

COMUNE DI TRINITÀ D'AGULTU E VIGNOLA
Provincia della Gallura Nord est Sardegna

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle infrastrutture
fognarie e depurative
nel P.d.L. F1.7 - Costa Paradiso
Valutazione di Impatto Ambientale ex Post

Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)

Collaborazione di:

Ingegnier Giampaolo Cassitta
dott.ssa Rosaria Murru
Geom. Mario Stangoni
Geom. Gianni Dedola

Progettista: Ingegnier Stefano Barbieri

Coordinamento VIA: Ph. D. Vincenzo Satta,

dottore agronomo e ingegnere ambientale

Proponente:

Costruzioni Paradiso SRL

Trinità d'Agultu e Vignola, 08 ottobre 2026

Sommario

1. Premessa e finalità.....	3
2. Quadro di riferimento.....	3
3. Che cosa si deve monitorare e perché	4
4. Impostazione: fasi, stato di riferimento, durata.....	4
5. Soggetti, responsabilità e flusso delle informazioni	5
6. Schede per componente.....	6
6.1 Impianto di depurazione e scarico (ACQ-1)	6
6.2 Acque superficiali: Rio La Sarrera e Rio Li Cossi (ACQ-2)	6
6.3 Acque marino-costiere e prateria di <i>Posidonia</i> (ACQ-3).....	7
6.4 Acque sotterranee (ACQ-4)	7
6.5 Suolo, erosione e movimenti terra (SUO-1)	8
6.6 Vegetazione, habitat e flora (BIO-1)	8
6.7 Fauna (BIO-2)	9
6.8 Rumore (RUM-1).....	9
6.9 Atmosfera: polveri, odori, aerosol (ATM-1).....	10
6.10 Paesaggio (PAE-1)	10
6.11 Rete fognaria e stazioni di sollevamento (RET-1)	10
6.12 Fanghi e rifiuti (RIF-1)	11
6.13 Presenze, volumi, allacci e indicatori di prestazione (GES-1)	11
7. Soglie, livelli di allerta e azioni correttive	12
8. Calendario annuale tipo.....	13
9. Dati, controllo qualità, rapporti e revisione del piano.....	13
10. Impegno di campionamento a regime (anno tipo).....	14
11. Conclusioni.....	14
Allegato A – Scheda di campagna (campi minimi).....	15
Allegato B – Ripristino ambientale delle aree interessate dai lavori.....	15
B.1 Finalità e valore dell'allegato.....	15
B.2 Aree interessate	16
B.3 Principi e vincoli.....	16
B.4 Fasi operative	17
B.5 Indirizzi per unità cartografica.....	17
B.6 Programma temporale	17
B.7 Manutenzione e monitoraggio dei ripristini (5 anni)	18
B.8 Collaudo ambientale e svincolo della garanzia.....	18
B.9 Quadro economico e garanzia.....	19
B.10 Rapporti e documenti.....	19
B.11 Responsabilità	19

Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)

Ampliamento e manutenzione straordinaria delle strutture depurative e della rete fognaria – P.d.L. F1.7
Costa Paradiso, Trinità d'Agultu e Vignola – V.I.A. ex post

1. Premessa e finalità

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) accompagna lo Studio di Impatto Ambientale della procedura di V.I.A. ex post relativa al completamento della rete fognaria e all'adeguamento del depuratore del P.d.L. F1.7 di Costa Paradiso (circa 30.200 m di rete, 14 stazioni di sollevamento, impianto da 6.000 a 16.000 AE; 9.542 AE insediati, di cui 5.878 già allacciati e 3.664 ancora da allacciare).

Il PMA serve a quattro scopi: (1) verificare che gli impatti reali di cantiere e di esercizio corrispondano a quelli previsti nel Capo VII del SIA; (2) controllare nel tempo la qualità dell'effluente e del corpo recettore, con particolare riguardo al Rio La Sarrera, al Rio Li Cossi e alle acque marino-costiere della foce; (3) verificare l'efficacia delle misure di mitigazione e di ripristino (macchia, habitat, suolo, paesaggio) e dare base documentale allo svincolo progressivo della garanzia fideiussoria; (4) attivare per tempo azioni correttive, con una catena di responsabilità e di comunicazione chiara.

Poiché la procedura è ex post, il PMA non può contare su uno stato *ante operam* misurato per tutte le componenti: dove mancano dati si ricostruisce lo stato di riferimento con i documenti disponibili (monitoraggi di balneazione 2003-2008, studi su flora, vegetazione e fauna, fondo acustico, autocontrolli del 2025-2026) e con una campagna "zero" da svolgere prima dell'avvio di ciascun lotto non ancora eseguito (sezione 4).

Il PMA riprende e integra, senza duplicarli, gli obblighi già vigenti: l'autorizzazione provvisoria allo scarico (Determinazione Dirigenziale n. 732 del 13/07/2026), la diffida della Provincia del 24/09/2026 (art. 133, c. 1, D.Lgs. 152/2006) e la richiesta di integrazioni del 03/09/2026 (campionatore automatico, coordinate dei punti sul Rio La Sarrera e sul Rio Li Cossi, analisi complete). Le frequenze dell'autorizzazione sono assunte come minimo.

2. Quadro di riferimento

Ambito	Riferimento
Monitoraggio e V.I.A.	D.lgs. 152/2006, art. 25 (condizioni del provvedimento) e art. 28 (monitoraggio e verifica di ottemperanza); Indirizzi metodologici generali per i PMA delle opere soggette a V.I.A. (MASE/ISPRA, rev. 2014)
Scarichi e acque	D.lgs. 152/2006, Parte III e Allegato 5 (Tab. 1, 2 e 3); artt. 101, 130 e 133; DM 260/2010 (stato dei corpi idrici); D.lgs. 30/2009 (acque sotterranee); Protocollo operativo controllo scarichi RAS richiamato nella Relazione generale
Balneazione	D.lgs. 116/2008 e DM 30/03/2010
Riuso delle acque depurate	Reg. UE 2020/741; D.G.R. 75/15 (Allegato 2, Tab. 1), come richiamata nel Capo VII
Natura 2000	Dir. 92/43/CEE e 2009/147/CE; D.P.R. 357/1997; Linee guida nazionali per la Valutazione di Incidenza (2019); ZSC "Isola Rossa – Costa Paradiso" [codice da allineare: ITB012211 / ITB010009]
Rumore	L. 447/1995; D.P.C.M. 01/03/1991 (zonizzazione acustica comunale non ancora adottata); D.P.C.M. 14/11/1997; D.M. 16/03/1998; Delibera RAS n. 62/9 del 14/11/2008
Aria	D.lgs. 155/2010 (riferimento per le polveri)
Terre e rifiuti	D.P.R. 120/2017 (terre e rocce da scavo); D.lgs. 152/2006, Parte IV

I riferimenti vanno rivalidati alla data di trasmissione; i valori numerici riportati più avanti come “riferimento” derivano dalle norme citate o dal dossier e vanno confrontati con il testo vigente e con il provvedimento autorizzativo.

3. Che cosa si deve monitorare e perché

Il piano è costruito sui fattori di pressione e sulle criticità emerse dal SIA, dalla documentazione di gestione e dalle valutazioni economico-ambientali.

