчни води могат да повишат концентрациите на азот, фосфор,



патогени и микроорганизми, устойчиви на антибиотици, в крайбрежните води, допринасяйки за процесите на еутрофикация и рисковете за общественото здраве [25].

Разбирането на екологичното поведение на тези замърсители е от съществено значение за разработването на ефективни стратегии за мониторинг. Различните групи замърсители показват различна степен на персистентност, мобилност, токсичност и бионаличност. Следователно, програмите за мониторинг трябва да възприемат мултидисциплинарни аналитични подходи, способни да се справят със сложността на сценариите на замърсяване, свързани с военни действия.

2.2 Environmental matrices and monitoring domains

Ефективният мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти, изисква изследване на множество екологични матрици, способни да предоставят допълваща информация относно разпределението на замърсителите, пътищата на транспорт, екологичната експозиция и дългосрочните въздействия върху околната среда. Изборът на подходящи области за мониторинг е от основно значение за получаване на цялостно разбиране на динамиката на замърсяването в морските и крайбрежните екосистеми. Водният стълб представлява една от основните матрици за мониторинг за откриване на остри замърсявания и оценка на процесите на разпространение на замърсители. Дейностите по мониторинг във водния стълб са особено важни след нефтени разливи, химически изхвърляния, експлозии или изпускане на отпадъчни води, свързани с военни дейности. Често оценяваните параметри включват въглеводороди, разтворени метали, хранителни вещества, суспендирани частици, разтворен кислород, соленост, рН, мътност и микробиологични показатели [26].

Повърхностните води често предоставят първата индикация за текущи замърсявания, особено в случаите, включващи нефтени разливи или плаващи отломки. Въпреки това, мониторингът на подпочвените и дънните води може да е необходим, тъй като някои замърсители показват вертикални процеси на транспорт и натрупване, повлияни от хидродинамични условия и взаимодействия на седименти. В стратифицирани морски системи като Черно море, вертикалната структура на водния

стълб може значително да повлияе на поведението на замърсителите и наличието на кислород. Морските седименти представляват друга критична екологична матрица, тъй като действат както като погълтители, така и като вторични източници на замърсяване. Финозърнестите седименти могат да натрупват въглеводороди, тежки метали, устойчиви органични замърсители, остатъци от експлозиви и микропластмаси за продължителни периоди от време. Следователно мониторингът на седиментите е от съществено значение за идентифициране на дългосрочни горещи точки на замърсяване и за оценка на историческите отлагания на замърсители, свързани с дейности, свързани с конфликти.

Анализите на седиментите допълнително предоставят важна информация относно устойчивостта на замърсителите, бионаличността и потенциалните процеси на ремобилизация. Смушенията, причинени от бури, драгиращи операции, движения на плавателни съдове или експлозии, могат да ресуспендират замърсените седименти и да увеличат рисковете от експозиция за морските организми. Следователно, програмите за мониторинг на седиментите трябва да включват както химични анализи, така и параметри за физична характеристика, като например разпределение на размера на зърната (зърнометрия) и съдържание на органична материя [27].

Биологичният мониторинг представлява друг съществен компонент от рамките за оценка на околната среда. Морските организми могат да натрупват замърсители в тъканите си, предоставяйки ценна информация относно бионаличността, трофичния трансфер и екологичната експозиция. Мидите, рибните видове, бентосните безгръбначни и планктонните съобщества често се използват като биоиндикатори за оценка на тенденциите на замърсяване и екологичните ефекти [28]. Дейностите по биомониторинг могат допълнително да подпомогнат оценката на сублеталните биологични ефекти, свързани със замърсяване, свързано с война, включително генотоксичност, оксидативен стрес, репродуктивни нарушения и физиологични промени. Такива подходи са особено важни за оценка на хронични въздействия върху околната среда, които може да не бъдат незабавно открити само чрез конвенционални химични анализи.



Крайбрежните местообитания и екосистеми също изискват специално внимание при мониторинга, тъй като те често представляват зони с висока екологична чувствителност и натрупване на замърсители. Влажните зони, лагуните, естуарите, ливадите с морска трева и местата за хвърляне на хайвера могат да бъдат особено уязвими към замърсяване, свързано с нефтени разливи, пренос на седименти и изхвърляне на отпадъчни води [29]. Следователно мониторингът на местообитанията трябва да включва оценки на екологичната цялост, промените в биоразнообразието, деградацията на местообитанията и промените във функциите на екосистемите. Мониторингът на морските отпадъци и отломки представлява друга все по-важна област за мониторинг в засегнати от конфликти среди. Големи количества отломки, генерирани по време на война, могат да се натрупат по крайбрежните линии, в естуарите и в офшорните зони. Следователно програмите за мониторинг трябва да оценяват изобилието, състава, пространственото разпределение и процесите на фрагментация на отломките, допринасящи за генерирането на микропластмаса [30].



Снимка 2: Контролна зала за мониторинг на околната среда, показваща множество цифрови табла в реално време, използвани за непрекъснато наблюдение и интегриране на данни. Източник: Pexels.

Тъй като замърсяването, свързано с конфликти, засяга едновременно множество взаимосвързани компоненти на околната среда, стратегиите за мониторинг трябва да възприемат интегрирани и мултидисциплинарни подходи. Комбинирането на наблюдения върху води, седименти, биота, местообитания и матрици на отломки позволява по-цялостно разбиране на динамиката на замърсяването и подобрява надеждността на екологичните оценки.



ГЛАВА 3

ПОДХОДИ И МЕТОДОЛОГИИ ЗА МОНИТОРИНГ

Проектирането на мрежи за мониторинг на замърсяване на морската среда, свързано с конфликти, изисква стратегически и базиран на риска подход, способен да се справи с силно хетерогенни условия на околната среда и оперативни ограничения. За разлика от конвенционалните програми за мониторинг на околната среда, мрежите за мониторинг, свързани с конфликти, трябва да останат достатъчно гъвкави, за да се адаптират бързо към променящите се екологични рискове, ограниченията за достъпност и нововъзникващите горещи точки на замърсяване [31].

Горещите точки представляват приоритетни места за мониторингови дейности поради повишената им вероятност от замърсяване и екологично въздействие. Такива зони могат да включват повредени пристанища, индустриални крайбрежни зони, нефтени терминали, военноморски оперативни зони, естуари, приемащи замърсени речни изхвърляния, и места, засегнати от подводни експлозии или корабокрушения. Мониторинговите станции, разположени в тези зони, трябва да подпомагат както дейностите за реагиране при извънредни ситуации, така и дългосрочните цели за оценка на околната среда. В допълнение към горещите точки, мрежите за мониторинг трябва да включват фонове или референтни места, разположени извън прякото влияние на източниците на замърсяване, свързани с конфликти. Тези референтни станции са от съществено значение за разграничаване на замърсяването, свързано с конфликти, от съществуващи условия на околната среда и по-широк антропогенен натиск [32]. Фоновите места допълнително подпомагат анализа на тенденциите и улесняват интерпретацията на промените в околната среда във времето.

