

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22170	UNITA' -
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-AMB-E-00001	
	PROGETTO / IMPIANTO Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Rev. 1

Rif. RINA: P0039549-1-H1_00 - STUDIO IMPATTO AMBIENTALE

APPENDICE D

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE ESITI DEI MONITORAGGI A MARE TERMINALE FSRU TOSCANA

Generalità

Il Terminale galleggiante per la rigassificazione di GNL (di seguito FSRU) realizzato dalla Società OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. (di seguito OLT) è situato a circa 12 miglia nautiche al largo delle coste toscane tra Livorno e Marina di Pisa.

Il Terminale è il risultato di un progetto che ha previsto la conversione di una nave metaniera in un Terminale di rigassificazione che trasforma il gas naturale liquefatto (GNL) ricevuto da altre metaniere in stato gassoso.

L'attività a bordo del Terminale consiste nello stoccaggio e nella rigassificazione del gas naturale: il gas naturale viene ricevuto allo stato liquido, mediante navi cisterna, stoccato in serbatoi criogenici a pressione pressoché ambiente e alla temperatura di -160°C , rigassificato e inviato al gasdotto a terra mediante la condotta sottomarina.

Il sistema di vaporizzazione è composto da tre unità parallele e può operare in funzione delle quantità di gas richieste dalla rete con uno, due o tre vaporizzatori. Le unità di vaporizzazione sono costituite da scambiatori di calore che utilizzano acqua di mare per la trasformazione di stato del gas. L'acqua aspirata da quattro pompe centrifughe viene utilizzata prima come fluido di raffreddamento per il condensatore delle caldaie, dove subisce un incremento di temperatura che consente di ridurre il delta termico complessivo (massimo delta termico pari a circa $-4,6^{\circ}\text{C}$) tra la presa principale (denominata PA1) e lo scarico principale (SF15).

Al fine di prevenire la crescita e la proliferazione di microrganismi marini incrostanti nel sistema di circolazione dell'acqua di mare (sia l'acqua impiegata nei vaporizzatori, sia l'acqua adibita ad altri utilizzi) è prevista l'iniezione di ipoclorito di sodio (autoprodotto mediante elettroclorazione) negli ingressi principali. La normativa italiana impone di non superare il limite di concentrazione di 0.2 mg/l (espresso come Cl_2).

E' noto che il cloro libero rilasciato in acqua di mare, può reagire determinando, a seconda delle caratteristiche del corpo ricevente, la formazione di vari sottoprodotti della clorazione (Chlorinated By Products – CBPs).

La natura e le quantità relative dei CBPs in acqua di mare possono variare a seconda della dose iniziale di cloro immessa, ma anche a seconda del pH, temperatura, concentrazioni e composizione di materia organica o inorganica (Allonier et al., 1999).

Per questo motivo, lo scarico degli effluenti clorurati, riscuote largo interesse in negli studi di impatto sull'ambiente marino e rappresenta un punto di primaria importanza nei piani di monitoraggio degli impianti di rigassificazione che prevedono la movimentazione di elevati volumi di acqua.

Di seguito viene descritto l'approccio che è stato utilizzato nel PDM ventennale del Terminale FSRU LNG Toscana per monitorare gli eventuali effetti degli scarichi clorati.

Linee generali del progetto

Il PDM prevede di investigare le matrici acque e sedimenti prendendo in considerazione la componente sia biotica sia abiotica.

Nonostante la colonna d'acqua sia un comparto poco conservativo, essa riveste una notevole importanza in quanto rappresenta la matrice chiave per veicolare i contaminanti, anche attraverso il particellato in sospensione. Risulta fondamentale investigare tale matrice, soprattutto in presenza di scarichi a mare, poiché i processi che subiscono gli effluenti sversati dipendono anche dalle caratteristiche fisiche e chimiche della

colonna d'acqua. Questa matrice, inoltre, campionata presso i punti di emissione consente di rilevare immediatamente la presenza dei contaminanti rilasciati.

Al contrario i sedimenti rappresentano il comparto conservativo che consente di rilevare le variazioni sito specifiche su scale temporali più lunghe.

