

Модул 4: Картографиране и мониторинг на морската трева

Картографирането и наблюдението на обхвата, покритието и състава на видовете на морската трева са от съществено значение за разбирането на тези сложни и динамични екосистеми. Този процес подчертава области на устойчивост и чувствителност и помага за прогнозиране на реакциите на натиските, предизвикани от климатичните промени.

Картографирането и мониторингът на морските тревы надхвърлят директните измервания, като включват техните ползи, процеси и натиски, свързани с регулацията на храните, рибарското производство, глобалния въглероден цикъл, биоразнообразието и климатичните промени, наред с други аспекти.



Предизвикателства в глобалното картографиране на морската трева

1 Разнообразни местообитания

Морските тревы се срещат в широк диапазон на дълбочина – от приливната зона до 80 метра дълбочина, и растат в среди, вариращи от много чисти до много мътни води.

2 Променлива плътност

Леглата с морска трева варират по плътност – от единични участъци до квадратни километри хомогенни ливади, което затруднява постоянния мониторинг.

3 Видово разнообразие

Съставът на видовете варира от един вид до смесени територии с над 10 вида, което изисква различни подходи към мониторинга.

За да се постигне иновативно и навременно картографиране и мониторинг на морската трева, е необходим глобално координиран матричен подход за справяне с тези предизвикателства.



Матричен подход за мониторинг на морски тревя

Методи отгоре надолу

Инструментите за дистанционно наблюдение, включително сателити, самолети, дронове и сонари осигуряват широко пространствено покритие, но могат да пропуснат детайлни екосистемни условия.

Методи отдолу нагоре

Вземането на проби на място предоставя подробна информация, но е ресурсоемко и може да варира по отношение на време, последователност и методологии.

Комбиниран подход

Когато се комбинират, дистанционно измерването и вземането на проби на място се предоставя критична информация за здравето и тенденциите в екосистемите на морската трева за изследователи и вземащи решения.

Трите основни компонента на матрицата за картографиране и мониторинг на морските тревя в световно мащаб са: техниките, технологията и данните.



Техники за картографиране и мониторинг



Оптично базирана

Използване на инструменти за дистанционно наблюдение като сателити и дроне за заснемане на изображения на легла от морска трева отгоре.



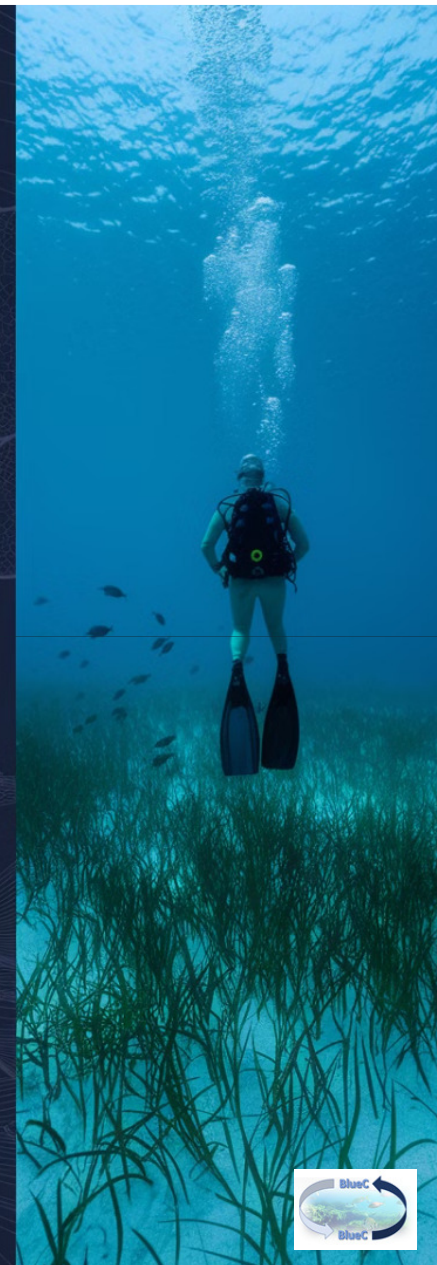
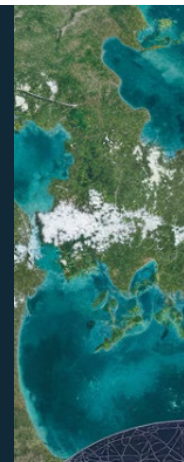
Акустично базирана

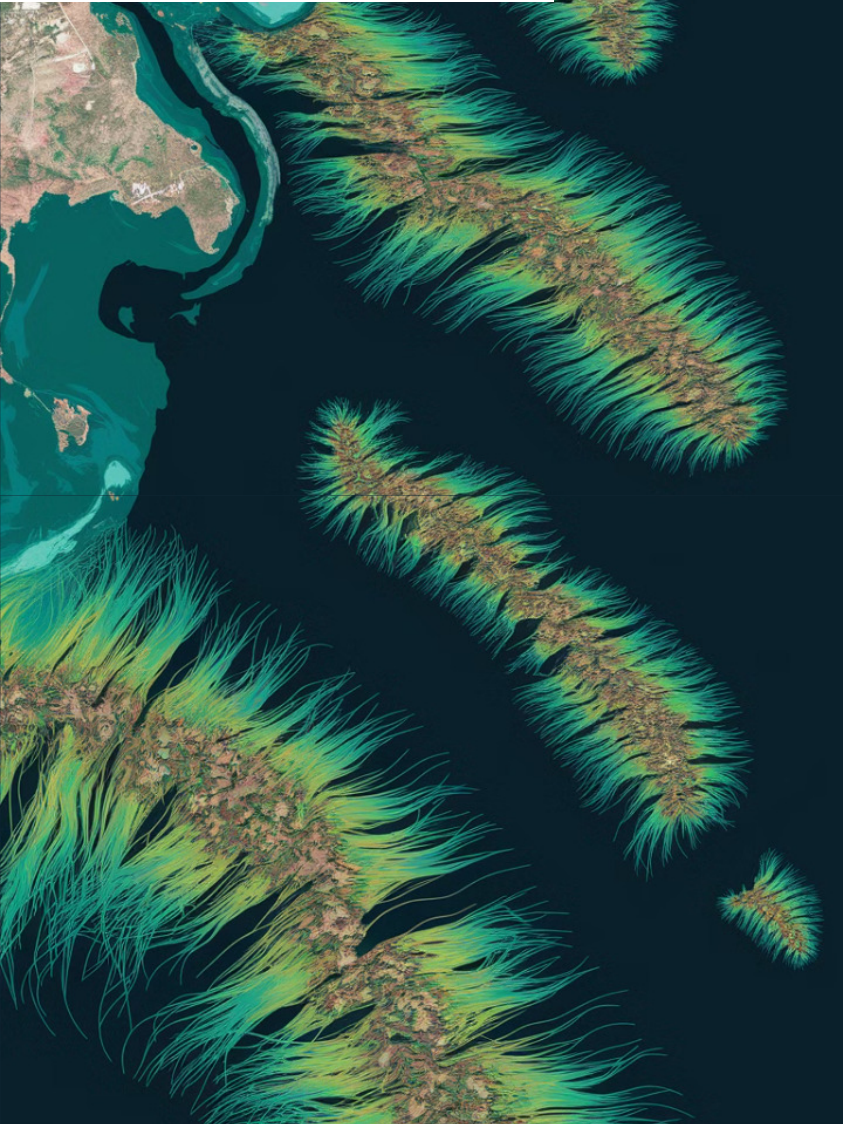
Използване на дистанционни сензорни инструменти като странични сонари за картографиране на разпространението на подводната морска трева.