Градиентните станции, разположени по пътищата на замърсяване, могат допълнително да подобрят разбирането на динамиката на транспорта и разпространението на замърсителите. Такива станции са особено полезни в близост до речни устия, крайбрежни течения, зони за заустване на отпадъчни води и коридори за

пренос на седименти. Мониторингът по пространствени градиенти позволява оценка на процесите на разреждане, трансформация и натрупване на замърсители, протичащи в морските екосистеми.

Временните съображения също играят критична роля при проектирането на мрежата за мониторинг. Мониторингът при аварийно реагиране може да изисква бързо разполагане на временни станции веднага след инциденти със замърсяване, докато дългосрочните програми за оценка могат да включват постоянна или полупостоянна инфраструктура за мониторинг [33]. Сезонната променливост, хидрологичните цикли, бурите и оперативните ограничения трябва да се вземат предвид при определянето на графици за вземане на проби и честотата на мониторинг.

Ограниченията за достъпност и безопасност представляват основни оперативни предизвикателства в засегнатите от конфликти региони. Някои морски или крайбрежни зони могат да станат недостъпни поради военна дейност, невзривени боеприпаси, повредена инфраструктура или ограничения за сигурност. Следователно, мрежите за мониторинг трябва да интегрират технологии за дистанционно наблюдение, автономни платформи за мониторинг и алтернативни методи за наблюдение, способни да намалят зависимостта от директен достъп на място.

Интегрирането на фиксирани станции, мобилни проучвания, сателитни наблюдения и автономни системи осигурява по-голяма оперативна устойчивост и подобрява пространственото покритие при нестабилни условия. Такива интегрирани архитектури за мониторинг са особено важни в Черноморския регион, където условията на околната среда и оперативната достъпност могат да се променят бързо с течение на времето. Проектирането на мрежата за мониторинг следва допълнително да гарантира съвместимост със съществуващите европейски и регионални рамки за морски мониторинг. Съответствието с дескрипторите на РДМС, методологиите за оценка на РДВ, структурите на BSIMAP и стандартите на EMODnet улеснява оперативната съвместимост на данните и допринася за по-широки регионални усилия за оценка на околната среда [34].



В крайна сметка, ефективните мрежи за мониторинг трябва да балансират научната стабилност, оперативната осъществимост и адаптивния капацитет. Динамичният характер на свързаните с конфликтите екологични рискове изисква системи за мониторинг, способни не само да документират събития на замърсяване, но и да подпомагат бързото вземане на решения за околната среда, реагиране при извънредни ситуации и дългосрочно възстановяване на екосистемите.

3.1 Стратегии за вземане на проби, честота и полеви операции

Следователно стратегиите за вземане на проби трябва да бъдат разработени съгласно рамка, основана на риска, която дава приоритет на области, характеризиращи се с повишена вероятност от замърсяване, екологична уязвимост и потенциално въздействие върху човешките дейности. Приоритет обикновено трябва да се дава на зони, засегнати от нефтени разливи, промишлени аварии, изпускане на отпадъчни води, подводни експлозии, корабокрушения и замърсени речни зауствания [35]. В същото време програмите за мониторинг трябва да поддържат достатъчно пространствено покритие, за да оценят пътищата на пренос на замърсители и да идентифицират вторични горещи точки на замърсяване.

Вземането на проби при спешни случаи представлява един от най-важните компоненти на екологичния мониторинг, свързан с конфликти. Веднага след инциденти със замърсяване, бързата оценка на околната среда е от съществено значение за идентифициране на видовете замърсители, оценка на екологичните рискове и подпомагане на процесите на вземане на решения при спешни случаи. Следователно кампаниите за вземане на проби при спешни случаи трябва да дадат приоритет на възможностите за бързо разполагане и опростените оперативни процедури, способни да генерират надеждна информация за околната среда в рамките на ограничени срокове. [36].

Временната честота представлява друго основно съображение при проектирането на мониторинга. Събитията на остро замърсяване може да изискват интензивни краткосрочни честоти на вземане на проби през първите часове или дни

след инцидентите със замърсяване. Такива високочестотни наблюдения са особено важни за бързо развиващи се явления като нефтени разливи, изпускане на химикали, изхвърляне на отпадъчни води или събития на ресуспендиране на седименти. С течение на времето честотата на мониторинг може постепенно да премине към средносрочни и дългосрочни графици за оценка, фокусирани върху устойчивостта на замърсителите, екологичното възстановяване и хроничните въздействия върху околната среда [37]. Сезонната променливост трябва допълнително да се вземе предвид при проектирането на програми за мониторинг.

Методите за вземане на проби трябва да останат в съответствие с международно признатите стандарти, когато е оперативно осъществимо. Пробовземането (пробоотбор) на проби от водния стълб може да включва повърхностно, подземно и дънно събиране в зависимост от характеристиките на замърсителите и условията на околната среда. Пробовземането на седименти трябва да включва както повърхностни седименти, така и по-дълбоки седиментни ядра, където се изисква дългосрочна оценка на замърсяването. Пробовземането на биота може да се фокусира върху биоиндикаторни видове, способни да отразяват бионаличността на замърсителите и процесите на трофичен трансфер [38].

Полевите операции, провеждани в засегнати от конфликти региони, трябва да поставят особен акцент върху безопасността на персонала и оперативната готовност. Екипите за мониторинг на околната среда могат да се сблъскат с рискове, свързани с невзривени боеприпаси, военна дейност, повредена инфраструктура, излагане на химикали и зони с ограничена навигация. Следователно, полевите операции трябва да бъдат предшествани от подробни оценки на риска и координирани със съответните органи, отговорни за морската безопасност и гражданската защита [39].

Технологиите за дистанционно и автономно наблюдение могат значително да подобрят оперативната безопасност и непрекъснатостта на данните при опасни условия. Автономни надводни превозни средства, подводни дроневи, платформи за дистанционно наблюдение и сателитни наблюдения могат да подпомогнат дейностите по оценка на околната среда в райони, където директният достъп до полето е ограничен



или опасен. Тези технологии допълнително подобряват времевото покритие и позволяват наблюдение в почти реално време на бързо развиващи се замърсители [40].

Процедурите за осигуряване на качеството също трябва да останат неразделна част от полевите операции, провеждани при извънредни условия. Дори по време на кампании за бързо реагиране, стандартизираните протоколи за вземане на проби, процедурите за верига на съхранение, мерките за предотвратяване на замърсяване и записването на метаданни остават от съществено значение за осигуряване на надеждността и сравнимостта на данните.

3.2 Аналитични методи, лабораторни процедури и осигуряване контрол на качеството

Аналитичните дейности, провеждани в рамките на мониторинга на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти, трябва да гарантират високи стандарти за научна надеждност, сравнимост и проследимост, въпреки оперативните предизвикателства, свързани с условията за реагиране при извънредни ситуации и повредената инфраструктура.