Fattore di pressione / criticità	Componenti	Origine nel dossier
Scarico dell'effluente nel Rio La Sarrera; superamenti di <i>E. coli</i> , azoto nitrico e azoto totale (settembre 2026)	Acque superficiali, mare, suolo	Diffida Provincia 24/09/2026; DD 732/2026
Presenze molto stagionali: da 2.579 abitanti (inverno) a 16.000 (luglio-agosto), 6,2 volte; l'impianto esistente (6.000 AE) è sovraccarico da giugno a ottobre (+64% a luglio-agosto)	Scarico, rete, rumore, odori	Profilo di presenze comunicato il 03/10/2026; Premessa dell'elaborato ACB/LCA
Portata allo scarico fino a circa 37 L/s a luglio-agosto, quando il recettore è al minimo	Acque superficiali, habitat ripari (92D0, 91E0*)	Capo VII, tab. 7.2 (36 L/s); profilo di presenze
Foce del Rio Li Cossi sulla spiaggia più frequentata di Costa Paradiso	Balneazione, mare	Capo VII; monitoraggi 2003-2008
Scavi e posa in aree acclivi, rocciose e boscate; 12.507 m ² disturbati, in prevalenza macchia	Suolo, erosione, vegetazione, habitat, fauna	Relazione costo di ripristino; fideiussione
Habitat 1240, 5210, 5320, 5330, 9340, 92D0; stagno temporaneo (circa 600 m ² , 3170* da validare); endemiti (<i>Limonium</i>); <i>Carpobrotus</i>	Vegetazione e flora	VInCA; Relazione flora e vegetazione
Testuggini (<i>Testudo hermanni</i> , <i>T. marginata</i>), tarantolino, anfibi (<i>Discoglossus sardus</i> , <i>Hyla sarda</i>), avifauna dell'All. I, chiroterri	Fauna	VInCA; SNT
14 stazioni di sollevamento, rischio di sfiori e di sversamenti; portate in ingresso dimezzate per perdite di linea	Rete, acque, suolo	Relazione generale; Capo VII
Rumore da cantieri e da soffianti, gruppi elettrogeni e sollevamenti; fondo 55 dB(A)	Rumore	Integrazione previsionale del clima acustico
Verifica delle ipotesi di volume e di carico su cui poggiano l'analisi costi-benefici e il ciclo di vita	Indicatori di esercizio	Elaborato ACB/LCA, Premessa e Parte III

4. Impostazione: fasi, stato di riferimento, durata

Fasi. Il piano si articola in quattro fasi, con intensità e frequenze diverse.

Fase	Contenuto	Durata
Stato di riferimento (AO)	Ricostruzione con i dati storici e campagna “zero” prima dell'avvio di ogni lotto non eseguito	60 giorni dall'approvazione e comunque prima dell'apertura del lotto
Cantiere (CO)	Controlli su rumore, polveri, acque, suolo, specie e habitat; cinque lotti esecutivi e funzionali, fuori dalla stagione estiva	Per ciascun lotto, dall'apertura al ripristino
Gestione provvisoria (GP)	Autocontrolli prescritti dalla DD 732/2026 sull'impianto esistente fino alla piena operatività dell'impianto adeguato	Fino al collaudo
Esercizio (PO)	Controllo a regime di scarico, recettori, ripristini, rete e indicatori	Primi 5 anni a piena intensità; poi rimodulazione (sezione 9)

Stato di riferimento ricostruito. Per ogni componente si indicano le fonti: acque superficiali e scarico (autocontrolli 2025-2026, rapporti di prova allegati alle relazioni quindicinali), mare (monitoraggi di balneazione 2003-2008 e dati ARPAS vigenti), vegetazione e fauna (Relazione flora, vegetazione e fauna, VInCA e SNT),

rumore (livello equivalente massimo rilevato 55 dB(A)), paesaggio (documentazione fotografica del SIA). Le componenti senza dato di riferimento (acque sotterranee, suolo dei lotti da allacciare, fauna minore) ricevono una campagna “zero” documentata.

Criteri di scelta dei punti. Rappresentatività rispetto alla pressione (a monte e a valle dello scarico, dei lotti e dei manufatti), accessibilità e sicurezza degli operatori, ripetibilità (coordinate geografiche, fotografia al momento del prelievo), coincidenza con i punti già usati dagli enti (ARPAS per la balneazione) dove possibile. Le coordinate esatte dei punti sul Rio La Sarrera e sul Rio Li Cossi sono già state richieste dalla Provincia e vanno trasmesse con questo piano.

Regola stagionale. Il profilo di presenze comunicato (10.000 abitanti da giugno e fino a ottobre, 16.000 a luglio-agosto) fa coincidere il periodo critico per scarico e recettore con giugno-ottobre, un periodo più ampio di luglio-settembre indicato nei documenti di gestione. Il PMA assume perciò una **stagione alta da giugno a ottobre**, con frequenze rafforzate, e una stagione bassa da novembre a maggio.

5. Soggetti, responsabilità e flusso delle informazioni

Soggetto	Ruolo nel PMA
Proponente (Paradiso Costruzioni s.r.l.)	Attuazione e costi in fase di cantiere; garanzia fideiussoria per il ripristino
Comune di Trinità d'Agultu e Vignola	Titolare dello scarico; destinatario dell'opera; riceve le relazioni e dispone le azioni correttive in esercizio
Gestore dell'impianto e della rete	Autocontrolli, registri di conduzione, telecontrollo; segnalazione degli eventi entro 24 ore
Responsabile del PMA [nominativo]	Coordina i rilevamenti, valida i dati, redige le relazioni, propone le azioni correttive
Laboratorio accreditato [da individuare]	Prelievi e analisi con metodi normalizzati (UNI EN ISO/IEC 17025); verbali di prelievo
Tecnico competente in acustica [da individuare]	Misure e relazioni sul rumore (L. 447/1995, art. 2, c. 6-7)
Esperti naturalisti (botanico, zoologo) [da individuare]	Rilievi su flora, habitat, fauna; sopralluoghi pre-cantiere
Provincia di Gallura Nord-Est Sardegna e ARPAS	Controllo; ricevono tutti i dati e le relazioni contestualmente (richiesta della diffida del 24/09/2026)
CFVA / Agenzia Forestas; ente gestore della ZSC	Intesa su spostamento di specie tutelate, interventi forestali, ripristini
Autorità competente per la V.I.A.	Riceve le relazioni annuali; verifica di ottemperanza

Flusso. Dato di campo o di laboratorio → registrazione nel sistema informativo del PMA (stessa scheda per ogni campagna, allegato A) → validazione del Responsabile del PMA entro 10 giorni dal rapporto di prova → confronto con soglie (sezione 7) → eventuale azione correttiva → trasmissione a Provincia e ARPAS. I superamenti e gli eventi anomali sono comunicati entro 24 ore, come già previsto dal protocollo di autocontrollo.

6. Schede per componente

Ogni scheda indica obiettivo, punti, parametri e metodi, frequenze per fase, valori di riferimento e azioni. Le sigle delle fasi sono quelle della sezione 4; “stagione alta” è giugno-ottobre.

6.1 Impianto di depurazione e scarico (ACQ-1)

Obiettivo. Verificare il rispetto dei limiti allo scarico e l’efficienza dei singoli stadi; documentare il funzionamento dell’impianto esistente in sovraccarico e di quello adeguato.

Punti. Ingresso all’impianto; uscita del sedimentatore; uscita della filtrazione e della disinfezione; pozzetto fiscale di scarico finale (a monte della confluenza nel Rio La Sarrera); e, per ogni stadio, i punti già individuati nella tabella di monitoraggio parametrico della Relazione generale.

Strumentazione fissa. Misuratori di portata in ingresso e in uscita, misuratori di ossigeno disciolto, pH-redox-temperatura, torbidimetro, clororesiduometro e misuratori di livello previsti nel computo dell’impianto, con registrazione in continuo e allarmi sul telecontrollo. **Campionatore automatico** all’uscita: programmabile, refrigerato, sigillabile, un’aliquota all’ora, volume minimo 10 L, campione medio ponderato sulla portata nelle 24 ore (requisiti dell’Allegato 1 al protocollo); la messa in esercizio va attestata alla Provincia con documentazione fotografica (richiesta del 03/09/2026).

Controllo	Parametri	Frequenza
Scarico finale, campione medio 24 h	Portata, pH, temperatura, colore, odore, materiali grossolani, SST, BOD ₅ , COD, N-NH ₄ , N-NO ₂ , N-NO ₃ , N totale, P totale, cloruri, conducibilità, cloro attivo, <i>E. coli</i> ; tutti i parametri della Tab. 3, All. 5 (come richiesto dalla Provincia)	Stagione alta: settimanale. Stagione bassa: quindicinale (minimo della DD 732/2026)
Ingresso, campione istantaneo nell’ora di punta	Stessi parametri	Come lo scarico
Uscita di ogni stadio	Portata, parametri della Tab. 3	Settimanale a luglio-settembre (Relazione generale); mensile nel resto dell’anno
Parametri di processo	Ossigeno disciolto (ossidazione 1,5-2,0 mg/L; anossia ≤ 0,3 mg/L), MLSS 3,5-4,5 kg/m ³ , SVI < 150 mL/g, nitrato e ammonio in uscita, torbidità < 10 mg/L	In continuo o giornaliero, con registro di conduzione
Registro di funzionamento	Ore di funzionamento, energia (kWh), reagenti, by-pass, fuori servizio	Mensile

Valori di riferimento. I limiti di emissione dell’autorizzazione (con particolare riguardo a BOD₅, COD, SST, *E. coli*, azoto nitrico e azoto totale) e, per i restanti parametri, la Tab. 3 dell’Allegato 5 [valori da riportare dalla DD 732/2026]. Se si attua il riuso irriguo, anche i limiti del Reg. UE 2020/741 e della D.G.R. 75/15. Valori di progetto dell’effluente assunti nelle valutazioni economico-ambientali: N totale 10 mg/L e P totale 1,5 mg/L.