На Терен

Провежда се чрез гмуркане, шнорхелинг и екологичен мониторинг за събиране на подробни данни за здравето на морските тревя.





Оптични техники: Сателити и дронове

Сателитни възможности Ограничения на дълбочината

Сателитното дистанционно наблюдение може да идентифицира и картографира морска трева между пространствени резолюции от 0,30 до 30 м, времеви резолюции между 1 и 17 дни и спектрални ленти между 400 и 700 nm – видимия спектър.

Сателитите могат да виждат морските тревы с задоволителна детайлност и честота до максимални дълбочини до 40 м в много случаи, в зависимост от прозрачността на водата.

Предимства и недостатъци

Въпреки че сателитите осигуряват широко покритие, тяхната ефективност е ограничена от фактори като прозрачност на водата, облачност и ограничения в резолюцията.

Избор на правилния сателитен сензор



Крайното решение за избора на подходящия сателитен сензор зависи силно от балансирането на тези три фактора. Последните разработки в областта на леките дронове, известни още като необитаеми въздушни системи (UAS), добавиха ценни нови инструменти към инструментариума за наблюдение на Земята и дистанционно наблюдение.

Предимства и недостатъци на сателитните изображения при картографиране на ливади с морска трева.

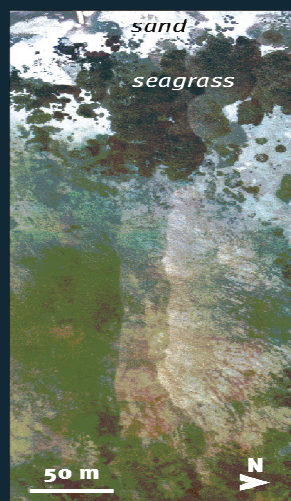
Advantages	Disadvantages/potential errors
• Enables differentiation between objects whose colour would appear identical to a photo-interpreter • High spatial resolution • Digital from acquisition • Large coverage, easy to georectify	• Photographic distortion • Photo-interpretation • The spectral output of seagrass beds may vary over very short distances due to: - growth of epiphytes - "health" of the grasses - water depth - optical properties of overlying water • Low radiometric resolution • Clouds are a big problem

Selecting the Right Satellite Sensor

Seagrasses from above - drones and satellites

Example images from Lesbos, Greece, 39°09'30.6"N 26°32'01.8"E

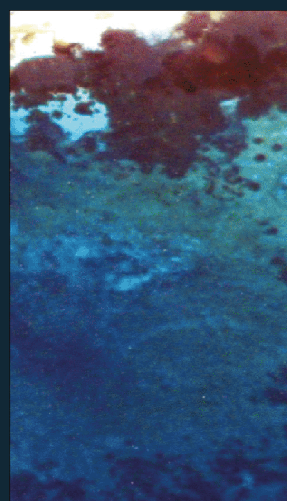
Drone



resolution: 4 cm

- ⊕ Very high spatial resolution, Low cost of acquisition, High flexibility of deployment
- ⊖ Small ground area coverage, Limited optical bands, Required laborious image pre-processing

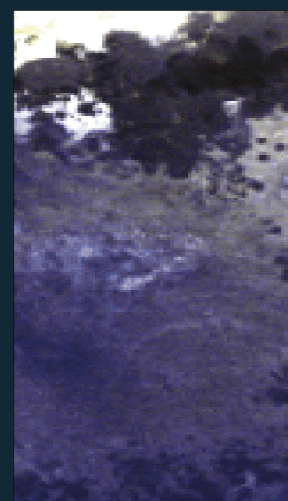
WVII PAN



resolution: 50 cm

- ⊕ Very high spatial resolution, High spectral information, Direct and flexible sensor tasking
- ⊖ Commercial Imagery, Very high cost of Imagery

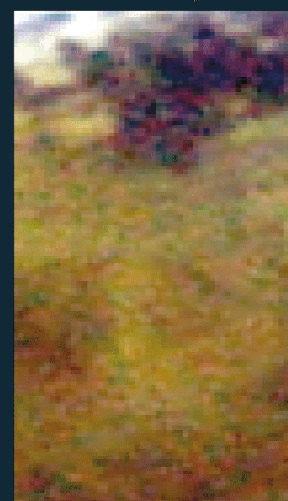
WVII MUL



resolution: 2 m

- ⊕ Very high spatial resolution, High spectral information, Direct and flexible sensor tasking
- ⊖ Commercial Imagery, Very high cost of Imagery

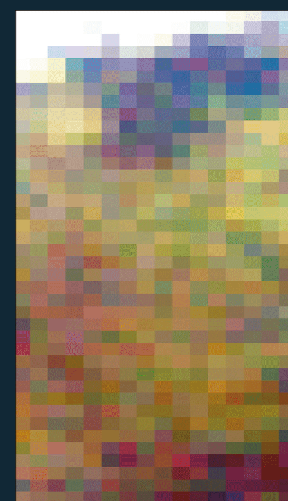
PlanetScope



resolution: 3 m

- ⊕ High spatial resolution, High temporal resolution, Free under a scientific license
- ⊖ Radiometric differences between, Low spectral information