In queste due matrici vengono ricercati i sottoprodotti della clorazione.

E' noto però che i contaminati possono reagire tra loro con effetti antagonisti, agonisti o addirittura sinergici.

E' noto, altresì, che gli effetti dei contaminanti dipendono dalla loro concentrazione e che, pertanto, i test condotti in laboratorio in condizioni controllate, consentono di capire i loro meccanismi di azione in quelle determinate condizioni, ma non consentono inferenze su quanto possa accadere in mare aperto.

Pertanto, per valutare in maniera olistica e misurare la effettiva ecotossicità sia dell'acqua sia dei sedimenti sono state inserite batterie di test che utilizzano organismi bersaglio in grado di dare una risposta biologica rilevante.

Inoltre, il PDM, ha previsto di studiare l'evoluzione nel tempo dei popolamenti presenti sia in colonna d'acqua (fitoplancton e zooplancton) sia nel fondale (macrobenthos e meiobenthos) con l'obiettivo di verificare l'effettivo abbattimento delle abbondanze della componente vivente in relazione all'azione sterilizzante del cloro e suoi composti.

Infine, sono state inserite indagini nel bioindicatore *Mytilus galloprovincialis*. In generale, l'impiego dei molluschi bivalvi nel monitoraggio della contaminazione chimica degli ambienti costieri è, da decenni, utilizzato su scala mondiale.

Il "Mussel Watch" consente, infatti, di valutare le interazioni di potenziali contaminanti presenti in un determinato ambiente con gli organismi e in particolare con i filtratori come i mitili.

Tali organismi, infatti, sono in grado di bioaccumulare (ossia di concentrare nei propri tessuti) diverse tipologie di contaminanti, consentendo di rilevarli anche se presenti in ambiente in concentrazioni molto basse.

Per riuscire a rilevare precocemente alterazioni a carico del bivalve ("Early Warning Signal"), il piano, prevede anche di valutare lo stato biochimico e fisiologico degli organismi, attraverso una batteria di biomarkers.

Disegno di campionamento

Nella figura sottostante è riportata l'area di studio e i punti di campionamento.

Le analisi chimiche ed ecotossicologiche delle acque vengono effettuate in 8 stazioni (in corrispondenza di 4 livelli per le prime e tre livelli per le seconde), mentre lo studio dei popolamenti fito e zooplanctonici, in 5 stazioni. Queste analisi vengono effettuate su base stagionale.

Le analisi chimiche ed ecotossicologiche sui sedimenti vengono effettuate in 6 stazioni, unicamente nel periodo estivo.

I popolamenti bentonici vengono analizzati, su base stagionale, in 12 stazioni.

Lo studio dei mitili viene effettuato trapiantando i mitili presso il Terminale.

Una stazione di controllo è stata posizionata in Gorgona.

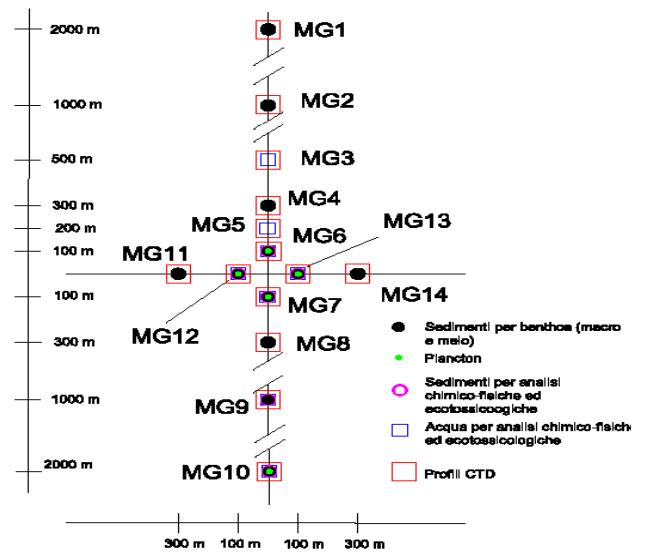


Figura 1 - Area di studio (sopra) e disposizione dei punti di campionamento (a destra) dove sono indicate tutte le attività previste nelle diverse stazioni.