Indicatori derivati. Portata media mensile e rapporto con la portata di progetto; quota del tempo con carico superiore a 6.000 AE sull’impianto esistente; rendimento di rimozione di BOD₅, COD, N totale e P totale; consumo energetico specifico (kWh/m³).

6.2 Acque superficiali: Rio La Sarrera e Rio Li Cossi (ACQ-2)

Obiettivo. Verificare che lo scarico non peggiori la qualità del recettore, soprattutto nei mesi di magra e di massima portata allo scarico (luglio-agosto, circa 37 L/s), e che il Rio Li Cossi, che sfocia nella spiaggia principale, non riceva apporti.

Punti [coordinate da fornire]. Rio La Sarrera: A1 a monte dello scarico; A2 a valle immediata dello scarico; A3 in prossimità della foce; eventuale A4 intermedio, in corrispondenza del tratto con vegetazione riparia di interesse (92D0). Rio Li Cossi: B2 presso la foce sulla spiaggia; eventuale B1 a monte della confluenza con l'affluente prossimo al depuratore. Il dimensionamento della sezione 10 considera i quattro punti A1, A2, A3 e B2.

Controllo	Parametri	Frequenza
Chimico-fisico e microbiologico	In situ: temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, torbidità. In laboratorio: parametri della Tab. 3, All. 5 (richiesti dalla Provincia), N-NH ₄ , N-NO ₃ , N totale, P totale, BOD ₅ , COD, SST, <i>E. coli</i> , enterococchi	Stagione alta: quindicinale. Stagione bassa: mensile
Portata del recettore	Misura di portata (o altezza idrometrica su scala tarata) a ogni campagna in A1 e A2; il dato serve a calcolare il rapporto di diluizione tra scarico e corso d'acqua	A ogni campagna
Biologico	Macroinvertebrati bentonici (indice STAR_ICMi, DM 260/2010) dove il corso d'acqua ha flusso sufficiente; osservazioni su macrofite e perifiton	Annuale, in primavera e a fine estate
Documentazione	Fotografia del punto al momento del prelievo; verbale di prelievo del laboratorio	A ogni campagna

Valori di riferimento. Confronto monte-valle (A1 contro A2): nessun peggioramento significativo di N-NH₄, N totale, P totale, *E. coli* e ossigeno disciolto; obiettivo di stato ecologico secondo il Piano di Tutela delle Acque e il DM 260/2010 (LIMeco in classe "buono" o superiore, se applicabile).

6.3 Acque marino-costiere e prateria di *Posidonia* (ACQ-3)

Obiettivo. Verificare l'assenza di effetti dello scarico e dei recettori sulla qualità delle acque presso le foci e sulla spiaggia di Li Cossi; seguire lo stato della prateria di *Posidonia oceanica* (habitat 1120*).

Controllo	Punti	Parametri	Frequenza
Qualità dell'acqua	Foce del Rio La Sarrera; foce del Rio Li Cossi e spiaggia; una stazione di controllo a distanza [da individuare]; punti ufficiali ARPAS di balneazione, di cui si acquisiscono i dati	<i>E. coli</i> , enterococchi intestinali, nutrienti (N-NH ₄ , N-NO ₃ , P totale), clorofilla <i>a</i> , torbidità; osservazioni su schiume, oli, fioriture	Mensile da aprile a ottobre; in più dopo piogge intense e dopo ogni allarme sullo scarico
Prateria di <i>Posidonia</i>	Due stazioni di transetto sulla prateria più prossima alle foci [localizzazione dai rilievi esistenti]	Copertura, densità dei fasci, limite superiore e inferiore	Una volta l'anno in tarda estate, per i primi tre anni; poi biennale

Valori di riferimento. Classificazione di balneazione (D.Lgs. 116/2008, acque costiere): *enterococchi intestinali* 100 UFC/100 mL (eccellente, 95° percentile), 200 (buono, 95°) e 185 (sufficiente, 90°); *E. coli* 250 (eccellente, 95°) e 500 (buono, 95°; sufficiente, 90°). Per la prateria: nessuna regressione del limite o della densità oltre la variabilità naturale tra stazioni di controllo.

6.4 Acque sotterranee (ACQ-4)

Obiettivo. Verificare l'assenza di effetti sulla falda nell'area del depuratore e del fitodepuratore e controllare i livelli di falda in cantiere (rischio di galleggiamento delle vasche con falda alta).

Punti. Due o tre piezometri o pozzi esistenti, a monte e a valle idrogeologica dell'impianto e del fitodepuratore [da individuare nella relazione geologica e idrogeologica; in mancanza, installazione di due piezometri].

Controllo	Parametri	Frequenza
Livello piezometrico	Quota della falda	Mensile in CO nei lotti con vasche; poi semestrale

Controllo	Parametri	Frequenza
Qualità	Conducibilità, cloruri, N-NH ₄ , N-NO ₃ , <i>E. coli</i> , enterococchi	Campagna “zero”; poi semestrale (fine estate e fine inverno)

Valori di riferimento. D.Lgs. 30/2009 (nitrati 50 mg/L) e Tab. 2, Allegato 5, Titolo V, Parte IV, D.Lgs. 152/2006, per i parametri ivi presenti.

6.5 Suolo, erosione e movimenti terra (SUO-1)

Obiettivo. Controllare la stabilità degli scavi e dei versanti, la conservazione dello strato superficiale e la gestione delle terre; verificare il risanamento dei suoli dopo l’allaccio delle utenze.

Controllo	Metodo	Frequenza
Terre e rocce da scavo	Registro di carico e scarico; bilancio di reimpiego nei rinterri e nei mascheramenti; dichiarazioni ai sensi del D.P.R. 120/2017	Per ogni lotto; verifica mensile
Strato superficiale (primi 40 cm)	Conservazione separata e riuso; verifica a vista e fotografica	In CO, a ogni scavo
Tratti con pendenza superiore al 20% (fosse drenanti con terre stabilizzate e magrone)	Ispezione di solchi (<i>rill</i>), forre (<i>gully</i>), cedimenti, funzionamento della protezione antierosiva; lunghezza dei tratti erosi	Dopo ogni evento di pioggia intensa [soglia da definire con i dati ARPAS e gli avvisi regionali]; a fine estate e inizio autunno in PO; poi annuale
Attraversamenti e parallelismi in alveo	Stato del materassino tipo reno e delle sponde; sezione dell’alveo	Dopo le piene; annuale
Suolo dei lotti allacciati	Parametri microbiologici (<i>E. coli</i>), nutrienti (N totale, P assimilabile), sostanza organica su campioni compositi nei lotti con fosse dismesse	Campagna “zero” prima dell’allaccio; annuale per 3 anni

Valori di riferimento. Nessun fenomeno erosivo attivo nei tratti ripristinati; nessun cumulo o riporto fuori dall’area di intervento; riduzione dei parametri microbiologici nei suoli allacciati rispetto alla campagna “zero”.

6.6 Vegetazione, habitat e flora (BIO-1)

Obiettivo. Verificare l’attecchimento e lo sviluppo dei ripristini sulle superfici disturbate (12.507 m², in prevalenza macchia mediterranea), l’assenza di perdita di habitat al di fuori delle aree autorizzate e il controllo delle specie aliene; fornire i dati per lo svincolo progressivo della garanzia.