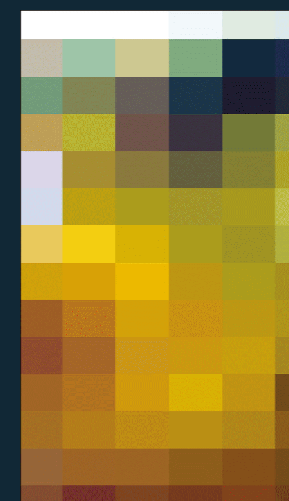
Sentinel-2



resolution: 10 m

- ⊕ High spatio-temporal resolution, Open, free and public datasets, Archive between 2015-2029
- ⊖ Multiple spatial bands, Spectral technological-related artifacts over seagrass areas

Landsat-8



resolution: 30 m

- ⊕ Large area coverage, Free datasets, Historical archive back to 1972
- ⊖ Low spatial resolution, Low temporal resolution

Sources: Topouzelis, K. University of Aegean (2018) [Satellite Remote Sensing of Seagrass Distribution and Depth](#)
data (2018); Landsat-8 (2018) U.S. Geological Survey

	Landsat Thematic Mapper*	SPOT XS *	CASI (Compact Airborne Spectro-graphic Imager)	Aerial photography
Accuracy of the map (%)	<60	<50	<90	<70
Coverage per scene (km)	185 x 185	60 x 60	variable	variable
Cost (€ km ⁻² scene ⁻¹)	0.12	0.71	8.11	16.07

Предимства и недостатъци на картографирането на морските трети с въздушна фотография.

Advantages	Disadvantages
• High spatial resolution • Spatial resolution (as determined by the scale) can be selected based on project objectives • Flexible acquisition – imagery can be planned captured at the most optimal time of day and under the best environmental conditions • Low technology information extraction – seagrass maps can be made from aerial prints or diapositives with little technical hard- or software resources, but in most cases aerial photos should be digitised and rectified before mapping. • Stereometry can greatly enhance mapping.	• Cost – The fine spatial resolution provided by the photographs comes at the cost of obtaining a large number of frames • It is produced in an analogue format and must be scanned if any computer enhancement, image processing or rectifying is anticipated • Distortion – The nature of the camera lens and position, roll, yaw and tilt of the plane introduces some distortion into the imagery. A problem if not corrected by rectifying. • Lack of light can make interpretation difficult in deep and turbid waters • Highly variable sun-glint reflection from all directions in image. • Clouds.



Приложения на дроне в мониторинга на морски треви

<10cm

Резолюция

Дроновете осигуряват субдециметрова пространствена резолюция, улавяйки фини детайли на леглата с морска трева.

\$

Цена

Сравнително ниска цена в сравнение с други методи за дистанционно наблюдение.

100%

Гъвкавост

Висока гъвкавост в възможностите за внедряване и персонализация според специфични нужди на мониторинга. Дронове са използвани в серия изследвания за мониторинг на приливни треви, демонстриращи тяхната ефективност за картографиране с висока резолюция. Разходите и точността варират значително между сателитните и въздушните сензори, като дроновете предлагат средно решение.





Синергия между дронаве и сателити

1

Колекция дронаве

Дроновете събират висококачествени, високорезолюционни референтни данни на по-ниски височини (обикновено не по-високи от 300 м).

2

Валидиране

Тези данни валидират продуктите за картографиране на морската трева с по-ниска резолюция, получени от сателити.

3

Намаляване на разходите

Този подход намалява разходите, свързани със събирането на валидационни данни на място (чрез шнорхелинг и/или гмуркане).

4

Повишена осъществимост

Комбинираният подход увеличава осъществимостта на проекти за картографиране на морска трева.

Възможността да се управляват дронаве по един и същи маршрут многократно и да се събират данни при необходимост ги прави много полезен инструмент за рутинното наблюдение на екосистемите на морската трева, въпреки че изискват специални разрешения и лицензи.



Техники за акустично картографиране

Странично сканиращи сонари

Използва се от 70-те години на миналия век в Средиземно море за картографиране на леглата на морската трева, въпреки че е трудно да се измери плътността и височината на короните.

1

Еднолъчеви ехосондери

Полезни са за картографиране на долната дълбочина на разпространението на морската трева, въпреки че не осигуряват пълно покритие на морското дъно.

2

Мултибим ехосондъри

Един от най-ефективните акустични инструменти, създаващ триизмерни изображения на ливади с морска трева с детайлна структура.

3

Акустичните сензори често се използват за картографиране на физични и биологични свойства на морското дъно. С помощта на ултразвукови техники е възможно да се картографират ливади с морска трева с акустичен апарат, обикновено теглен или монтиран на лодка. Размерът на изследваната площ обикновено е между този метода на място и сателитни изображения.



Полеви подходи за мониторинг

Оценка на процентното покритие

Най-добре установената и най-често използвана променлива за наблюдение на морската трева, наричана "хоризонтално издадените листни покривки на короната".