Лабораторните анализи представляват основен компонент на оценката на околната среда, тъй като те предоставят количествената информация, необходима за идентифициране на замърсители, оценка на екологичните рискове и подкрепа на решенията за отстраняване и политики. Изборът на аналитични методи трябва да се ръководи от характеристиките на очакваните замърсители, целите на мониторинга, наличния лабораторни капацитет и приложимите международни стандарти. Предвид сложността на сценариите за замърсяване, свързани с военни действия, програмите за мониторинг често изискват мултидисциплинарни аналитични подходи, способни едновременно да се справят с въглеводороди, тежки метали, експлозивни съединения, устойчиви органични замърсители, хранителни вещества, микробиологични замърсители и микропластмаси [41].

Анализите на въглеводороди обикновено се фокусират върху общите петролни въглеводороди (TPHs), полицикличните ароматни въглеводороди (PAHs), летливите органични съединения (ЛОС) и техниките за характеризиране на нефтени отпечатьци,

способни да идентифицират източниците на замърсяване. Газовата хроматография, съчетана с маспектрометрия (GC-MS), остава една от най-широко прилаганите аналитични техники за замърсители, свързани с петрол, поради своята чувствителност и специфичност [42].

Оценката на тежки метали обикновено включва анализ на живак, кадмий, олово, мед, цинк, хром, никел и арсен във вода, седименти и биологични тъкани. Маспектрометрията с индуктивно свързана плазма (ICP-MS) и атомно-абсорбционната спектрометрия (AAS) често се използват за определяне на следи от метали поради високата им аналитична прецизност и ниските граници на откриване [43].

Анализът на експлозивни съединения и енергийни материали изисква специализирани аналитични процедури поради физикохимичните свойства и екологичното им поведение. Високоэффективна течна хроматография (HPLC), течна хроматография-маспектрометрия (LC-MS) и свързани с тях методи се прилагат често за откриване на съединения като TNT, RDX, HMX и техните продукти от разграждането в екологичните матрици [44].

Микробиологичните анализи могат също да играят критична роля в мониторинга, свързан с конфликти, особено в райони, засегнати от изпускане на отпадъчни води или повредена санитарна инфраструктура. Често оценяваните параметри включват фекални индикаторни бактерии, патогенни микроорганизми и маркери за антимикробна резистентност, способни да представят рискове за общественото здраве, свързани с изпускането на непечистени отпадъчни води [45].

В допълнение към химичните анализи, подходите за мониторинг на биологичните ефекти могат да подпомогнат оценката на сублеталните екологични въздействия, свързани със замърсяване, свързано с военни действия. Анализите на биомаркери, екотоксикологичните тестове, анализите на генотоксичност и физиологичните индикатори могат да предоставят ценна информация относно бионаличността на замърсителите и реакциите на биологичен стрес, които може да не бъдат открити само чрез химични анализи [46].



Процедурите за осигуряване на качеството и контрол на качеството (QA/QC) са от съществено значение за осигуряване на надеждността и съпоставимостта на аналитичните резултати, получени при условия на конфликт. Стандартните оперативни процедури, протоколите за калибриране, сертифицираните референтни материали, лабораторните интеркалибрационни упражнения, празни анализи, дублирани проби и оценките на възстановяването трябва да бъдат включени в аналитичните работни процеси, когато е възможно [47].

Процедурите по веригата за съхранение и документирането на метаданните са еднакво важни за поддържане на проследимостта и за подкрепа на правната и научна достоверност на резултатите от мониторинга. В сценарии, свързани с конфликти, данните за околната среда могат допълнително да допринесат за процесите на екологична отчетност и оценките на щетите след конфликт, увеличавайки значението на прозрачните и добре документираните аналитични процедури.

Интегрирането на мониторинга на микропластмасите в програмите за оценка на околната среда, свързани с конфликти, значително разширява диагностичния обхват на събраните данни. Надеждните резултати изискват специално оборудване за вземане на проби от инертни материали, последователна филтрация (333 μm и 10 μm mesh), а за седименти - разделяне по плътност, последвано от смилане на органична материя. Идентификацията на полимерите трябва да се потвърди чрез FTIR или Raman спектроскопия, като докладването следва стандартите MSFD TG-ML, за да се осигури регионална сравнимост. Когато полевите условия или ограниченията за достъп ограничават лабораторния капацитет, преносимите FTIR спектрометри представляват ценна и лесно разгръщаща се алтернатива [48].

3.3 Дистанционно наблюдение, моделиране и автономни системи

Технологиите за дистанционно наблюдение, автономните системи за мониторинг и инструментите за числено моделиране представляват все по-важни компоненти на рамките за мониторинг на околната среда, предназначени за засегнати от конфликти морски среди. Тези технологии значително подобряват капацитета за

мониторинг при условия, при които директният достъп до полето е ограничен, опасен или оперативно неосъществим.

Сателитното дистанционно наблюдение осигурява мащабни и почти реалновременни наблюдения, способни да подпомогнат откриването и оценката на нефтени разливи, суспендирани седименти, цъфтеж на водорасли, натрупване на отломки, крайбрежни щети и хидродинамични промени. Оптичните и радарните сателитни системи са особено ценни, защото позволяват наблюдения на околната среда в обширни морски региони, като същевременно минимизират зависимостта от директни полеви операции [49].

Изображенията от синтетично-апертурни радары (SAR) са се доказали като особено полезни за откриване на нефтени разливи и аномалии на морската повърхност при различни метеорологични условия, включително среди, покрити с облаци. SAR системите могат да идентифицират нефтени петна въз основа на промените в грападостта на морската повърхност и следователно се използват широко в рамките за оперативно наблюдение на замърсяването на морската среда [50]. Оптичните сателитни изображения допълнително подпомагат оценката на мътноста, концентрациите на хлорофил, седиментните струи и промените в крайбрежните местообитания, свързани с екологични смущения, свързани с конфликти.

Технологиите за дистанционно наблюдение могат също да подпомогнат дейностите по оценка на щетите след атаки срещу промишлени съоръжения, пристанища, язовири и крайбрежна инфраструктура. Изображенията с висока резолюция могат да улеснят идентифицирането на източници на замърсяване, разрушаване на инфраструктурата, промени в бреговата линия и модели на разпределение на отломките, като предоставят ценна информация за координация на реагиране при извънредни ситуации и оценка на екологичния риск [51].

Автономните платформи за мониторинг допълнително подобряват оперативната гъвкавост и покритието на околната среда в опасни или недостъпни зони. Автономни надводни превозни средства (ASV), автономни подводни превозни средства (AUV), дистанционно управлявани превозни средства (ROV) и инструментални буйове могат



да събират данни за околната среда, без да излагат персонала на директни оперативни рискове. Тези системи могат да поддържат мониторинг на качеството на водата, картографиране на морското дъно, откриване на замърсители и инспекции на подводна инфраструктура [52]. Инструментите за числено моделиране представляват друг съществен компонент на интегрираните рамки за мониторинг. Хидродинамичните модели, моделите на траекторията на нефтени разливи, симулациите на пренос на седименти и моделите за разпръскване на замърсители подпомагат прогнозирането на пътищата на пренос на замърсители и сценариите за експозиция на околната среда. Тези модели са особено важни по време на аварийни ситуации, защото помагат на вземащите решения да идентифицират потенциално засегнатите райони и да приоритизират мерките за интервенция [53].