Specie e habitat bersaglio. Habitat 1240 (scogliere con *Limonium* endemici, in particolare *L. acutifolium* e *L. viniolae*), 5210 (matorral a *Juniperus*; ginepri salvaguardati), 5320, 5330, 9340, 92D0 e 91E0*, lo stagno temporaneo (circa 600 m²; 3170*, attribuzione da validare); specie esotiche: *Carpobrotus*, infestanti e nitrofile.

Controllo	Metodo	Frequenza
Sopralluogo pre-cantiere	Ricognizione di specie tutelate e di ginepri lungo il tracciato di ciascun lotto; marcatura, espanto conservativo e reimpianto; verbale	Prima di ogni lotto, in periodo vegetativo idoneo
Aree di ripristino	Plot permanenti georiferiti e fototraguardi nelle unità cartografiche di ripristino (linee aggiunte, linee conformi, poligoni misti); attecchimento (% di piante vive sulle 1.500 messe a dimora), copertura vegetale, altezza, composizione specifica, presenza di specie aliene, erosione	T0 a fine lavori; semestrale negli anni 1-2 (primavera e fine estate); annuale negli anni 3-5
Habitat in ZSC attraversati dalle linee	Transetti permanenti con rilievo di superficie, struttura, specie tipiche e segni di disturbo, secondo i protocolli ISPRA per il monitoraggio di habitat e specie Natura 2000	Una campagna di riferimento prima di ogni lotto; annuale per 3 anni
Stagno temporaneo	Rilievi floristici e fitosociologici nei periodi idonei; qualità dell’acqua (nutrienti, apporto solido); verifica del regime idrico	Due campagne l’anno (inverno-primavera e tarda primavera) per 2 anni, per validare l’attribuzione

Controllo	Metodo	Frequenza
		3170*
<i>Limonium</i> e altri endemiti	Conteggio di pulvini o individui in plot permanenti vicini ai tratti costieri	Annuale, in fioritura
<i>Carpobrotus</i>	Superficie invasa e interventi di estirpazione nel tratto costiero	Annuale

Valori di riferimento (proposta). Attecchimento delle piante messe a dimora $\geq 85\%$ a un anno (con sostituzione immediata delle fallanze) e $\geq 80\%$ a tre anni; copertura vegetale rispetto all'habitat adiacente di riferimento $\geq 40\%$ a un anno, $\geq 60\%$ a tre anni, $\geq 80\%$ a cinque anni; copertura di *Carpobrotus* inferiore al 5% delle aree trattate; assenza di erosione attiva e di rifiuti; nessuna perdita di superficie di habitat oltre il perimetro autorizzato. Il progetto del ripristino, i costi, il programma e il collaudo sono descritti nell'Allegato B. Il collaudo ambientale al quinto anno è la base per lo svincolo finale della garanzia (30% a fine ripristino fisico; 40% dopo il terzo anno; 30% dopo il quinto, come nella relazione sulla fideiussione). Le soglie vanno concordate con l'ente gestore della ZSC e prevalgono le prescrizioni più restrittive della V.Inc.A.

6.7 Fauna (BIO-2)

Obiettivo. Evitare danni diretti alle specie tutelate durante i lavori e verificare nel tempo la persistenza delle popolazioni bersaglio nelle aree attraversate.

Specie bersaglio (da confermare con le schede della V.Inc.A. e dell'SNT): testuggini (*Testudo hermanni*, *T. marginata*), tarantolino (*Euleptes europaea*), anfibi (*Discoglossus sardus*, *Hyla sarda*, *Bufo viridis*), tartaruga d'acqua dolce (*Emys orbicularis*), avifauna dell'Allegato I presente lungo la costa e nella macchia (ad esempio magnanina sarda, succiacapre, marangone dal ciuffo, berta maggiore, falco pellegrino), chiroteri (*Myotis capaccinii*, *Rhinolophus hipposideros*).

Controllo	Metodo	Frequenza
Sopralluogo pre-cantiere	Ricerca attiva lungo il tracciato nei tratti con habitat favorevole; allontanamento, custodia e reinserimento d'intesa con il CFVA; verbale	Prima di ogni lotto; ripetuto se il cantiere si ferma più di 30 giorni
Registro dei rinvenimenti	Ogni individuo rinvenuto e spostato, con data, luogo e esito	In CO, continuo
Rettili e anfibi	Transetti e ricerca attiva; sull'area dello stagno e dei corsi d'acqua, conteggi di adulti, larve e ovature nei due periodi riproduttivi (primavera e autunno)	Riferimento prima del lotto; annuale per 3 anni
Avifauna	Punti di ascolto e osservazione lungo la costa e nella macchia nel periodo riproduttivo	Riferimento prima del lotto; annuale per 3 anni
Chiroteri	Registrazione con rilevatori ultrasonori lungo i corsi d'acqua e nelle zone di foraggiamento	Riferimento; due campagne l'anno per 2 anni (estate e inizio autunno)

Vincoli di calendario (da Capo VII). Esclusione del periodo riproduttivo primaverile-estivo dai lavori; calendario che eviti la deposizione e l'incubazione delle uova delle testuggini terrestri (maggio-settembre); allestimento del cantiere, preceduto da sopralluogo, prima del letargo (novembre-febbraio).

Valori di riferimento. Nessuna mortalità diretta attribuibile al cantiere; presenza delle specie bersaglio nelle aree di controllo e di ripristino confrontabile con la campagna di riferimento. In caso di mortalità o abbandono di siti riproduttivi, sospensione della lavorazione interessata e comunicazione a CFVA e autorità competente.

6.8 Rumore (RUM-1)

Obiettivo. Controllare il rispetto dei limiti presso i ricettori in cantiere e in esercizio (soffianti, gruppi elettrogeni, stazioni di sollevamento).

Ricettori [da individuare]: abitazioni sparse nell'intorno delle sorgenti principali, almeno 2 o 3 per lotto in CO e 3 o 4 attorno al depuratore e al fitodepuratore in PO.

Fase	Controllo	Frequenza
AO	Livello equivalente di fondo presso i ricettori scelti (fondo assunto finora: 55 dB(A))	Una campagna di riferimento
CO	Misure di Leq(A) nel tempo di riferimento diurno, con le lavorazioni più rumorose (rottura di roccia, mezzi pesanti); durata e modalità secondo il D.M. 16/03/1998	Una campagna per lotto e a ogni cambio di lavorazione; su segnalazione
PO	Misure al perimetro dell'impianto e presso i ricettori, con tutte le sorgenti a regime; due campagne: luglio-agosto (carico massimo) e inverno	Primo anno; poi ogni 3 anni o dopo modifiche impiantistiche

Valori di riferimento. 70 dB(A) diurni e 60 dB(A) notturni (D.P.C.M. 01/03/1991, tutto il territorio nazionale, finché il Comune non adotta la zonizzazione acustica); criterio differenziale (5 dB diurni e 3 dB notturni) negli ambienti abitativi, ove applicabile. Se i lavori richiedono deroga, si richiede l'autorizzazione comunale ai sensi della L. 447/1995 e della Delibera RAS n. 62/9.

6.9 Atmosfera: polveri, odori, aerosol (ATM-1)

Obiettivo. Contenere le polveri in cantiere e verificare l'assenza di molestie olfattive dall'impianto e dalle stazioni di sollevamento.

Fase	Controllo	Frequenza
CO	Verifica visiva dell'applicazione delle misure (bagnatura di piste e cumuli, teli sui cassoni, lavaggio ruote, scavi scalari); misure indicative di PM10 con contatore ottico ai ricettori più prossimi nelle lavorazioni in aree abitate	Verifica giornaliera con registro; PM10 per 3-5 giorni in ogni lotto in zona abitata
PO	Ispezioni olfattive al perimetro dell'impianto e presso le stazioni di sollevamento; misura puntuale di H ₂ S in equalizzazione e grigliatura; registro delle segnalazioni	Mensile in stagione alta, trimestrale in stagione bassa

Valori di riferimento. Riferimento per le polveri: 50 µg/m³ come media giornaliera di PM10 (D.Lgs. 155/2010), assunto come soglia di intervento in cantiere; in esercizio, nessuna molestia olfattiva accertata oltre il perimetro e nessuna segnalazione confermata.

6.10 Paesaggio (PAE-1)

Obiettivo. Verificare l'efficacia del mascheramento dei manufatti e il recupero delle aree alterate.