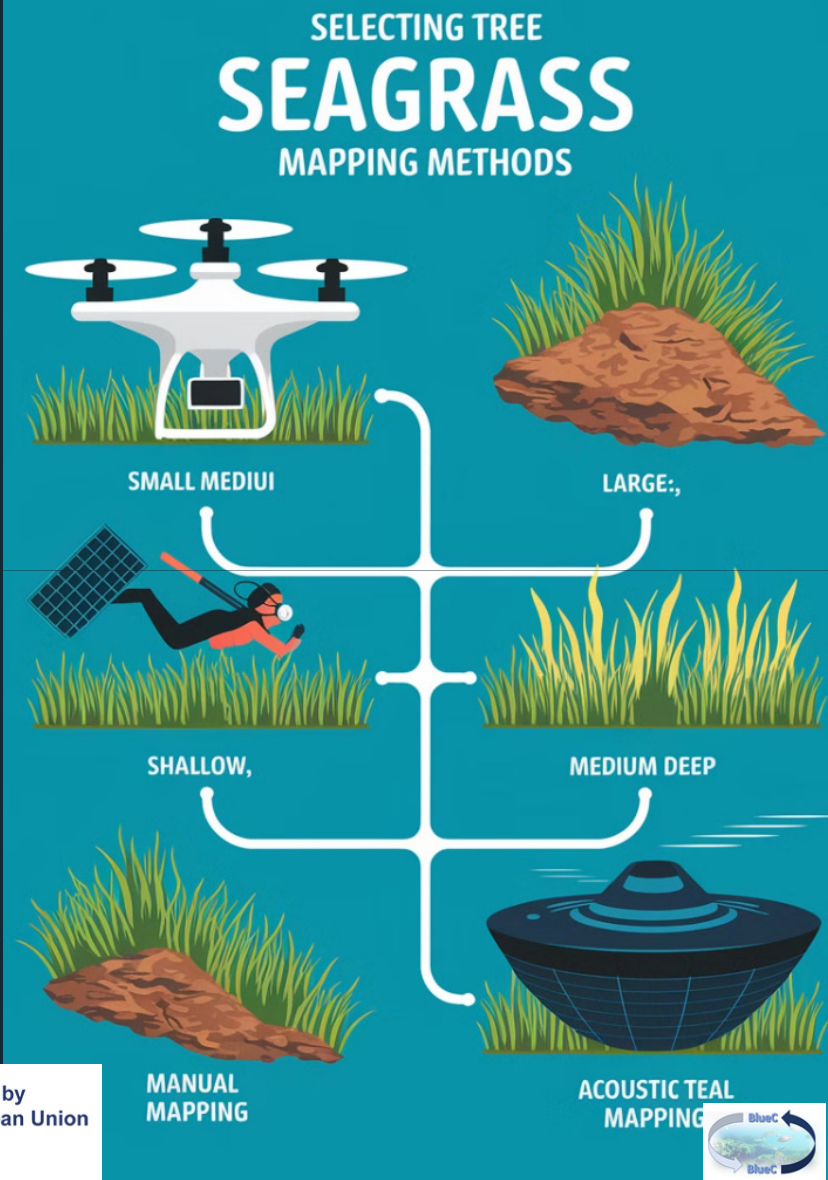
Допълнителни измервания

Събиране на данни за гъстота на кълновете, височината на короната, биомасата и състава на вида в фин мащаб.

Контрол на качеството

Използване на общи референтни карти и процедури за осигуряване на качество/контрол на качеството (QA/QC) за подобряване на точността.

Мониторингът на терен може да предостави подробна информация за здравословното състояние (екологичния статус) на ливадите с морска трева, тъй като се събират редица променливи в фин мащаб. Въпреки че оценяването на покритието може да бъде субективно, правилното обучение и стандартизираните методи могат значително да подобрят точността на метода.



Interreg



Co-funded by
the European Union

NEXT Black Sea Basin

Координирани мониторингови мрежи

Стандартизирани протоколи

Често срещани методи на различни обекти

Репортажи

Споделени резултати и прозрения



Събиране на данни

Сравними измервания

Анализ

Сравнение между обекти

Мрежите предоставят отличен и икономичен начин за получаване на стандартизирани и сравними данни за промените в морската трева и свързаните с тях фактори на различни места по света. Скорошна глобална оценка идентифицира 19 активни дългосрочни програми за мониторинг на морската трева, като най-големите са Seagrass-Watch и SeagrassNet.

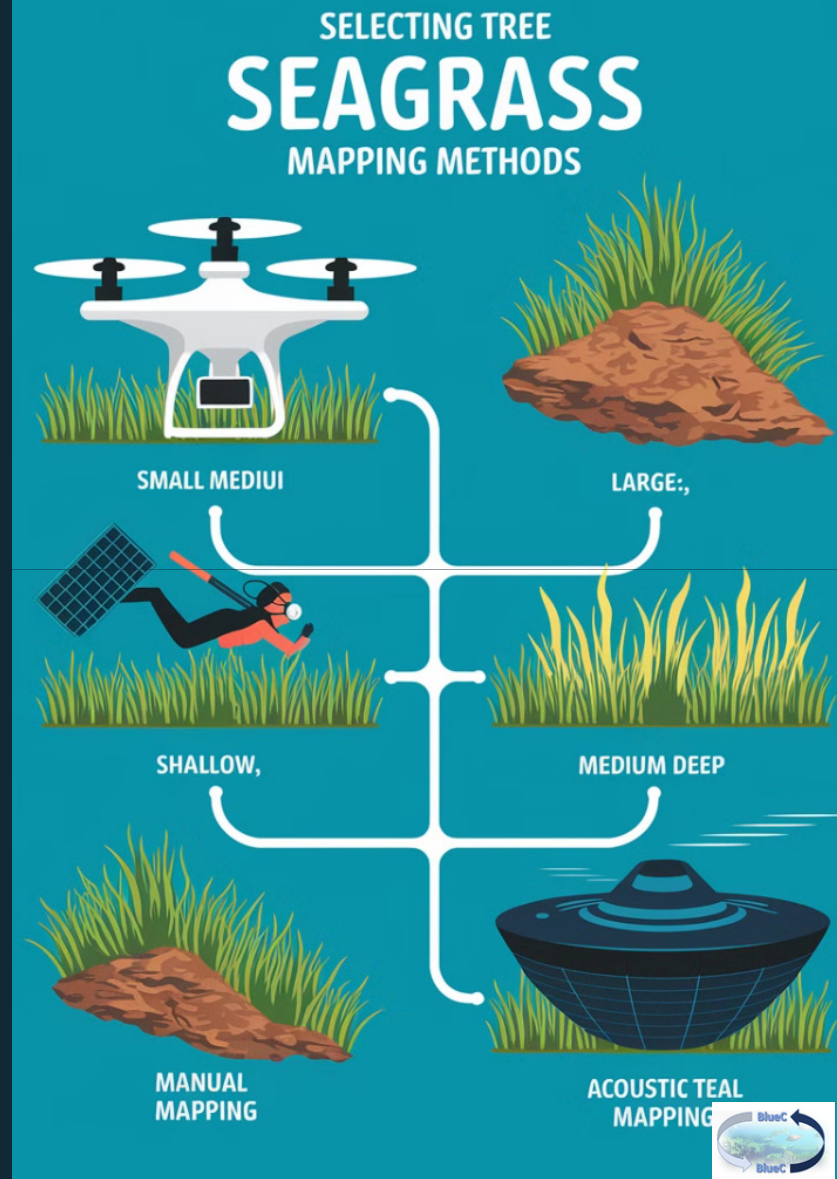
И двете мрежи имат за цел да предоставят актуални онлайн системи за подаване на данни, както и ресурси за поддръжка на мониторинга, като ръководства или протоколи, полеви ръководства и технически листове, новини, подробности за места с морска трева и участници.