Dati acquisti

Ad oggi sono stati completati 9 anni di indagine.

Si riportano di seguito i resoconti dei dati acquisiti

Comparto acque

Analisi cloroderivati nelle acque	
Stazioni	8
Livelli (metri)	4 (0,5-12,5-50-70)
Frequenza	Stagionale
Anni	9
Numero di osservazioni	1152
Numero totale analiti	34560

Segue lista degli analiti cloroderivati

Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Trichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Aloacetoni nitrili			
Dibromoacetoni nitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Dichloroacetoni nitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Trichloroacetoni nitrile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551 1990	µg/l	0,5
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Carbonio Tetracloruro	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Bromoformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Alofenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2

2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2

Analisi ecotossicologiche	
<i>Vibrio fischeri</i>	(sistema Microtox) - fase liquida
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	
<i>Paracentrotus lividus</i>	(embriotossicità)
Stazioni	8
Livelli	3(0,5-12,5-50)
Frequenza	Semestrale
Anni	9
Numero di osservazioni	432
Numero totale saggi	1296

Popolamenti fitoplanctonici	
Stazioni	5
Livelli	4 (0,5-12,5-50-70) – retina verticale
Frequenza	Stagionale
Anni	9
Numero di campioni	900

Popolamenti Zooplanctonici	
Stazioni	5
Tipologia	Olo, Mero e Ittioplancton
Pescate	Orizzontali e Verticali
Frequenza	Stagionale
Anni	9
Numero di campioni	2700

Comparto sedimenti

Analisi cloroderivati nei sedimenti		Popolamenti bentonici
Stazioni	6	12
Livelli (metri)/Repliche	1 (superficiale)	4 (repliche)
Frequenza	Annuale	Semestrale
Anni	9	9
Numero di osservazioni	54	1728
Numero totale analisi	1620	

Elenco dei cloroderivati

Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	5
Acido Monobromoacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,4
Acido Bromodichloroacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,4
Acido Dichloroacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	EPA 5523 – 2003 Modificato	µg/kg	1,2
Alometani, aloacetonitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroacetoneitrile	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dicloroacetoneitrile	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoacetoneitrile	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	1
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3545A:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

Popolamenti bentonici		
Macrobenthos		Meiobenthos
Stazioni	12	12
Repliche	4	4
Frequenza	Stagionale	Stagionale
Anni	9	9
Numero di campioni	1728	1728

Bioaccumulo e Biomarkers

<i>Mytilus galloprovincialis</i>		
Bioaccumulo		Biomarkers
Stazioni	5	5
Repliche	3	5
Frequenza	Stagionale	Stagionale
Parametri	29	3
Anni	9	9
Numero di campioni	540	900
Numero di analisi	15660	2700

Acidi aloacetici			
Dalapon	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Bromodicloroacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dicloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Alometani, composti organici volatili (VOC)			
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Bromo Dicloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Bromoformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Cloroformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Tetracloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,15
Tricloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,25
Aloacetoniatri			
Tricloroacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,5
Dibromoacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
Pentaclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

Commenti

Le indagini generali condotte sulla colonna d'acqua hanno consentito di rilevare che il tempo, sia in termini di annualità, sia in termini di stagionalità, è il fattore che maggiormente determina le dinamiche osservate. Le concentrazioni dei cloroderivati sono sempre rimaste basse e per lo più al di sotto del limite di quantificazione in tutte le matrici analizzate.

La qualità delle acque anche dal punto di vista ecotossicologico non ha mostrato anomalie.

Le analisi statistiche condotte sui risultati ottenuti dalle analisi ecotossicologiche hanno evidenziato che il fattore Profondità, il fattore Distanza, il fattore Stagione e l'interazione tra il fattore Distanza ed il fattore Anno non hanno effetto significativo sulla variabile dipendente. Pertanto, il modello contenente solo il fattore Anno è risultato il modello più adatto a descrivere i dati ottenuti con i tre saggi ecotossicologici.

Dalle analisi, quindi, non emerge alcun effetto sulle risposte dei saggi ecotossicologici che possa essere imputabile al Terminale FSRU.