Metodo. Fotomonitoraggio da punti fissi (circa 10-12 punti: depuratore e fitodepuratore dai principali affacci pubblici, stazioni di sollevamento Sarrera 50 e Sarrera 103 con placcaggi in pietra locale, tratti ripristinati di maggiore visibilità), con inquadratura, ora e stagione ripetute. Verifica dell'attecchimento delle quinte arboree e delle cortine di macchia (fillirea, lentisco, corbezzolo, mirto, leccio).

Frequenza. Prima dell'avvio, a fine lavori di ogni lotto e annuale per 5 anni, a fine primavera. **Valori di riferimento.** Nessun manufatto in elevazione visibile dai punti di vista principali oltre quanto previsto nei fotoinserimenti del SIA; copertura delle quinte conforme agli obiettivi della sezione 6.6.

6.11 Rete fognaria e stazioni di sollevamento (RET-1)

Obiettivo. Prevenire sfiori, sversamenti e infiltrazioni; documentare la funzionalità delle 14 stazioni di sollevamento.

Controllo	Metodo	Frequenza
Telecontrollo	Livelli, stato pompe, ore di funzionamento, mancanza di tensione, allarmi via GSM, con le centraline di monitoraggio presso i sollevamenti previste dal SIA	In continuo
Eventi	Registro di sfiori di emergenza e sversamenti: data, durata, volume stimato, causa, azione, comunicazione agli enti	A ogni evento (comunicazione entro 24 ore)
Manutenzione	Svuotamento e pulizia delle vasche di accumulo; verifica delle pompe di riserva e dei gruppi elettrogeni	Programma annuale; verifica trimestrale

Controllo	Metodo	Frequenza
Perdite e infiltrazioni	Rapporto tra portata notturna minima e portata media in ingresso; videoispezione di una quota della rete (ad esempio un quinto ogni anno) e dei tratti con anomalie	Mensile per il rapporto; annuale per la videoispezione

Valori di riferimento. Nessuno sfioro non autorizzato; tempo di ripristino di un allarme critico inferiore a quello stabilito dal disciplinare di gestione [valore da riportare]; riduzione del rapporto portata notturna/portata media dopo gli interventi sulle perdite.

6.12 Fanghi e rifiuti (RIF-1)

Obiettivo. Garantire la corretta gestione e tracciabilità di fanghi, residui di grigliatura e rifiuti di cantiere.

Metodo. Registro di carico e scarico (D.Lgs. 152/2006, Parte IV) con quantità prodotte, destino e impianto di conferimento; per i fanghi dei letti di essiccamento, rispetto delle fasi indicate nella Relazione generale (strato inferiore a 30 cm, permanenza di 1-2 mesi, fango palabile) prima della registrazione come rifiuto; bilancio mensile dei fanghi estratti e smaltiti; per i rifiuti di cantiere, formulari e dichiarazioni dei conferimenti.

Frequenza. Mensile; verifica trimestrale del Responsabile del PMA.

6.13 Presenze, volumi, allacci e indicatori di prestazione (GES-1)

Obiettivo. Verificare le ipotesi di carico e di volume su cui poggiano le valutazioni economico-ambientali dell'elaborato integrato e misurare i benefici ambientali dell'opera. Questa scheda è utile al proponente e al Comune anche come strumento di gestione; può essere resa in forma sintetica nella versione trasmessa agli enti.

Indicatore	Come si misura	Frequenza	Riferimento
Presenze mensili nell'agglomerato	Comune e gestori (anagrafe, consumi idrici, rifiuti, accessi)	Mensile	Profilo comunicato: 2.579 / 7.000 / 10.000 / 16.000; media 7.448
Volume trattato mensile e dotazione effettiva (L per abitante e giorno)	Portata in ingresso diviso presenze del mese	Mensile	200 L nel caso centrale; 64 L con i volumi misurati dai consumi Abbanoa
AE allacciati	Elenco lotti e utenze allacciate (Allegato 6 di gestione); fosse dismesse	Trimestrale	Da 5.878 a 9.542 AE
Autospurgo evitato	Viaggi e volumi conferiti dalle utenze non ancora allacciate	Mensile	Calo progressivo fino a zero con l'ultimo allaccio
Consumo energetico specifico	kWh per m ³ trattato, da bollette e contatori	Mensile	Valore assunto 1,30 kWh/m ³ , con maggiorazione a basso carico
Carico di azoto e fosforo scaricato	Concentrazioni × volumi	Mensile	Circa 5,4 t N e 0,8 t P l'anno a regime nel caso centrale
Emissioni di gas serra	Energia, reagenti e trasporti con i fattori adottati nella Parte II	Annuale	Circa 763 t CO ₂ e l'anno a regime nel caso centrale

La prima verifica dei dati misurati rispetto alla dotazione assunta serve a decidere se applicare il caso centrale o quello con i volumi misurati nelle valutazioni economiche.

7. Soglie, livelli di allerta e azioni correttive

Per ogni parametro con un valore di riferimento (limite di legge o di autorizzazione, o valore proposto nelle schede) il piano usa tre livelli, così da intervenire prima del superamento.

Livello	Condizione	Azione	Comunicazione
1 – Attenzione	Risultato oltre l'80% del valore di riferimento, oppure tendenza peggiorativa su tre campagne consecutive	Verifica del processo o del cantiere; campagna di controllo anticipata entro 7 giorni	Nota interna al Responsabile del PMA; nel rapporto mensile
2 – Intervento	Superamento del valore di riferimento in una campagna	Ripetizione del prelievo entro 48 ore; analisi della causa (processo, carico, guasto, scarico anomalo); azione correttiva dell'impianto o del cantiere	Comunicazione a Provincia, ARPAS e Comune entro 24 ore
3 – Allarme	Superamento ripetuto (due campagne consecutive), superamento oltre il doppio del limite per <i>E. coli</i> o per N, sfioro o sversamento in corso d'acqua, mortalità di specie tutelate, erosione attiva con rischio per la viabilità o per l'alveo	Sospensione della lavorazione interessata; misure di emergenza (laminazione in equalizzazione, ripartizione sulle linee, disinfezione di riserva, autospurgo, interdizione temporanea della balneazione con l'autorità sanitaria); piano di rientro	Comunicazione immediata alle autorità competenti; relazione scritta entro 7 giorni

Azioni tipo per i casi più probabili.

Evento	Azione correttiva prevista
<i>E. coli</i> oltre il limite	Verifica di lampade UV o dosaggio di ipoclorito; disinfezione di riserva (acido peracetico); controllo del filtro; sospensione del riuso irriguo, se attivo
Azoto nitrico o totale oltre il limite	Regolazione di aerazione e ricircoli; verifica del carico (stagione alta); linea di riserva in servizio; verifica dell'efficienza della fase anossica
Fosforo oltre il limite	Verifica e regolazione del dosaggio di cloruro ferrico
Sovraccarico nel periodo giugno-ottobre	Attivazione di tutte le linee disponibili; laminazione in equalizzazione; richiesta di restrizione temporanea degli scarichi eccezionali
Fenomeni erosivi in un tratto ripristinato	Interventi di ingegneria naturalistica; ripristino delle protezioni; nuova semina o piantumazione
Attecchimento sotto soglia	Sostituzione delle fallanze nella stagione utile; irrigazione di soccorso; verifica della provenienza dei semi e dei vivai
Rumore oltre il limite	Schermi mobili, riduzione delle ore di lavoro, mezzi con silenziatori; ripetizione della misura

Ogni azione correttiva è registrata con data, responsabile, esito e verifica di efficacia.

8. Calendario annuale tipo

Il calendario sintetizza il PMA in un anno a regime e le finestre dei lavori fissate nel Capo VII (esclusione dei mesi estivi dal cronoprogramma; preferenza per autunno-inverno; testuggini, maggio-settembre; letargo, novembre-febbraio). Legenda: ● attività prevista; S = frequenza settimanale; Q = quindicinale; M = mensile; A = annuale.