Избор на правилния метод на картографиране

Метод	Размер на площта	Дълбочина	Предимства
In-situ (гмуркане)	Малък (<1 км ²)	0-30 м	Висока детайлност, идентификация на вида
Видеокамера	Малко-средно	0-50м	Добро покритие, по-малко труд
Въздушни снимки	Средно-голям	0-15м	Широко покритие, архивиране
Сателитни изображения	Много голям	0-10м	Глобално покритие, повторяемо

Дълбочинните интервали са показателни само тъй като способността на методите за дистанционно наблюдение да различават морските тревя зависи от прозрачността на водата, а не от абсолютната дълбочина на водата. Дигиталните въздушни снимки имат по-висока чувствителност от обикновения филм и се препоръчват, когато прозрачността на водата е ниска.



Технологични постижения в картографирането на морска трева

1

Облачни изчисления

Позволява обработка на масивни набори от данни

2

Изкуствен интелект

Автоматизира анализа и класификацията

3

Машинно обучение

Подобрява точността и откриването

През последното десетилетие технологичният напредък в изчисленията позволи два основни елемента на днешното картографиране и наблюдение чрез сателитни и дронове изображения: облачните изчислителни платформи и изкуствения интелект (AI), които включват машинно обучение и дълбоко обучение.

Тази технология създава основа за високо мащабируеми, повторяеми и точни техники, които могат да улеснят картографирането и мониторинга на морската трева в безпрецедентни мащаби и резолюции.





Облачни изчислителни платформи

Google Earth Engine

Облачна платформа, предлагаща съхранение, обработка, анализ и визуализация на данни от наблюдение на Земята, успешно използвана за картографиране на океанската Posidonia по гръцките крайбрежия.

Уеб услуги на Amazon

Осигурява облачна среда за съхранение и обработка на мащабни набори от данни за наблюдение на Земята.

Коперник на Европейската КОМИСИЯ

Услуги за достъп до данни и информация, които предлагат инструменти за анализ на сателитни изображения с цел екологичен мониторинг.

Последните пет години бяха белязани от създаването и растежа на облачните платформи, които представляват безпрецедентен подход с "големи данни" към науката и управлението. Тези платформи акцентират върху анализи, интензивни по отношение на данни, достъпа до данни по време и разходи, огромни изчислителни ресурси и високотехнологична визуализация.

Изкуствен интелект в мониторинга на морски тревя

1

Машинно обучение

Програми, които използват входни данни за изграждане и прилагане на предиктивни модели за идентификация и класификация на морски тревя.

2

Дълбоко обучение

По-широк член на семейството на машинното обучение, базирано на изкуствени невронни мрежи, които имитират мозъчната структура и функция.

3

Автоматизиран анализ

Тези алгоритми водят до пробивни иновации в мониторинга на морската трева, базирана на данни, особено в облачни среди.

AI технологиите биха могли значително да унапредят мониторинга на морската трева чрез подобрена точност на класификацията, повишена автоматизация на обработката и анализа на данни и разработване на автоматизирано откриване на промени при морските тревя с течение на времето.



Изисквания за референтни данни

1

Събиране на тренировъчни данни

Висококачествени обучителни данни за калибриране на алгоритми могат да бъдат събрани чрез полеви кампании с GPS или чрез персонализирани мобилни приложения.

2

Разработка на алгоритъм

Методите за машинно обучение изискват обширни данни за обучение, за да се идентифицира точно морската трева в изображенията за наблюдение на Земята.

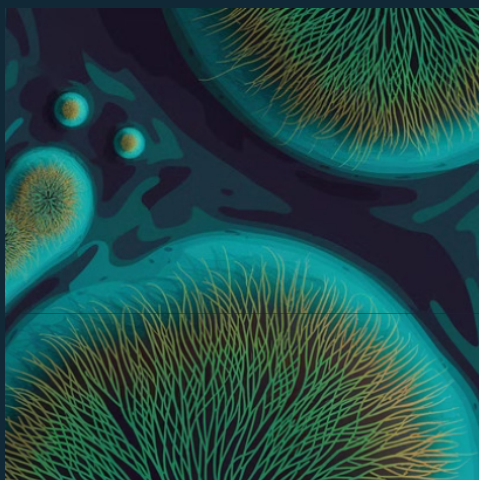
3

Валидиране

Валидирането на данни или проверката на данните оценява точността и качеството на класифицираното изображение, осигурявайки надеждни резултати.

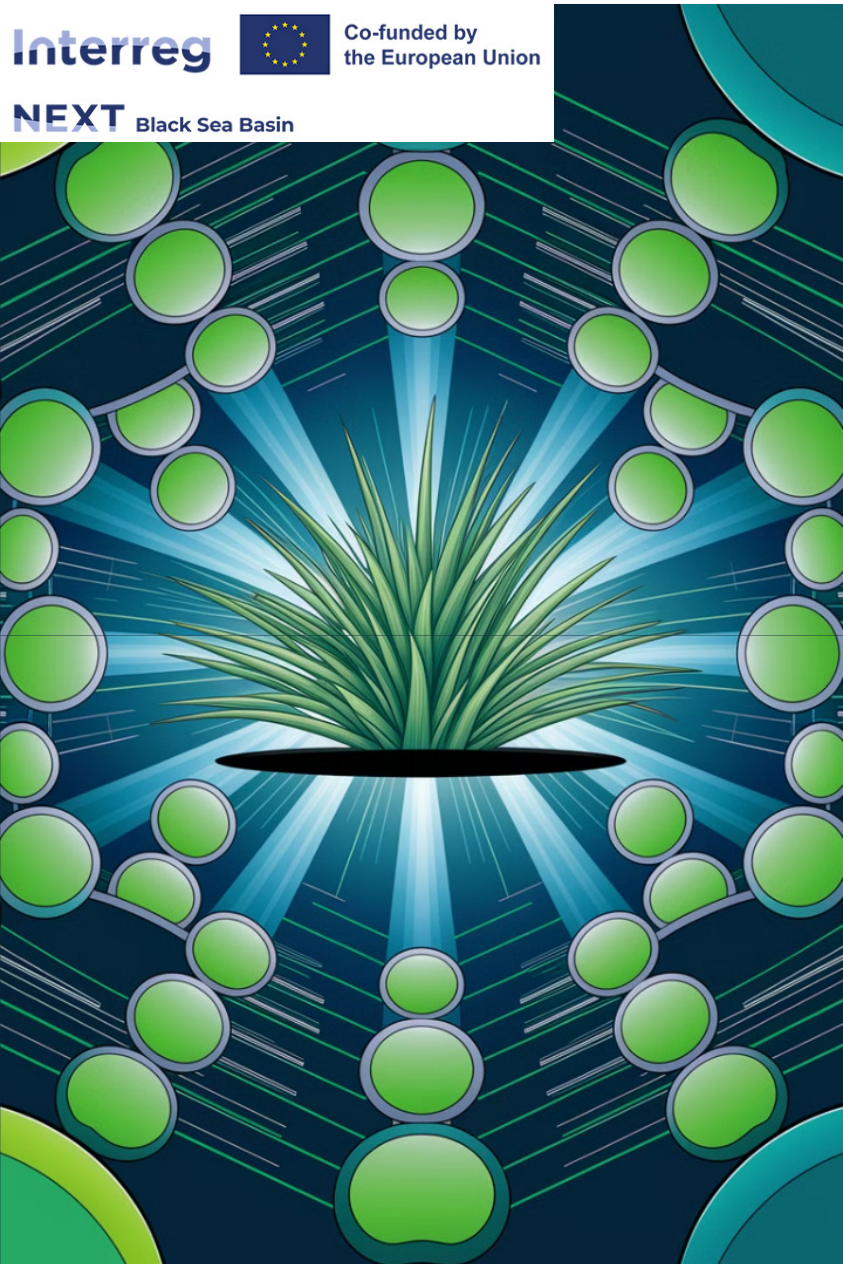
Анализът на данните за наблюдение на Земята с помощта на методи на машинно обучение изисква висококачествени обучителни данни за калибриране на алгоритми. Валидационните данни трябва да са представителни за популацията, като всички класове са извадени (същият брой класове, използвани за класификация и обучителни данни).