Подходите за моделиране допълнително подпомагат дългосрочната оценка на околната среда, като подобряват разбирането за устойчивостта на замърсителите, процесите на натрупване на седименти, траекториите на възстановяване на екосистемите и динамиката на трансграничното замърсяване в рамките на Черноморския басейн. Интегрирането на резултатите от моделирането с полеви наблюдения и данни от дистанционно наблюдение значително подобрява надеждността на оценките на околната среда и улеснява анализа на сценарии при несигурни условия. Въпреки значителните си предимства, подходите за дистанционно наблюдение и моделиране не трябва да се считат за заместители на конвенционалните дейности по полеви мониторинг. Вместо това, тези технологии трябва да бъдат интегрирани в по-широки мултидисциплинарни системи за мониторинг, способни да комбинират директни наблюдения, лабораторни анализи, автономни платформи и инструменти за прогнозиране. Такива интегрирани подходи осигуряват най-високо ниво на надеждност на оценката на околната среда и оперативна устойчивост при конфликтни условия.

3.4 Системи за управление на данни, интеграция и отчетност

Ефективният мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти, изисква надеждни системи за управление на данни, способни да осигурят

достъпност, оперативна съвместимост, проследимост и дългосрочно съхранение на данните. Информацията за околната среда, генерирана по време на конфликтни ситуации, често произхожда от множество институции, лаборатории, платформи за мониторинг и дейности за реагиране при извънредни ситуации. Следователно, хармонизираните структури на данните и стандартизираните процедури за докладване са от съществено значение за осигуряване на съгласуваност и съпоставимост между наборите от данни. Рамките за управление на данните следва да подкрепят интегрирането на полеви наблюдения, лабораторни анализи, сателитни продукти, резултати от моделиране и автономни системи за мониторинг в рамките на обща оперативна структура. Стандартизацията на метаданните, методологиите за вземане на проби, аналитичните единици и геопространствените референции е особено важна за улесняване на регионалното сътрудничество и трансграничната екологична оценка [54].

Съвместимостта със съществуващите европейски и регионални инфраструктури за морски данни също трябва да бъде приоритет. Резултатите от мониторинга, генерирани в засегнатите от конфликти райони, трябва да останат оперативно съвместими със системи като платформите за докладване на EMODnet Chemistry, WISE Marine и MSFD, за да се подпомогне дългосрочната екологична оценка и разработването на политики [55].

Механизмите за бърз обмен на информация са също толкова важни по време на извънредни ситуации. Навременното разпространение на информация за околната среда може да подпомогне операциите по реагиране при замърсяване, безопасността на корабоплаването, защитата на общественото здраве и дейностите по регионална координация. Поради тази причина системите за мониторинг следва да включват процедури за валидиране на данни, бързо докладване и сигурно споделяне на информация между съответните институции.



ГЛАВА 4

ВНЕДРЯВАНЕ, УПРАВЛЕНИЕ И ПРИЛОЖЕНИЯ

Дейностите по мониторинг на околната среда, провеждани в засегнати от конфликти региони, включват значителни оперативни, логистични и етични предизвикателства. Съображенията за безопасност трябва да останат най-висок приоритет по време на всички операции по мониторинг, особено в райони, засегнати от активни военни дейности, невзривени боеприпаси, повредена инфраструктура или източници на опасно замърсяване [56]. Оперативните ограничения могат допълнително да включват ограничен достъп до станции за мониторинг, повредена транспортна инфраструктура, прекъсвания в комуникационните системи и недостиг на аналитично оборудване или лабораторни реактиви. При такива условия адаптивните подходи за мониторинг и използването на дистанционни технологии стават от съществено значение за поддържане на капацитета за оценка на околната среда.

Етичните съображения също играят важна роля в свързания с конфликтите мониторинг на околната среда. Дейностите по мониторинг трябва да избягват нарастващите рискове за местните общности и да гарантират отговорно боравене с чувствителна информация за околната среда. Прозрачността, научната почтеност и зачитането на международните екологични и хуманитарни принципи трябва да останат централни елементи на всички операции по мониторинг [57].

4.1 Приоритизиране, основано на риска, и адаптивен мониторинг

Предвид сложността и мащаба на въздействието върху околната среда, свързани с въоръжените конфликти, дейностите по мониторинг трябва да бъдат приоритизирани съгласно принципите за оценка, основана на риска. Не всички замърсени зони могат да бъдат наблюдавани едновременно, особено при условия на ограничени ресурси и ограничен достъп. Следователно приоритетите за мониторинг трябва да се съсредоточат върху области, характеризиращи се с повишена екологична уязвимост,

значителни рискове от замърсяване и потенциални въздействия върху човешкото здраве и икономическите дейности [58]. Оценките на риска трябва да вземат предвид множество фактори, включително токсичност на замърсителите, устойчивост, транспортен потенциал, чувствителност на екосистемите, пътища на експозиция и наличието на критични местообитания или социално-икономически дейности. Крайбрежните влажни зони, рибарските зони, защитените морски зони и гъсто населените крайбрежни зони може да изискват специално внимание при мониторинга поради тяхното екологично и социално-икономическо значение.

Адаптивният мониторинг представлява друг съществен принцип за оценка на околната среда, свързана с конфликти. Системите за мониторинг трябва да останат достатъчно гъвкави, за да реагират бързо на променящите се условия на околната среда, новооткритите източници на замърсяване и променящите се оперативни ограничения [59]. Това може да включва промяна на честотата на вземане на проби, преместване на станции за мониторинг, интегриране на допълнителни технологии или разширяване на аналитичните параметри в съответствие с възникващите екологични рискове. Интегрирането на адаптивни подходи за мониторинг подобрява устойчивостта и ефективността на рамките за оценка на околната среда при нестабилни условия и допринася за по-ефективно разпределение на ресурсите за мониторинг.

4.2 Пътна карта за внедряване

Внедряването на рамка за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти, трябва да следва поетапен и оперативно реалистичен подход, способен да се адаптира към променящите се екологични и геополитически условия. Първоначалните фази на внедряване следва да дадат приоритет на институционалната координация, готовността за реагиране при извънредни ситуации и капацитета за бърза оценка на околната среда.

Първият етап на внедряване следва да включва създаването на механизми за координация между екологичните органи, изследователските институции, лабораториите, морските агенции и регионалните организации. Тази фаза следва



допълнително да включва идентифицирането на приоритетни горещи точки на замърсяване, съществуващите капацитети за мониторинг, наличните набори от данни и оперативните ограничения.