Attività	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
Presenze (migliaia di abitanti)	2,6	2,6	2,6	7	7	10	16	16	10	10	2,6	2,6
Scarico: analisi complete	Q	Q	Q	Q	Q	S	S	S	S	S	Q	Q
Recettori Rio La Sarrera e Li Cossi	M	M	M	M	M	Q	Q	Q	Q	Q	M	M
Mare e balneazione				M	M	M	M	M	M	M		
Acque sotterranee (livello e qualità)		●							●			
Erosione e ripristini					●				●	●		
Vegetazione e habitat			●	●	●				●			
Fauna (rettili, anfibi, avifauna)			●	●	●	●			●			
Rumore a regime							●	●				●
Odori e aerosol	M			M	M	M	M	M	M	M		M
Paesaggio (fotomonitoraggio)					●							
Lavori di cantiere (finestre preferite)	●	●	●							●	●	●

9. Dati, controllo qualità, rapporti e revisione del piano

Controllo qualità. Metodi normalizzati e laboratorio accreditato; verbale di prelievo con data, ora, condizioni meteo, coordinate e fotografia; campioni conservati e trasportati secondo l'Allegato 2 del protocollo di controllo RAS; duplicati e bianchi su una campagna su dieci; strumenti fissi tarati secondo le schede del costruttore e con registro di taratura; dati anomali verificati prima dell'esclusione e mai eliminati senza motivazione scritta (le piogge eccezionali non sono escluse a priori: se ne tiene conto come previsto dall'Allegato 5, punto 1.1).

Sistema informativo. Un archivio unico con scheda di campagna (Allegato A), cartografia georiferita dei punti, serie storiche, fotografie e rapporti di prova, accessibile a Responsabile del PMA, Comune, Provincia e ARPAS.

Rapporti.

Documento	Contenuto	Scadenza
Programma operativo mensile	Date e ore dei campionamenti, riferite alle punte di portata, e nominativo dell'esecutore	Entro il 15 di ogni mese, a Provincia e ARPAS
Rapporto mensile	Risultati di scarico e recettori, indicatori, eventi, azioni	Entro 10 giorni dalla fine del mese
Comunicazione di evento	Guasti rilevanti, scarichi anomali, sfiori, sversamenti, superamenti	Entro 24 ore
Relazione trimestrale di cantiere	Stato dei lotti, rumore, polveri, spostamento di specie, rinvenimenti, non conformità	Ogni 3 mesi in CO
Relazione annuale del PMA	Tutti i dati dell'anno, confronto con soglie e con lo stato di riferimento, efficacia delle misure, proposte di rimodulazione	Entro il 31 marzo
Relazione finale di collaudo ambientale	Esito dei ripristini al quinto anno; proposta di svincolo della garanzia	Al termine del quinto anno

Revisione. Il piano è aggiornato ogni anno con la relazione annuale. Dopo tre anni di esercizio a regime senza superamenti di livello 2 o 3, può essere proposta una riduzione delle frequenze (ad esempio ridurre da settimanale a quindicinale la stagione alta e portare a biennale il monitoraggio di rumore e fauna); le frequenze

minime dell'autorizzazione non scendono sotto quanto prescritto dalla Provincia. Un nuovo livello 3 riporta le frequenze alla piena intensità per dodici mesi.

10. Impegno di campionamento a regime (anno tipo)

La tabella dimensiona l'impegno di prelievo e analisi del primo anno a regime, per preventivare il servizio di laboratorio e i costi del PMA. Gli importi non sono indicati: vanno calcolati sul prezzo del laboratorio incaricato e inseriti nella voce "monitoraggio" del computo della garanzia fideiussoria.

Matrice	Punti	Campagne all'anno	Campioni all'anno
Scarico: ingresso, uscita sedimentatore, scarico finale	3	37 (22 settimanali giugno-ottobre + 15 quindicinali)	111
Rio La Sarrera e Rio Li Cossi	4 (A1, A2, A3, B2)	18 (11 quindicinali giugno-ottobre + 7 mensili)	72
Mare e foci	3	7 (aprile-ottobre)	21
Acque sotterranee	3	2	6
Totale analisi chimico-batteriologiche			210

A questi si aggiungono, per anno: una campagna di macroinvertebrati su 2 o 3 punti (due volte), il monitoraggio della prateria di *Posidonia* in 2 stazioni, i rilievi di vegetazione e habitat (due campagne semestrali negli anni 1-2), i rilievi faunistici (una campagna primaverile e una autunnale per gli anfibi), due campagne acustiche nel primo anno e il fotomonitoraggio. In cantiere si aggiungono, per ciascuno dei cinque lotti, il sopralluogo pre-cantiere, una campagna acustica, la verifica delle polveri e le campagne di riferimento.

11. Conclusioni

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale traduce gli impatti individuati nel SIA in controlli misurabili, con punti, parametri, frequenze, valori di riferimento e soggetti responsabili definiti per ciascuna componente (acque, suolo, vegetazione e habitat, fauna, rumore, atmosfera, paesaggio, rete, rifiuti e indicatori di gestione). Trattandosi di una V.I.A. ex post, il piano ricostruisce lo stato di riferimento dai dati storici disponibili e lo integra, dove mancano misure, con campagne "zero" documentate.

La criticità principale riguarda il rapporto tra carico e capacità depurativa: le presenze passano da 2.579 abitanti in inverno a 16.000 a luglio-agosto (6,2 volte) e l'impianto esistente, da 6.000 AE, risulta sovraccarico da giugno a ottobre, con scarico nel Rio La Sarrera nel momento di minima portata del recettore. Per questo il piano adotta una stagione alta da giugno a ottobre con frequenze rafforzate (analisi allo scarico settimanali, recettori quindicinali), assume come minimo le frequenze dell'autorizzazione (DD 732/2026) e prevede, a regime, circa 210 analisi chimico-batteriologiche l'anno, oltre ai rilievi naturalistici, acustici e paesaggistici.

Il sistema dei tre livelli di allerta (attenzione, intervento, allarme), con azioni correttive tipo e comunicazione a Provincia, ARPAS e Comune entro 24 ore, consente di intervenire prima del superamento dei limiti e di documentare ogni evento, azione ed esito. La tutela di habitat e specie di interesse comunitario, in particolare le formazioni a ginepro, gli endemiti costieri, la prateria di *Posidonia* e le specie faunistiche bersaglio, è garantita dai sopralluoghi pre-cantiere, dai vincoli di calendario del Capo VII e dal confronto con l'ente gestore della ZSC, le cui prescrizioni più restrittive prevalgono.

L'Allegato B dà al ripristino delle superfici disturbate (12.506,98 m², in prevalenza macchia mediterranea) un percorso verificabile: rilievo di stato dei luoghi, interventi per unità cartografica, messa a dimora di non meno di 1.500 piante autoctone, manutenzione e monitoraggio per cinque anni, soglie di collaudo e svincolo progressivo

della garanzia (30% a fine ripristino fisico, 40% al terzo anno, 30% al quinto), a fronte di un importo garantito di 1.878.290,76 € e di livelli di garanzia proposti da 1.880.000 a 1.920.000 €. Per il ginepro l'esito a cinque anni è valutato come traiettoria di recupero e non come ricostituzione completa dell'habitat.

Il piano è uno strumento vivo: viene aggiornato ogni anno con la relazione annuale e, dopo tre anni di esercizio a regime senza superamenti di livello 2 o 3, può essere rimodulato, fermi restando i minimi prescritti dalla Provincia. L'efficacia del PMA dipende dalla chiusura dei punti aperti della sezione 11, in particolare:

- a) i limiti di emissione e le frequenze di autocontrollo da riportare dalla DD 732/2026 e da concordare con Provincia e ARPAS;
- b) le coordinate dei punti di campionamento sul Rio La Sarrera e sul Rio Li Cossi, già richieste dalla Provincia, e l'attestazione di messa in esercizio del campionatore automatico;
- c) la nomina del Responsabile del PMA, del laboratorio accreditato, del tecnico competente in acustica e dei naturalisti, con l'attribuzione dei costi del monitoraggio in esercizio dopo la consegna al Comune;
- d) la validazione dell'habitat 3170* dello stagno temporaneo e la definizione concordata con l'ente gestore delle soglie di ripristino.

Con questi elementi il PMA fornisce all'autorità competente, agli enti di controllo e al Comune una base documentale per la verifica di ottemperanza (art. 28, D.Lgs. 152/2006), per la gestione dello scarico e per lo svincolo della garanzia.