ИЗТОЧНИЦИ НА ВАЛИДАЦИОННИ ДАННИ



Валидационните набори от данни могат да бъдат получени от различни източници като съществуващи карти и инвентаризации, изображения от високорезолуционни сателити или дроне, както и методи на място (гмуркане, шнорхелинг или пеша в приливни морски треви).

Сателитни и дроне, геореферирани и високорезолуционни изображения, когато са налични, могат да се използват като базови карти от опитни потребители, които проектират обучителни набори от данни под формата на пространствени точки или полигони.



Значението на метаданните

1 Стандарти за документация

Съществуват глобални и регионални стандарти, като ISO 19115 и Директивата INSPIRE, за да се гарантира последователна документация на данните.

2 Платформи за данни

Платформи като Dynamic Ecological Information Management System (DEIMS-SDR) са налични на in situ набори от данни.

3 Биологични стандарти

Стандартите за метаданни, които често се използват за биологични и екологични данни, включват Екологичния език за метаданни (EML) и стандартите Darwin Core.

Строгите метаданни са съществено, но често пренебрегвано изискване за бъдеща употреба на събраните данни, следвайки принципа "събирай веднъж, използвай многократно". Метаданните предоставят подробности за източника, местоположението, времевия период, версията и методологиите, използвани за всеки запис на данни, което позволява смислено сравнение между записите.

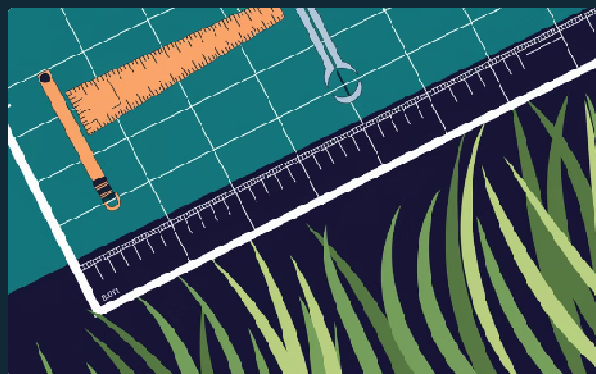


Глобална програма за мониторинг на Seagrass-Watch



Участие в общността

Глобална програма за участнически научен мониторинг и научно базирано образование, създадена през 1998 г., работеща на 408 обекта в 21 държави.



Стандартизирани методи Контрол на качеството

Състоянието на морската трева се оценява от 33 квадрата (50 см × 50 см) в постоянни и репликирани наблюдателни обекти (0,25–5,5 ха), установени в представителни ливади.



За да се гарантира точността на данните, оценките се провеждат предимно от опитни учени и екологични специалисти, в партньорство с по-широката общност.

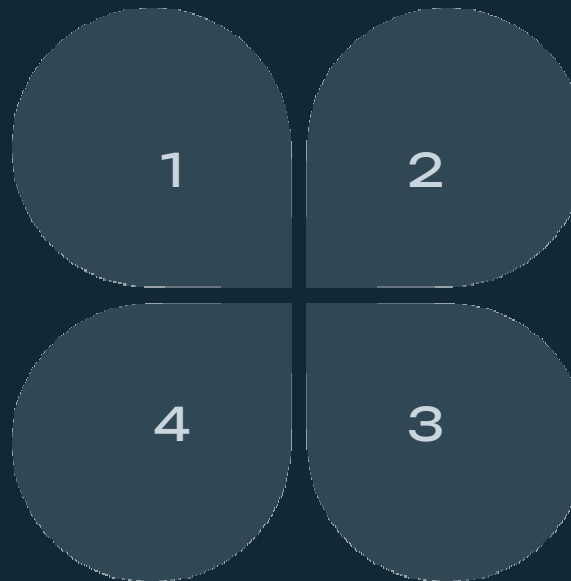
Параметри за измерване на морска трева и наблюдение

Първични измервания

Процент на покритие и вид на морската трева, височина на короната, покритие на епифити, покритие на макраалгите и размер на зърната на седиментите.

Отчитане

Доклади за състоянието на морската трева са предоставени на уебсайта на програмата, като резултатите се използват на местно и регионално ниво за подкрепа на целите за опазване.



Допълнителни параметри

В зависимост от местния капацитет: цветове/плодове на морската трева, плътност на семената, морски пейзаж на ливадата (фрагментация), тревопасни, концентрации на хранителни вещества в листната тъкан, температура и светлина.

Честота на оценяване

Честотата зависи от местния капацитет и може да бъде тримесечна (на всеки три месеца), двугодишно, годишно или ad hoc.