Anche dallo studio dei popolamenti fitoplanctonici emerge che il ciclo stagionale delle densità totali e dei quattro raggruppamenti tassonomici principali durante i nove anni indagati mostra un andamento stagionale sostanzialmente coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche, presentando massimi di abbondanza prevalentemente invernali e minimi estivi.

Dalle analisi emerge inoltre che la variabilità interannuale determina differenze significative per le abbondanze totali e per tutti i raggruppamenti fitoplanctonici che, infatti, presentano evidenti oscillazioni quantitative tra un anno e l'altro. Il fattore distanza, invece, non determina variazioni significative per nessuno dei parametri considerati ad indicare che quanto osservato è indipendente dalla presenza del Terminale.

Il fattore profondità, come atteso, risulta significativo per tutti i raggruppamenti tassonomici tranne poche eccezioni.

Anche per i popolamenti zooplanctonici la stagionalità è il fattore che maggiormente è in grado di condizionare la distribuzione degli organismi che trascorrono tutto o parte (fase larvale) del ciclo di vita nella colonna d'acqua. Il fattore stagionale può essere a sua volta subordinato ad altri fattori ambientali, tra i quali quelli fisici sono predominanti. Regime idrologico, temperatura superficiale dell'interfaccia aria-acqua e dei primi metri di profondità, fotoperiodo, omotermia ed eterotermia della colonna d'acqua, presenza di termoclini.

Tali fattori operano selettivamente sul comparto zooplanctonico influenzando i popolamenti sia qualitativamente sia quantitativamente in funzione della stagione di raccolta.

L'altro fattore che esercita una selezione sul campione è la variabile spazio, nel caso specifico la profondità. È ormai consolidato che alcune specie prediligano settori della colonna d'acqua più profondi, così come altre specie si stabiliscono preferenzialmente nell'interfaccia aria-acqua o nei primi centimetri di profondità. Sono dunque variabile temporale e spaziale, insieme alle caratteristiche ecologiche dello zooplancton stesso, a suggerire la ciclicità di associazioni che nel tempo sono rimaste inalterate e dalle quali è possibile dedurre l'assenza di impatto determinato dall'esercizio del rigassificatore OLT LNG Toscana nelle acque che lo ospitano.

Dall'analisi dei sedimenti si conferma che i composti cloro derivati non hanno mostrato ad oggi concentrazioni degne di nota.

I risultati dei saggi biologici hanno mostrato nel tempo evidenti variazioni. Dal Bianco fino nell'estate 2017 avevano evidenziato complessivamente un miglioramento del grado di tossicità dei sedimenti analizzati

Nella fase di Bianco, infatti, i sedimenti erano risultati tutti a tossicità bassa sulla base del test con *P. lividus*, mentre nell'E17 la metà delle stazioni risultava priva di tossicità.

Riguardo al *C. orientale* durante la fase di Bianco, la tossicità era in parte media (MG6, MG7, MG10, MG12) in parte bassa (MG13, MG9), mentre nell'estate 2017 tutti i sedimenti erano privi di tossicità tranne MG6.

Nell'estate 2018 era stato registrato un peggioramento della qualità dei sedimenti rispetto all'estate precedente. Rispetto al Bianco, però, il test con *C. orientale* forniva un livello di qualità comunque migliore. Solo il test con il riccio testimoniava un peggioramento delle condizioni unicamente nelle stazioni MG10 e MG12.

Nell'estate 2019 solo il *C. orientale* testimonia un peggioramento rispetto a E18 in quanto, (tranne E20 MG7) il livello di tossicità passa da Bassa a Media (MG6, MG9) o da Bassa a Alta (MG10, MG12, MG13). Anche rispetto al Bianco si registra un peggioramento, tranne MG7 che esibisce un miglioramento.

Nell'estate 2020 il test con il riccio di mare identifica un leggero peggioramento unicamente in MG10, ossia lontano dal Terminale, mentre nell'estate 2021 il peggioramento riguarda unicamente le stazioni prossime al Terminale (MG12 e MG13).