Allegato A – Scheda di campagna (campi minimi)

Campo	Contenuto
Identificativo	Codice del punto (ad esempio ACQ-2/A2), componente, fase, lotto
Data e ora; operatore	Inizio e fine del prelievo o del rilievo; nominativo di chi ha eseguito
Posizione	Coordinate (WGS84/UTM 32N) e quota; fotografia datata
Condizioni	Meteo, piogge nelle 72 ore precedenti, portata del recettore, carico dell'impianto, presenze del giorno
Misure in situ	Strumento, taratura, valori
Campioni	Codice, volume, conservazione, laboratorio, data di consegna
Esito	Rapporto di prova, confronto con i valori di riferimento, livello di allerta (1-3)
Azioni	Azione correttiva, responsabile, data, verifica di efficacia
Validazione	Firma del Responsabile del PMA e data

Allegato B – Ripristino ambientale delle aree interessate dai lavori

B.1 Finalità e valore dell'allegato

L'allegato definisce **come** si ripristinano le superfici disturbate dai lavori della rete fognaria e del depuratore, **quando**, con quali **verifiche** e con quale **garanzia**. Completa la scheda BIO-1 (6.6), che indica come si misura l'esito del ripristino, e il paragrafo 9, che fissa la relazione finale di collaudo ambientale. Il contenuto tecnico e i costi sono coerenti con la relazione sul costo del ripristino primario e con la relazione sulla garanzia fideiussoria; i valori sono parametrici e vanno convertiti in progetto esecutivo (B.12).

Obiettivo: ricostituire, sulle aree disturbate, suolo, copertura vegetale e funzioni ecologiche **equivalenti all'habitat adiacente di riferimento**, senza perdita di superficie di habitat oltre il perimetro autorizzato, e rendere la rimozione del disturbo verificabile e documentata.

B.2 Aree interessate

La superficie disturbata complessiva è **12.506,98 m²** (circa 1,25 ha), distribuita su **129 poligoni** elementari ed è, nella quasi totalità, macchia mediterranea. Gli habitat sono quelli delle unità cartografiche (UC) dello studio sul danno agli habitat; il progetto esecutivo del ripristino è redatto per UC.

UC	Descrizione	Habitat di riferimento	Superficie (m ²)	%
HAP052	Mosaico eterogeneo: matorral di ginepro, arbusteti, garighe	5210 + 5330 dominanti; 5430 subordinato	5.690,37	45,50
H34	Matorral arborescenti di <i>Juniperus</i> spp.	5210 (puro)	4.406,21	35,23
HA065	Mosaico omogeneo: euforbie e praterie di <i>Ampelodesmos</i>	5320 + 5430 codominanti	2.377,83	19,01
H09	Scogliere mediterranee con <i>Limonium</i> endemici	1240 (puro)	32,57	0,26
Totale			12.506,98	100,00

Per tipologia di intervento: linee aggiunte extra-progetto 9.943,09 m² (79,50%); linee conformi al progetto 2.500,52 m² (19,99%); poligoni con entrambe le condizioni 63,37 m² (0,51%). La distinzione serve all'imputazione delle responsabilità; **non riduce** l'obbligo di ripristino né la garanzia, che coprono l'intera superficie effettivamente disturbata. Le superfici per codice di habitat sono "superfici di presenza" e non vanno sommate (le UC miste duplicherebbero il conteggio). La superficie differisce di pochi centesimi tra i documenti (12.506,89 e 12.506,98 m²): nel piano esecutivo si assume il dato del rilievo finale.

Alle aree già disturbate si aggiungono, in cantiere, le superfici temporanee di lavoro (piste, aree di deposito, scavi dei lotti ancora da completare e le aree del depuratore): per esse vale lo stesso protocollo, con superficie e perimetro fissati dal rilievo di inizio lotto.

B.3 Principi e vincoli

1. **Prima il rilievo, poi l'intervento.** Nessun ripristino parte senza il rilievo georiferito dello stato dei luoghi (B.4) e il confronto con lo stato di riferimento ricostruito (paragrafo 4).
2. **Specie e provenienza locali.** Solo specie autoctone coerenti con l'habitat di riferimento, da materiale di propagazione di provenienza locale (fiorume, semi e piantine da vivai che certifichino l'origine). Vietate specie esotiche e miscugli commerciali generici.
3. **Salvaguardia dei ginepri e delle specie tutelate:** marcatura prima dei lavori, espianto conservativo dove possibile e reimpianto nella stessa UC.
4. **Suolo come risorsa.** Asportazione separata, deposito e riutilizzo dello strato superficiale (circa 40 cm dove presente); nessun materiale di riporto esterno senza verifica di compatibilità (D.P.R. 120/2017) e senza semi di specie aliene.
5. **Calendario ecologico.** Messa a dimora in autunno-inverno (ottobre-febbraio) e semine in autunno; **nessuna messa a dimora in giugno-agosto**; lavori rumorosi e di movimento terra nelle aree sensibili fuori dai periodi riproduttivi della fauna (scheda BIO-2) e fuori dalla stagione alta delle presenze, quando possibile.
6. **Ingegneria naturalistica e interventi leggeri:** mezzi di ridotta dimensione, accessi dai tracciati esistenti, nessun nuovo tracciato.
7. **Approvazioni.** Il piano esecutivo è sottoposto a CFVA/Foresta, all'ente gestore della ZSC e agli enti competenti per la V.Inc.A.; prevalgono le prescrizioni più restrittive.
8. **Acqua depurata solo se conforme.** L'irrigazione di soccorso con acqua depurata è ammessa solo se la qualità è conforme al riuso (D.M. 185/2003 o Reg. UE 2020/741, secondo la norma applicabile) e **mai** in prossimità di corsi d'acqua, falda o aree di balneazione; in caso contrario, acqua da autobotte.

B.4 Fasi operative

Fase	Attività	Controllo / prodotto
1. Rilievo	Rilievo con drone e rilievo GNSS-RTK dei poligoni; perimetro, pendenze, tipo di suolo, presenza di ginepri, specie aliene, rifiuti, segni di erosione; fotografie datate	Cartografia dei poligoni, scheda per ciascuno, fototraguardi (T0)
2. Pulizia	Rimozione di materiali estranei, rifiuti e residui di cantiere; smaltimento secondo D.Lgs. 152/2006, Parte IV	Registro di cantiere e formulari
3. Suolo	Decompattazione (scarifica) dove compattato; stesa del terreno vegetale accantonato; integrazione con terreno idoneo solo se necessario	Spessori, prova di compattazione, verbale
4. Morfologia	Ricostituzione di profili e raccordi naturali con le aree adiacenti; chiusura di scoline e solchi	Sezioni a fine lavori
5. Antierosione	Dove la pendenza lo richiede: biostuoie di cocco o juta, fascinate e graticciate (talee di salice o tamerice, dove in ambiente umido), palizzate vive, cordunate; piste dismesse "cucite" con cippato e fanghi caratterizzati, coperti da rete di fibra naturale	Verifica dopo la prima pioggia intensa
6. Inerbimento	Semina con fiorume e semi locali, idrosemina leggera con miscugli coerenti; in UC rupicola (H09) solo interventi manuali puntuali, senza movimento terra	Quantità di seme e provenienza
7. Impianto	Messa a dimora di non meno di 1.500 piante autoctone (arbusti e suffrutici, specie per UC, B.5), con protezioni individuali e pacciamatura	Elenco specie, lotto di provenienza, georeferenziazione per nuclei
8. Avviamento	Irrigazioni di soccorso nel primo periodo asciutto (B.3, punto 8)	Registro irrigazioni
9. Specie aliene	Estirpazione di <i>Carpobrotus</i> e infestanti nel tratto costiero e nelle aree trattate; asporto e smaltimento controllato del materiale	Superficie trattata, verbale
10. Mascheramento	Dove il paesaggio lo richiede (PAE-1): quinte e nuclei di macchia presso le opere in superficie, con le stesse specie	Fotoinserimenti prima/dopo
11. Chiusura	Rilievo a fine lavori (T0), confronto con lo stato di riferimento, relazione di fine ripristino fisico	Prima rata di svincolo (B.8)