Глобална мониторингова мрежа SeagrassNet



Глобален обхват

Създадена през 2001 г., SeagrassNet изследва и документира състоянието на ливадите с морска трева чрез мониторинг на 126 обекта в 33 държави.



Стандартизиран протокол

Всяка наблюдавана зона има три постоянни 50-метрови транзекта с 12 репликирани проби позиции, като вземането на проби се извършва предимно от местната власт и екологичните специалисти.



Пълни параметри

Биологичните параметри включват видове, покритие, височина на короната, биомаса и цветове/плодове, както и разширяване/оттегляне на ливадите, измерени заедно с температура, светлина, соленост и характеристики на седиментите.

Координиране на глобалните усилия за мониторинг на морската трева

Координация на GOOS

Глобалната океанска наблюдателна система (GOOS) работи за координиране на глобалните усилия за мониторинг на морските тревы в контекста на основните океански променливи (EOVs).

Резултатите от SeagrassNet разкриват промени в морската трева през времеви мащаби, свързани с управлението, като същевременно информират научно обосновани твърдения за състоянието на местообитанията на морската трева и мащаба на необходимостта от управленски действия.

Целта на подхода на биологичните основни океански променливи (EOV), включително EOV на морската трева, е да развие общности от практики по целия свят, които да измерват ключови биологични променливи по глобално координиран и взаимосъпоставим начин.

Интеграция с MBON

Мрежата за наблюдение на морското биоразнообразие (MBON) помага за интегриране на мониторинга на морските тревы с други наблюдения на морското биоразнообразие.

Национални стандарти

Протоколът SeagrassNet (адаптиран) е приет за национален стандарт в Бразилия, демонстрирайки неговата ефективност и адаптивност.



Добри практики в мониторинга на морски треве

Методологични стандарти

Разработване на стандартизирани подходи за мониторинг, които могат да се прилагат последователно в различни региони и екосистеми.

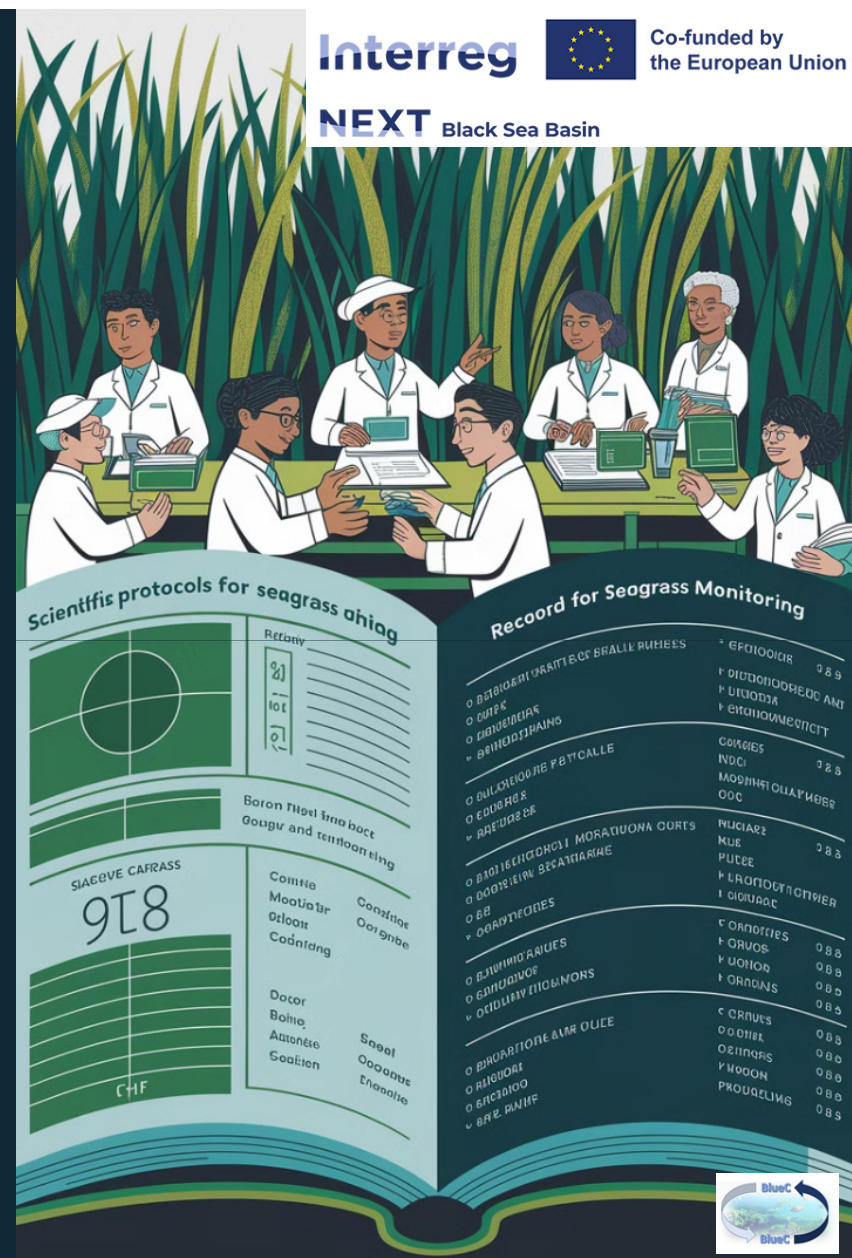
Протоколи за метаданни

Установяване на ясни насоки за документиране на методите, времето и условията на събиране на данни, за да се гарантира съпоставимост.

Управление на данни

Създаване на системи за съхранение, споделяне и анализ на данни за мониторинг на морска трева в различни платформи и организации.

Освен че развива партньорства и общност от практики, тази общност работи за разработване на добри практики за мониторинг, метаданни и управление на данни. Например, хранилището за най-добри океански практики (www.oceanbestpractices.net) е разработено за събиране и архивиране на най-добрите практики в океанските изследвания, наблюдение и управление на данни и информация.



Съществуващи програми за мониторинг на морската трева



Съществуват множество установени програми за мониторинг по целия свят, включително *Posidonia oceanica* Monitoring Networks на Балеарските острови, Каталуня и Комунидад Валенсиана (Испания), GIS-Posidonie във Франция, датската национална програма за мониторинг и оценка, естонската програма за екологичен мониторинг и съвместния мониторинг в балтийската морска среда (COMBINE).