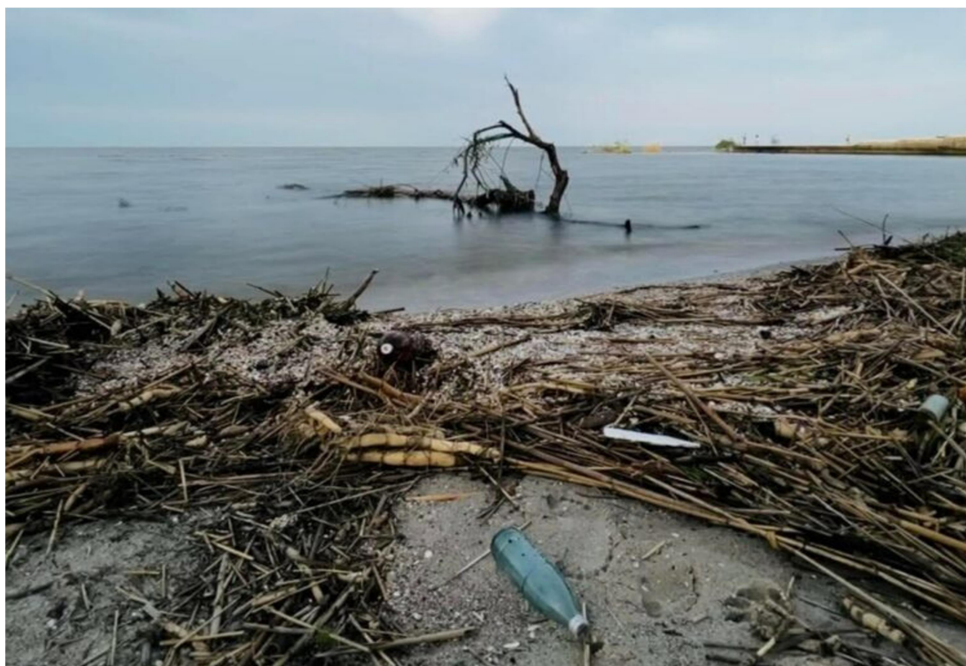
Вторият етап следва да се фокусира върху внедряването на основни дейности по мониторинг във високоприоритетни райони. Първоначалните мрежи за мониторинг могат да включват ограничен брой стратегически подбрани станции, комбинирани със сателитни наблюдения и процедури за бързо вземане на проби. По време на тази фаза следва постепенно да се внедряват хармонизирани методологии и процедури за осигуряване/контрол на качеството [60].

Последващите фази на внедряване могат да включват разширяване на мрежите за мониторинг, интегриране на автономни технологии, подобряване на лабораторния капацитет и повишена оперативна съвместимост с регионални и европейски системи за докладване. Дългосрочното внедряване следва допълнително да подпомогне оценката на възстановяването на екосистемите, разработването на политики и процесите на управление на околната среда. Поетапната стратегия за внедряване подобрява оперативната осъществимост, като същевременно позволява на системите за мониторинг да се развиват постепенно в съответствие с наличните ресурси, екологичните приоритети и капацитета за регионално сътрудничество.

4.3 Регионално приложение: контекстът на Черно море

Черно море представлява едно от най-уязвимите от екологична гледна точка регионални морета в Европа и представлява особено подходящ казус за прилагането на рамки за мониторинг на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти. Неговата полузатворена конфигурация, ограниченият обмен на вода със Средиземно море, обширните речни притоци и интензивният антропогенен натиск правят басейна силно чувствителен към натрупване на замърсители и деградация на екосистемите [61]. Продължаващият конфликт, включващ Украйна, е генерирал множество екологични натоваарвания, засягащи морската среда на Черно море. Нефтени разливи, повредена промишлена инфраструктура, изхвърляне на отпадъчни води, транспорт на отломки и

процеси на преразпределение на седименти са допринесли за нарастваща екологична несигурност в региона. Освен това, разрушаването на хидравличната инфраструктура е променило динамиката на речния транспорт и може да повлияе на моделите на разпространение на замърсителите в северозападните крайбрежни води на Черно море [62].



Снимка 3: Черно море след разрушаването на Каховската водоелектрическа централа през юни 2023 г.

Източник: Иван Страхов

Черно море освен това представлява важни трансгранични предизвикателства за управление на околната среда. Замърсителите, въведени в една част от басейна, могат да бъдат пренесени през националните граници чрез хидродинамична циркулация и речни системи. Следователно, ефективният мониторинг и екологична оценка изискват силно регионално сътрудничество и хармонизирани методологии между черноморските страни и институции [63].

Съществуващите регионални рамки, като например Интегрираната програма за мониторинг и оценка на Черно море (BSIMAP), заедно с европейски инициативи, включително EMODnet и Copernicus Marine Service, осигуряват важна основа за



Co-funded by the
European Union

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily express those of the European Union or European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency (CINEA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

разработването на интегрирани системи за мониторинг, свързани с конфликти, в рамките на басейна.

4.4 Интеграция с европейски и международни рамки

Основна цел на това ръководство е да осигури съвместимост между дейностите по мониторинг, свързани с конфликти, и съществуващите европейски и международни системи за управление на морската околна среда. Хармонизирането с установените рамки подобрява съпоставимостта на данните, улеснява регионалното сътрудничество и подкрепя интегрирането на информация за околната среда, свързана с конфликти, в по-широки процеси за оценка на морската среда [64].

Рамковата директива за морска стратегия (РДМС) представлява един от основните европейски политически инструменти, свързани с мониторинга на морската среда. РДМС установява всеобхватна рамка за постигане на добро екологично състояние (ДЕС) в европейските морски води и включва дескриптори, отнасящи се до замърсителите, морските отпадъци, биоразнообразието, еутрофикацията и хидрографските промени [65]. Много от тези дескриптори са пряко свързани с оценката на екологичните последици от въоръжените конфликти.

Рамковата директива за водите (РДВ) допълнително предоставя важни методологични насоки за мониторинг на преходните и крайбрежните води, особено по отношение на оценката на химичното състояние, екологичните показатели и подходите за управление на речните басейни. Тъй като много замърсители, свързани с конфликти, се пренасят през речните системи, интеграцията със структурите на РДВ е особено важна в рамките на басейна на Черно море. Регионални рамки за мониторинг, като например BSIMAP, методологиите на OSPAR, ръководствата на HELCOM и стандартите за данни на EMODnet, също предоставят ценни технически и оперативни справки за хармонизирана оценка на околната среда [66]. Съгласуването с тези системи улеснява оперативната съвместимост и допринася за разработването на координирани трансгранични стратегии за мониторинг.

Международните организации изпълняват двойна функция в рамката за управление относно мониторинга на замърсяването на морската среда, свързано с конфликти: те действат като нормативни органи, като формулират и прилагат гореспоменатите международни правни инструменти, като същевременно служат и като оперативни партньори, които предлагат технически насоки, сателитни услуги, научна координация и помощ за изграждане на капацитет. Програмата на ООН за околната среда (UNEP) функционира като основна организация на ООН за оценка на околната среда след конфликти и наблюдава прилагането на международното право в областта на околната среда в ситуации, засегнати от конфликти. ИМО наблюдава MARPOL и Лондонския протокол, като и двата от тях установяват обвързващи технически норми, пряко свързани с мониторинга на замърсяването в конфликтни ситуации. МОК-ЮНЕСКО предлага инфраструктура за океанографски данни и научна координация, жизненоважни за района на Черно море. Европейската агенция по околна среда предоставя сравнителна статистика за околната среда и улеснява спазването на изискванията за докладване на РДМС. Наложително е ефективно да се интегрират дейностите по мониторинг, описани в това ръководство, с мандатите и техническите ресурси на тези организации, за да се гарантира научната достоверност и правната защитимост на екологичните оценки, провеждани в засегнати от конфликти морски среди.