B.5 Indirizzi per unità cartografica

UC	Obiettivo	Tecniche prevalenti	Specie guida (da confermare sul rilievo di riferimento)
HAP052	Mosaico di matorral, arbusteto e gariga	Topsoil, semina con fiorume, nuclei arbustivi, antierosione sulle pendenze	<i>Juniperus phoenicea</i> e <i>J. oxycedrus</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Cistus monspeliensis</i> , <i>C. salviifolius</i> , <i>Calicotome villosa</i> , <i>Helichrysum italicum</i> subsp. <i>microphyllum</i>
H34	Matorral arborescente di ginepro (5210)	Espianto e reimpianto dei ginepri salvaguardati; nuovi ginepri con protezioni; sottobosco di arbusti; massima cura delle fallanze	<i>Juniperus</i> spp., <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Arbutus unedo</i> (solo dove presente), <i>Olea europaea</i> var. <i>sylvestris</i>
HA065	Praterie di <i>Ampelodesmos</i> ed euforbie (5320, 5430)	Rimodellamento, controllo erosivo, semina e piantine di suffrutici	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> , <i>Euphorbia dendroides</i> , <i>E. characias</i> , <i>Helichrysum</i> , <i>Teucrium</i> spp., <i>Lavandula stoechas</i>
H09	Scogliera con <i>Limonium</i> (1240)	Solo interventi manuali; nessun mezzo meccanico; ripristino della micro-morfologia; utilizzo di materiale locale	<i>Limonium</i> spp. endemici (ad es. <i>L. acutifolium</i> , <i>L. viniolae</i>), <i>Crithmum maritimum</i> , <i>Helichrysum</i> ; riproduzione da semi raccolti in loco previa autorizzazione

Densità di impianto, rapporto tra specie, taglia e tipo di contenitore sono fissati dal progetto esecutivo in funzione del rilievo di riferimento. L'ordine di grandezza di 1.500 piante su circa 1,25 ha corrisponde a un impianto per **nuclei** (non a tappeto), integrato dalla colonizzazione spontanea e dal fiorume.

B.6 Programma temporale

Periodo	Attività
---------	----------

Periodo	Attività
Prima dell'inizio di ciascun lotto	Sopralluogo pre-cantiere, marcatura dei ginepri, rilievo dei poligoni, accantonamento del topsoil
Durante i lavori	Ripristino progressivo per tratti completati (non si attende la fine dell'intero cantiere), così da ridurre il tempo di esposizione dei suoli
Ottobre-febbraio	Messa a dimora, semine, idrosemine; posa di biostuoie e fascinate prima delle piogge autunnali
Marzo-maggio	Controllo dell'attecchimento, sostituzione delle fallanze, interventi sulle specie aliene
Giugno-settembre	Nessuna messa a dimora; irrigazioni di soccorso (se ammesse), controlli dell'erosione e verifica degli accessi
Anni 1-5	Manutenzione e monitoraggio (B.7); collaudo al quinto anno

Le date effettive seguono il cronoprogramma dei lotti (Allegato 5 della documentazione di progetto) e vanno aggiornate quando cambia la sequenza dei lavori.

B.7 Manutenzione e monitoraggio dei ripristini (5 anni)

- **Manutenzione:** sostituzione immediata delle fallanze nella stagione di impianto successiva; ripristino di protezioni e pacciamatura; sfalcio selettivo e controllo delle infestanti; correzione di erosioni e smottamenti; irrigazioni di soccorso nei primi due anni; controllo di *Carpobrotus* ogni anno.
- **Monitoraggio:** plot permanenti e fototraguardi secondo la scheda BIO-1; T0 a fine lavori; semestrale negli anni 1-2 (primavera e fine estate); annuale negli anni 3-5.
- **Interventi correttivi:** se un indicatore non è rispettato si applica il livello di allerta del paragrafo 7 (livello 1: verifica; livello 2: interventi di integrazione; livello 3: revisione del progetto di ripristino e comunicazione agli enti).

Indicatori e soglie di collaudo (proposta, coerente con BIO-1).

Indicatore	1 anno	3 anni	5 anni
Attecchimento delle piante messe a dimora	≥ 85%	≥ 80%	≥ 80%
Copertura vegetale rispetto all'habitat adiacente	≥ 40%	≥ 60%	≥ 80%
Copertura di <i>Carpobrotus</i> nelle aree trattate	< 5%	< 5%	< 5%
Erosione attiva, rifiuti	assenti	assenti	assenti
Superficie di habitat persa fuori dal perimetro autorizzato	nulla	nulla	nulla

Per il ginepro (H34) la dinamica di recupero è lenta: l'esito a cinque anni è valutato come **traiettoria** (sopravvivenza, crescita, rinnovamento) e non come ricostituzione completa dell'habitat; il tempo di recupero complessivo è indicato nella relazione sul danno e può eccedere i cinque anni, con prosecuzione del monitoraggio se concordata con l'ente.

B.8 Collaudo ambientale e svincolo della garanzia

Il collaudo ambientale è eseguito da un tecnico indipendente dal soggetto che ha realizzato il ripristino (dottore agronomo e forestale, naturalista o ingegnere ambientale). Lo svincolo della garanzia segue la scansione già proposta nella relazione sulla fideiussione:

Momento	Verifica	Quota svincolata
Fine del ripristino fisico	Rilievo T0 conforme, relazione di fine lavori	30%
Terzo anno	Soglie a 3 anni rispettate	40%
Quinto anno	Relazione finale di collaudo ambientale	30%

B.9 Quadro economico e garanzia

I costi unitari sono parametrici (ripristino primario e manutenzione quinquennale) e si applicano alle superfici di B.2.

UC	Superficie (m ²)	Ripristino (€/m ²)	Importo ripristino (€)	Manutenzione 5 anni (€/m ²)	Importo manutenzione (€)
HAP052	5.690,37	75	426.777,75	12	68.284,44
H34	4.406,21	90	396.558,90	16	70.499,36
HA065	2.377,83	55	130.780,65	10	23.778,30
H09	32,57	110	3.582,70	8	260,56
Totale	12.506,98		957.700,00		162.822,67

Quadro riepilogativo dell'importo da garantire (secondo la relazione sulla fideiussione):

Voce	Importo (€)
Ripristino primario	957.700,00
Manutenzione e gestione per 5 anni	162.822,67
Monitoraggio dei ripristini	25.000,00
Spese tecniche	137.462,73
Imprevisti	256.597,10
IVA	338.708,17
Totale	1.878.290,76

Livelli di garanzia proposti: 1.880.000 € (base), 1.900.000 € (con ulteriore margine) e 1.920.000 € (cautelativo). La relazione richiama inoltre una perdita funzionale intermedia (HEA) pari a 14.357,10 €, da trattare come elemento autonomo del danno e non ricompreso nel ripristino. Formula: $F = [(Cr + Cm + Cmo + Ct) \times (1 + Ki)] \times (1 + IVA)$, con Cr ripristino, Cm manutenzione, Cmo monitoraggio, Ct spese tecniche e Ki imprevisti.

Il monitoraggio del ripristino (25.000 €) comprende le campagne di BIO-1 sui ripristini; il restante monitoraggio del PMA (paragrafo 10) va computato a parte (punto 10 di B.12).

B.10 Rapporti e documenti

Documento	Contenuto	Scadenza
Piano esecutivo del ripristino	Elaborati per UC, computo analitico, cronoprogramma, tavola delle aree	Prima dell'inizio dei lavori di ciascun lotto
Relazione di fine ripristino fisico	Rilievo TO, quantità eseguite, specie e provenienze, fotografie	Entro 30 giorni dalla fine di ciascun lotto
Relazione annuale sui ripristini	Esito dei plot, fallanze, interventi, indicatori	Entro il 31 marzo (con la relazione annuale del PMA)
Collaudo ambientale	Verifica a 3 e 5 anni; proposta di svincolo	Anni 3 e 5

B.11 Responsabilità

Il **proponente** risponde dell'esecuzione e della garanzia; la **direzione lavori ambientale** (agronomo/naturalista) controlla le fasi in cantiere; il **Responsabile del PMA** raccoglie i dati e li confronta con le soglie; **CFVA/Foresta**, ente gestore della ZSC, **Provincia, ARPAS e Comuni** approvano e controllano. Il passaggio delle opere al gestore

Trinità d'Agultu, 8 ottobre 2026

In fede,
Ph. D. Vincenzo Satta
dottore agronomo e ingegnere ambientale