Il test con il *C. orientale*, invece, mostra tossicità alta ovunque, ossia indipendentemente dalla distanza dall'FSRU, come già rilevato nell'estate precedente (E20). Rispetto al Bianco questo test suggerisce un peggioramento in tutta l'area visto che si osserva in tutte le stazioni di indagine e non solo in quelle più prossime al Terminale.

Tale peggioramento potrebbe essere connesso ad una maggiore biodisponibilità (dovuta a variazioni ambientali indipendenti dall'FSRU) dei contaminanti presenti nell'area, già sede di sversamenti di fanghi portuali.

Per quanto riguarda il test cronico con *P. lividus* eseguito durante l'estate 2022, si osserva un leggero miglioramento nelle stazioni poste nei pressi del Terminale (MG12 e MG13) e nel controllo MG10 rispetto alla precedente campagna (E21) e alla fase di Bianco. I risultati del test eseguito con *C. orientale* mostrano assenza di tossicità in tutte le stazioni tranne la MG12, che esibisce tossicità bassa, rilevando un evidente miglioramento rispetto alle precedenti estati (E21 e E22) in cui la tossicità era alta. Si registra un leggero miglioramento anche rispetto alla fase di bianco in cui risultati presentavano una tossicità bassa.

In nessun caso, per tutta la durata del monitoraggio, è stata rilevata tossicità con il test con *V. fischeri* ad eccezione della stazione MG13 che nell'estate 2022 presenta una tossicità bassa.

Dalla elaborazione dei dati tramite SediQualSoft (possibile solo in questo survey grazie all'adeguamento della batteria al DM 173/16) emerge che nel complesso i dati relativi al 2022 consentono di affermare tutti i campioni mostrano un pericolo ecotossicologico assente inferiore a 1 ($HQ_{Batteria} < 1$) ad eccezione della stazione MG13 che presenta un $HQ_{Batteria}$ pari a 1,01 superando in maniera trascurabile l'intervallo relativo alla classe di pericolo ritenuta bassa ($\geq 1-1,5$) secondo DM 173/16.

Per quanto riguarda i possibili effetti sui popolamenti bentonici (componente macro e meio), l'analisi dei dati è stata condotta partendo dall'ipotesi che le stazioni più vicine all'FSRU siano quelle che maggiormente possano risentire della sua influenza. Pertanto, le stazioni sono state raggruppate in ragione della loro distanza da esso, ossia: FSRU (stazioni vicine), I (stazioni intermedie), C (controlli, stazioni più lontane).

Le analisi sono state condotte per valutare le variazioni sia compositive sia strutturali dei popolamenti.

Da queste analisi si conferma che il fattore tempo gioca un ruolo importante nel determinare la dinamica dei popolamenti anche se, come atteso, la deriva temporale non è lineare ed è condizionata da pochi generi abbondanti che identificano costantemente il popolamento.

In sostanza i popolamenti cambiano significativamente nel tempo (fattore Tempo significativo) e presentano differenze significative sulla base della loro distanza dal Terminale (fattore Distanza significativo).

Tuttavia, l'interazione tra questi due fattori (Tempo x Distanza) risulta non significativa ad indicare che le differenze, osservate già nella fase di Bianco (che risultato statisticamente significative), rimangono costanti nel

tempo. Pertanto, l'ipotesi secondo la quale i popolamenti più prossimi al Terminale non si modificano nel tempo diversamente dai controlli viene accettata. In altre parole, i popolamenti prossimi al Terminale, ossia quelli direttamente soggetti alla sua influenza, evolvono nel tempo parallelamente a quelli di controllo.

Risultati del tutto analoghi sono stati ottenuti dall'analisi dei parametri strutturali.

Infine le analisi condotte sui mitili testimoniano che fino all'estate 2022 sono assenti processi di bioaccumulo di contaminanti. La classe di rischio ottenuta elaborando i dati di biomarkers tramite sediqua soft è assente o lieve.

Il modello ha messo in evidenza che solo in una campagna (inverno 15) è emerso un livello moderato di rischio ambientale.

Dalla valutazione complessiva dei dati relativi ai tre biomarker emerge che il Terminale FSRU esercita un effetto trascurabile sullo stato di salute dei mitili analizzati.