Конвенцията на ООН по морско право (UNCLOS, 1982 г.) представлява основната международна правна рамка, уреждаща защитата на морската среда и трябва да бъде изрично цитирана във всеки документ, отнасящ се до замърсяването на морската среда. Членове 192–237 от UNCLOS установяват обвързващи задължения за всички държави да защитават и опазват морската среда, включително по време на въоръжени конфликти, и предоставят правната основа за юрисдикция за прилагане на закона върху случаи на замърсяване, случващи се в крайбрежните води, изключителните икономически зони и откритото море. В контекста на Черно море задълженията по UNCLOS се прилагат за всички крайбрежни държави и предоставят



всеобхватния правен мандат, в рамките на който функционират регионалните рамки за мониторинг и реагиране [67].

Международната конвенция за предотвратяване на замърсяването от кораби (MARPOL 73/78) регулира оперативните и аварийните изхвърляния на нефт, вредни вещества, отпадъчни води, боклук и замърсители на въздуха от плавателни съдове. Въпреки че член 3(3) от MARPOL позволява на държавите да освобождават военни кораби и плавателни съдове на правителствена служба от нейните разпоредби, много държави-членки на НАТО и ЕС доброволно прилагат стандартите на MARPOL към своите военноморски флоти. В засегнати от конфликти среди, приложение I (петрол) и приложение II (вредни течни вещества) към MARPOL предоставят техническите референтни стандарти за класифициране на тежестта на разлива и избор на подходящи аналитични параметри за мониторинг. Ръководството на ИМО за замърсяване с нефт (Раздел IV) [10] следва да се чете във връзка със задълженията по MARPOL.

Международното хуманитарно право предоставя най-пряко приложимата правна рамка за опазване на околната среда по време на активен въоръжен конфликт. Член 35(3) и член 55 от Допълнителен протокол I към Женевските конвенции (1977 г.) забраняват методи или средства за водене на война, които са предназначени или може да се очаква да причинят широко разпространени, дългосрочни и сериозни щети на природната среда. Тези разпоредби са обвързващи за държавите-членки на Протокола и представляват обичайно международно право, приложимо за всички страни в международен въоръжен конфликт [68]. Принципите на ИЛС за опазване на околната среда във връзка с въоръжените конфликти (2022 г.), приети от Комисията по международно право на ООН, допълнително консолидират и развиват тези задължения, като въвеждат принципи, приложими преди, по време и след конфликт, и по-специално разглеждат морската и водната среда. Рамките за мониторинг, разработени съгласно това ръководство, могат да генерират данни за околната среда, пряко свързани с оценките на съответствието с тези норми, и

следователно трябва да бъдат проектирани с оглед на доказателствената проследимост [69].

Конвенцията за забрана на военно или друго враждебно използване на техники за изменение на околната среда (ENMOD, 1976 г.) забранява умишленото манипулиране на природни процеси (включително хидроложки системи) като оръжие за водене на война. Макар че правната квалификация на такива събития попада извън обхвата на това ръководство за мониторинг, осведомеността за задълженията по ENMOD е от значение за определяне на аспектите на управление и отчетност на оценката на околната среда след конфликт, обсъдени в Раздел 4.5 [70].

Конвенцията за предотвратяване на замърсяването на морската среда чрез изхвърляне на отпадъци и други материали (Лондонска конвенция, 1972 г.) и нейният Протокол от 1996 г. регулират умишленото изхвърляне на отпадъчни материали в морето, включително боеприпаси и военно оборудване. Предпазният подход на Протокола към оценката на разрешителните за изхвърляне е пряко свързан с управлението след конфликт на потопени военни останки, невзривени боеприпаси и отломки от конфликти, натрупващи се в Черно море. Мониторингът на изхвърлените боеприпаси и продуктите от тяхното химическо разграждане (производни на трансформация на TNT, RDX, HMX) следва да се провежда в съответствие с рамката за оценка на отпадъците на Лондонския протокол [71].

Конвенцията за защита на Черно море от замърсяване (Букурещка конвенция, 1992 г.) е основният регионален правен инструмент, уреждащ защитата на морската среда в Черно море. Букурещката конвенция и трите ѝ протокола (обхващащи източниците на замърсяване на сушата, изхвърлянето на отпадъци и биологичното разнообразие) са обвързващи за всичките шест крайбрежни държави по Черно море (България, Грузия, Румъния, Русия, Турция, Украйна) и установяват правната основа за регионалните рамки за мониторинг, посочени в това ръководство, включително BSIMAP. Задълженията, установени по Букурещката конвенция, предлагат важна отправна точка за дейностите по мониторинг, провеждани в региона на Черно море,



включително тези, разработени в рамките на проекта SIERRA за Черно море. Комисията за Черно море (BSC), като институционален орган, създаден по силата на Конвенцията, играе централна роля в трансграничния обмен на данни и координираната оценка на околната среда в крайбрежните държави [72].

Базелската конвенция за контрол на трансграничното движение на опасни отпадъци и тяхното обезвреждане (1989 г.) е приложима за управлението на потоци от опасни отпадъци, генерирани от унищожаването на промишлени съоръжения, места за съхранение на химикали и военни инсталации по време на конфликт. Отломки, свързани с конфликти, съдържащи устойчиви органични замърсители, тежки метали и реактивни химически остатъци, могат да представляват опасни отпадъци съгласно определенията на Базелската конвенция, а трансграничният транспорт на замърсени материали за третиране или обезвреждане изисква спазване на процедурите за уведомяване и съгласие по Базелската конвенция. Следователно програмите за мониторинг следва да включват компоненти за характеризирание на отпадъците, способни да подкрепят решенията за класифициране на опасните отпадъци съгласно националното и международното право.

Международната конвенция за гражданска отговорност за щети от замърсяване с нефт (CLC, 1992 г.) и **Фондът за обезщетение при замърсяване с нефт (IOPC Fund)** предлагат установена рамка за обезщетение в случаи на замърсяване с нефт от кораби, включително такива, повредени или изгубени по време на въоръжен конфликт. Данните от мониторинга на околната среда, генерирани съгласно това ръководство (обхващащи степента на разлива, обема и екологичните ефекти), могат да се окажат много важни в такива процеси, а отчитането на изискванията за доказателства на CLC/IOPC при проектирането на протоколи за мониторинг би могло да подобри по-широката полезност на събраните данни.

4.5 Възстановяване на околната среда, отчетност и дългосрочно управление

Дейностите по мониторинг на околната среда, провеждани по време и след въоръжени конфликти, не трябва да се ограничават единствено до цели за реагиране при извънредни ситуации. Системите за мониторинг също играят фундаментална роля в подкрепа на дългосрочното възстановяване на екосистемите, управлението на околната среда и процесите за екологична отчетност [73].