Глобални мрежи като Seagrass Watch и SeagrassNet осигуряват координация и стандартизация в рамките на тези регионални усилия, помагайки за създаването на по-цялостно глобално разбиране за екосистемите на морската трева.

Данни за разпределението на откритата морска трева

1

Глобален набор от данни за разпространение

Усилията за събиране на данни за разпространението на морските тревя доведоха до разработването на Глобалния набор от данни за разпределението на морските тревя.

2

Регионални инвентаризации

Регионалните или националните инвентаризации, съхранявани от междуправителствени, държавни и неправителствени организации, предоставят подробни местни данни.

3

EMODnet

Широката карта на Европейската мрежа за морски наблюдения и данни включва наскоро пуснати набори от EOV данни за морски тревя, макроводорасли и живи корали.

4

GBIF и OBIS

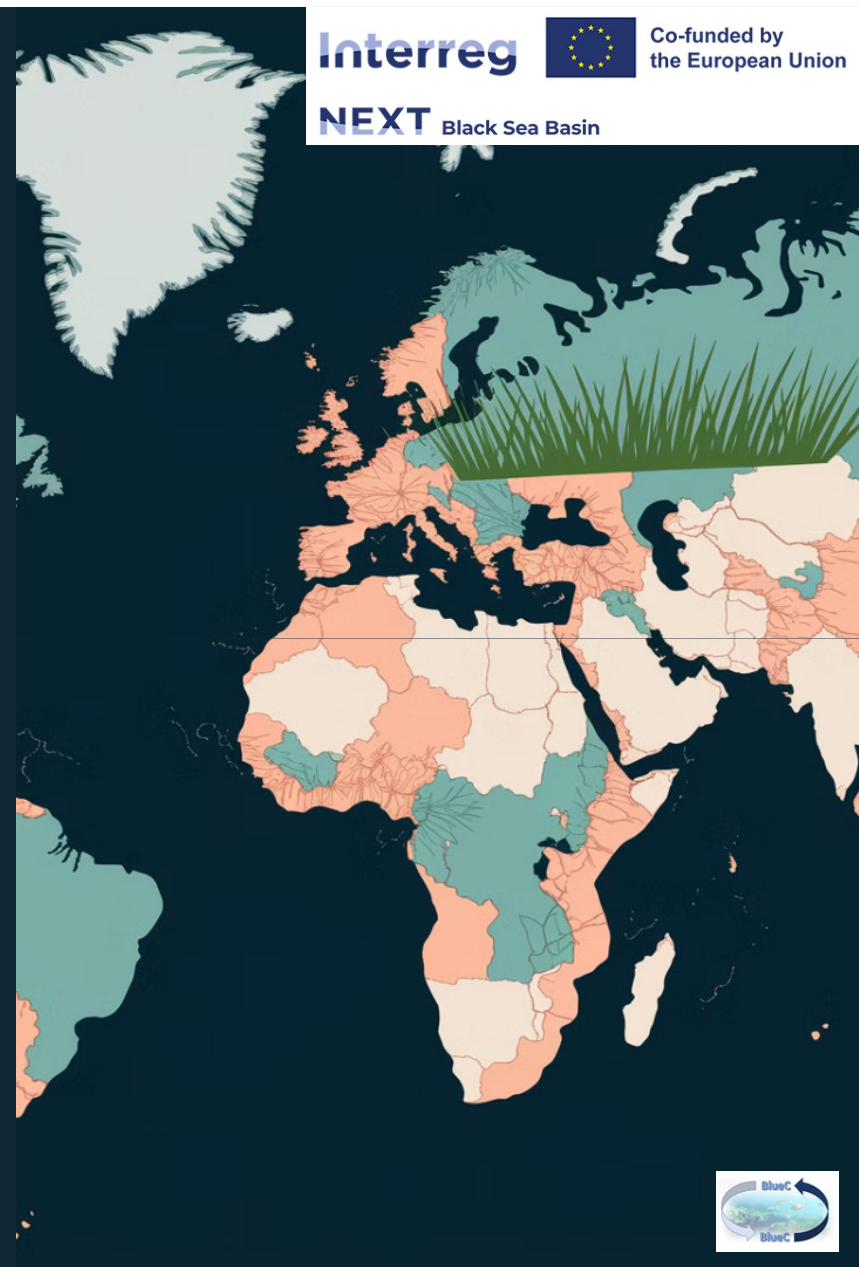
Индивидуалните точкови записи са достъпни чрез Глобалния информационен център за биоразнообразие и Океанската биогеографска информационна система.

Interreg



Co-funded by
the European Union

NEXT Black Sea Basin



Предизвикателства и бъдещи посоки

1 Пропуски в знанията

Въпреки че усилията за укрепване на разбирането за местоположенията на морската трева продължават, все още има значителни пропуски в знанията, особено в отдалечени или слабо изследвани региони.

2 Недостиг на времеви серии

Обширни, мащабни времеви серии за състоянието на морските тревы остават оскъдни, което ограничава разбирането ни за дългосрочните тенденции.

3 Технологични ограничения

Новите технологии срещат предизвикателства при улавянето на разнообразието от морски тревы, които съществуват по целия свят и могат да бъдат скъпи за редовна употреба.

4 Усилия за стандартизация

IOC-UNESCO GOOS разработва основни океански променливи за морската трева, за да подпомогне стандартизирането на събирането на данни по целия свят.

Interreg



Co-funded by
the European Union

NEXT Black Sea Basin



Бъдещето на мониторинга на морската трева

Интегрирани подходи

Комбиниране на множество техники

Отворено споделяне на данни

Достъпни хранилища



Напреднали технологии

AI и облачни изчисления

Global Coordination

Стандартизирани протоколи

Бъдещето на мониторинга на морската трева се крие в интеграцията на множество подходи – от сателитно дистанционно наблюдение до измервания на място – всички подкрепени от напреднали технологии като изкуствен интелект и облачни изчисления.

Глобалната координация чрез стандартизирани протоколи и споделяне на отворени данни ще бъде от съществено значение за изграждането на цялостно разбиране на екосистемите на морската трева по света, подкрепяйки усилията за опазване и политическите решения пред лицето на климатичните промени и други антропогенни натиски.

These training materials have been compiled by bringing together existing literature and general practices. While utmost care has been taken to ensure the accuracy and timeliness of the information contained within, it should be noted that relevant legislation, standards, and practices are subject to change. Therefore, the author is not responsible for any consequences arising from the use of the information presented in this material.