Данните за околната среда могат допълнително да допринесат за правни и политически процеси, свързани с екологичната отчетност и оценката на щетите. Научно обоснованите резултати от мониторинга могат да подпомогнат оценките на въздействието върху околната среда, планирането на възстановяването и международните дискусии относно опазването на околната среда по време на въоръжени конфликти [74]. Поради тази причина дейностите по мониторинг трябва да поддържат високи стандарти за прозрачност, методологична последователност и проследимост на данните. Укрепването на капацитета за управление на околната среда е също толкова важно за подобряване на дългосрочната екологична устойчивост в засегнатите от конфликти региони. Институционалното сътрудничество, регионалните механизми за координация, споделянето на научни данни и хармонизираните стандарти за мониторинг допринасят за по-ефективно управление на морската среда и готовност за бъдещи екологични кризи.

В крайна сметка, възстановяването на околната среда в Черноморския регион ще зависи не само от дейностите по отстраняване, но и от създаването на интегрирани системи за управление, способни да подкрепят устойчивото опазване на околната среда и регионалното сътрудничество в дългосрочен план.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Замърсяването на морската среда, свързано с въоръжени конфликти, представлява сложно и развиващо се екологично предизвикателство, изискващо интегрирани, адаптивни и мултидисциплинарни подходи за мониторинг. Екологичните последици от войната се простират отвъд непосредствените събития на замърсяване и могат да генерират трайни екологични въздействия, засягащи морските екосистеми, крайбрежните общности и регионалните системи за управление на околната среда. Черноморският регион илюстрира важността на разработването на оперативни рамки за мониторинг, способни да функционират в условия на несигурност, ограничен достъп и бързо променящи се екологични рискове. Традиционните системи за мониторинг на околната среда сами по себе си са недостатъчни, за да се справят със сложността на сценариите на замърсяване, свързани с конфликти. Вместо това, ефективните рамки за оценка трябва да интегрират полеви наблюдения, лабораторни анализи, сателитно дистанционно наблюдение, автономни технологии, инструменти за моделиране и оперативно съвместими инфраструктури за данни [75].

Това ръководство предлага методологична рамка, предназначена да подпомогне екологичните органи, научните институции и регионалните организации, участващи в мониторинга на замърсяването на морската среда, причинено от въоръжени конфликти. Особен акцент е поставен върху хармонизирането със съществуващите европейски и регионални рамки за мониторинг, включително системите MSFD, WFD, BSIMAP, EMODnet и WISE Marine [76]. Укрепването на регионалното сътрудничество и трансграничната координация ще остане от съществено значение за подобряване на капацитета за оценка на околната среда и реагиране в рамките на Черноморския басейн [77]. Споделените методологии за мониторинг, оперативно съвместимите системи за данни и координираните научни усилия могат значително да подобрят регионалната готовност и екологичната устойчивост.

В бъдеще, продължаващото технологично развитие, разширеното използване на дистанционно наблюдение и автономни системи, както и подобрената интеграция

между екологичната наука и политиката ще играят все по-важна роля в справянето със замърсяването на морската среда, свързано с конфликти. Дългосрочната защита на околната среда в Черноморския регион в крайна сметка ще зависи от капацитета на институциите и регионалните участници да разработят адаптивни системи за управление, способни да реагират ефективно на бъдещи екологични кризи, като същевременно подкрепят устойчивото възстановяване на екосистемите и екологичната сигурност [78].



ЛІТЕРАТУРА

- [1] European Environment Agency (EEA), *Marine Messages II*, EEA Report No 17/2019. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/europes-marine-biodiversity-remains-under-pressure/overall-biodiversity-condition-and-trends-in-europes-seas>
- [2] UNEP (2009). *Protecting the Environment During Armed Conflict: An Inventory and Analysis of International Law*. Nairobi: United Nations Environment Programme. https://ceobs.org/wp-content/uploads/2018/03/int_law.pdf
- [3] CEOBS (2024). *The Environmental Consequences of the War in Ukraine*. Conflict and Environment Observatory. <https://ceobs.org/wp-content/uploads/2024/03/The-environmental-consequences-of-the-war-against-Ukraine-Preliminary-twelve-month-assessment-summary-and-recommendations.pdf>
- [4] Black Sea Commission, 2008. State of the Environment of the Black Sea (2001-2006/7). Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution (BSC) 2008-3, Istanbul, Turkey, 448 pp. https://www.blackseacommission.org/Downloads/SOE27032009-1_compressed.pdf
- [5] Tuchkovenko, Y.S., & Stepanenko, S. (2023). “The impact of destruction of the Kakhovka dam on the environmental status of the north-western Black Sea”. https://www.researchgate.net/publication/374523309_The_impact_of_destruction_of_the_Kakhovka_dam_on_the_environmental_status_of_the_Odesa_area_of_the_Black_Sea
- [6] UNEP (2009). Post-Conflict Environmental Assessment. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/17457>
- [7] European Commission. 2020. Programmes of measures and Exceptions under the Marine Strategy Framework Directive - Recommendations for implementation and reporting for the updates in the 2nd cycle. DG Environment, Brussels. pp 54 (MSFD Guidance Document 10 - update)
- [8] EMODnet Chemistry Consortium documentation referenced in the Black Sea SIERRA D11 Deliverable. https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1D_MOqQ4djQcOvVYPFn8gXMsb96JZOFMI
- [9] Tornero & Hanke (2016). Marine Pollution Bulletin 112: 17–38. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.091>
- [10] International Maritime Organization. (2006). *Manual on Oil Pollution: Section IV – Combating Oil Spills* (2005 Edition). International Maritime Organization. <https://doi.org/10.62454/KA569E>
- [11] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [12] ICPDR (2021). Danube River Basin Management Plan. https://www.icpdr.org/sites/default/files/nodes/documents/danube_river_basin_management_plan_-_update_2021_full_text.pdf

- [13] Burton, G.A. (2002). Sediment Quality Criteria in Use Around the World. https://www.researchgate.net/publication/225126804_Sediment_quality_criteria_in_use_around_the_world
- [14] UNEP (2017). Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22255>
- [15] HELCOM (2018). Monitoring Manual for Marine Environmental Assessment. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152.pdf>
- [16] Spaans, M. (2020). *The effectiveness of Marine Protected Areas in protecting marine mammals from shipping interactions: A Risk Assessment approach* (Master's thesis, University of Groningen). University of Groningen Student Theses Repository https://fse.studenttheses.ub.rug.nl/22454/1/mEE_2020_SpaansM.pdf.pdf
- [17] Ling, M. A., Coppens, L., Macdevette, M. and Mapendembe, A. 2015. An Introduction to Environmental Assessment. Cambridge, UK. Available at: https://resources.unep-wcmc.org/products/WCMC_RT321.
- [18] MSFD Technical Group on Marine Litter, Galgani, F., Ruiz-Orejón, L. F., Ronchi, F., Tallec, K., Fischer, E. K., Matiddi, M., Anastasopoulou, A., Andresmaa, E., Angiolillo, M., Bakker Paiva, M., Booth, A. M., Buhhalko, N., Cadiou, B., Clarò, F., Consoli, P., Darmon, G., Deudero, S., Fleet, D., Fortibuoni, T., Fossi, M.C., Gago, J., Gérigny, O., Giorgetti, A., González-Fernández, D., Guse, N., Haseler, M., Ioakeimidis, C., Kammann, U., Kühn, S., Lacroix, C., Lips, I., Loza, A. L., Molina Jack, M. E., Norén, K., Papadoyannakis, M., Pragnel-Raasch, H., Rindorf, A., Ruiz, M., Setälä, O., Schulz, M., Schultze, M., Silvestri, C., Soederberg, L., Stoica, E., Storr-Paulsen, M., Strand, J., Valente, T., van Franeker, J., van Loon, W. M. G. M., Vighi, M., Vinci, M., Vlachogianni, T., Volckaert, A., Weiel, S., Wenneker, B., Werner, S., Zeri, C., Zorzo, P., and Hanke, G., Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas An update to improve the harmonised monitoring of marine litter under the Marine Strategy Framework Directive, EUR 31539 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, ISBN 978-92-68-04093-5, doi:10.2760/59137, JRC133594
- [19] WHO (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/2f17fb04-1425-4680-bf39-d5bb6da0b7ed/content>
- [20] International Maritime Organization. (2006). *Manual on Oil Pollution: Section IV – Combating Oil Spills* (2005 Edition). International Maritime Organization. <https://doi.org/10.62454/KA569E>
- [21] OSPAR Commission. Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) guidelines for the monitoring and assessment of seafloor litter: <https://www.ospar.org/documents?v=37515>
- [22] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [23] UNITAR-UNOSAT (2023). *Satellite Damage Assessment Methodologies* <https://2023results.unitar.org/unosat>
- [24] ESA (2021). *Synthetic Aperture Radar Applications for Marine Monitoring*. https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Tracking_maritime_traffic



- [25] ITOF (2021). Oil Spill Modelling and Response Tools. <https://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/fate-of-oil-spills/oil-spill-modelling/>
- [26] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [27] HELCOM (2018). Monitoring Manual for Marine Environmental Assessment.
<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152.pdf>
- [28] Black Sea Commission (2009). *State of the Environment of the Black Sea*.
https://www.blackseacommission.org/Downloads/SOE27032009-1_compressed.pdf
- [29] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [30] UNEP (2017). *Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern*.
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22255>
- [31] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [32] WHO (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*.
<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/2f17fb04-1425-4680-bf39-d5bb6da0b7ed/content>
- [33] EMODnet Chemistry Consortium documentation referenced in the Black Sea SIERRA D11 Deliverable.
https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1D_MOqQ4djQcOvVYPFn8gXMsb96JZOFMI
- [34] Ibid.
- [35] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [36] International Maritime Organization. (2006). *Manual on Oil Pollution: Section IV – Combating Oil Spills* (2005 Edition). International Maritime Organization.
<https://doi.org/10.62454/KA569E>
- [37] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [38] Burton, G.A. (2002). *Sediment Quality Criteria in Use Around the World*.
https://www.researchgate.net/publication/225126804_Sediment_quality_criteria_in_use_around_the_world
- [39] Black Sea Commission (2009). *State of the Environment of the Black Sea*.
https://www.blackseacommission.org/Downloads/SOE27032009-1_compressed.pdf
- [40] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [41] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [42] HELCOM (2018). Monitoring Manual for Marine Environmental Assessment.
<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152.pdf>

- [43] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [44] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [45] EMODnet Chemistry Consortium documentation referenced in the Black Sea SIERRA D11 Deliverable.
https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1D_MOqQ4djQcOvVYPFn8gXMsb96JZOFMI
- [46] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [47] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [48] Tagg, A. S., Harrison, J. P., Ju-Nam, Y., Sapp, M., Bradley, E. L., Sinclair, C. J., & Ojeda, J. J. (2017). *Fenton's reagent for the rapid and efficient isolation of microplastics from wastewater*. *Analytical Methods*, 9(9), 1432-1440. doi:10.1039/C6AY02495B.
- [49] UNEP (2017). *Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern*.
<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22255>
- [50] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [51] HELCOM (2018). *Monitoring Manual for Marine Environmental Assessment*.
<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152.pdf>
- [52] International Maritime Organization. (2006). *Manual on Oil Pollution: Section IV – Combating Oil Spills* (2005 Edition). International Maritime Organization.
<https://doi.org/10.62454/KA569E>
- [53] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*.
https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [54] OSPAR Commission. *Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP) guidelines for the monitoring and assessment of seafloor litter*:
<https://www.ospar.org/documents?v=37515>
- [55] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [56] HELCOM (2018). *Monitoring Manual for Marine Environmental Assessment*.
<https://helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152.pdf>
- [57] International Maritime Organization. (2006). *Manual on Oil Pollution: Section IV – Combating Oil Spills* (2005 Edition). International Maritime Organization.
<https://doi.org/10.62454/KA569E>
- [58] Black Sea Commission (2009). *State of the Environment of the Black Sea*.
https://www.blackseacommission.org/Downloads/SOE27032009-1_compressed.pdf
- [59] WHO (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*.



- <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/2f17fb04-1425-4680-bf39-d5bb6da0b7ed/content>
- [60] Galgani et al. (2023), Guidance on the Monitoring of Marine Litter in European Seas, EUR 31539 EN, JRC133594.
- [61] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [62] UNEP (2017). *Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22255>
- [63] Ibid.
- [64] Ibid.
- [65] WHO (2018). *Guidelines on Sanitation and Health*. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/2f17fb04-1425-4680-bf39-d5bb6da0b7ed/content>
- [66] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [67] United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), 1982, UN Treaty Series Vol. 1833, available at: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
- [68] Additional Protocol I to the Geneva Conventions, 1977, Articles 35 and 55, ICRC, available at: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/api-1977>
- [69] ILC, Draft Principles on Protection of the Environment in Relation to Armed Conflicts, 2022, UN Doc. A/77/10, available at: https://legal.un.org/ilc/texts/instruments/english/commentaries/8_7_2022.pdf
- [70] ENMOD Convention, 1976, available at: <https://www.un.org/disarmament/wmd/enmod/>
- [71] London Protocol, 1996, available at: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/London-Convention-Protocol.aspx>
- [72] Convention on the Protection of the Black Sea Against Pollution (Bucharest Convention), 1992, available at: <https://www.blackseacommission.org/the-bucharest-convention>
- [73] UNEP (2017). *Frontiers 2017: Emerging Issues of Environmental Concern*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/22255>
- [74] UNEP (2021). *From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. https://malaysia.un.org/sites/default/files/2022-02/POLSOLSum_1.pdf
- [75] UNEP (2022). *Environmental Governance and Accountability in Conflict Areas*. https://legal.un.org/ilc/texts/instruments/english/commentaries/8_7_2022.pdf
- [76] EMODnet Chemistry Consortium documentation referenced in the Black Sea SIERRA D11 Deliverable. https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1D_MOqQ4djQcOvVYPFn8gXMSb96JZOFMI

- [77] ESA (2021). Synthetic Aperture Radar Applications for Marine Monitoring.
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Tracking_maritime_traffic
- [78] UNITAR-UNOSAT (2023). *Satellite Damage Assessment Methodologies*
<https://2023results.unitar.org/unosat>



