

Aspetti metodologici nella valutazione della qualità eco-morfologica dei corsi d'acqua: il metodo WEQUI

Giuliano Sauli (Naturstudio Scarl)



2017

2018

2019

I

II

III

IV

I

II

III

IV

I

II

III

IV



Avvio del progetto



Definizione delle strutture dati e acquisizione degli strumenti di misura



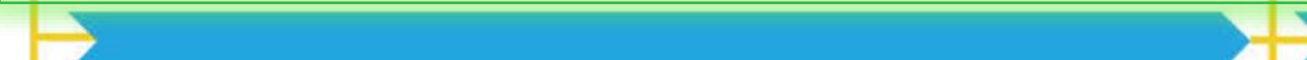
Sviluppo e messa a punto dei sistemi di monitoraggio ambientale



Sviluppo del metodo WEQUI e del database ambientale



Rilievi ambientali



Sviluppo degli algoritmi di analisi



Implementazione degli strumenti web



Messa a disposizione in rete degli strumenti di analisi

Il metodo WEQUI - Perché un nuovo indice?

All'interno del progetto, è stata sviluppata una nuova metodologia di valutazione della qualità eco morfologica dei corsi d'acqua, denominata **WEQUI** (**Wequal Eco-morphological Quality Index**). Essa consente di classificare lo stato eco-morfologico di un fiume attraverso un uso integrato di indicatori ambientali, riferiti a diverse componenti dell'ecosistema fluviale, e di tecnologie per ricognizioni e interpretazioni rapide, con l'ausilio di UAV e strumento informatici dedicati.

Il metodo WEQUI può essere applicato per valutare le condizioni di un tratto di corso d'acqua con due diversi scopi:

- "fotografare" una **situazione attuale**;
- "prevedere" le condizioni di **scenari futuri** (a medio lungo termine) in siti dove sia necessario intervenire con opere di ingegneria idraulica tradizionale e/o naturalistica.

Qualsiasi sia lo scopo, WEQUI si presta ad essere integrato proficuamente nelle procedure di progettazione di interventi sui corsi d'acqua.

Metodi di valutazione della qualità ecomorfologica disponibili in letteratura

La classificazione della qualità eco-morfologica si ripropone nella letteratura scientifica disponibile in materia con vari metodi che sono stati considerati e utilizzati nel metodo WEQUI:

- **la Direttiva europea 2000/60/CE.**
- **la Normativa italiana:** Parte Terza del D.Lgs. 152/06 e s.m.i D.M.
- **l'IFF** – *Indice di Funzionalità Fluviale,*
- **l'IQM** – *Indice di Qualità Morfologica*
- **il CARAVAGGIO** – *Core Assessment of River hAbitat VAlue and hydromorpholoGical*
- **L'Indice Biotico Esteso IBE** – fauna macroinvertebrati bentonici

260/10

Metodologia di valutazione della qualità ecomorfologica dei corsi d'acqua

La metodologia tarata su indagini di campo su interventi datati, è stata poi applicata ad una serie di **casi campione in Provincia di Bolzano** per verificarne la validità.

E' stato così possibile produrre in sintesi:

- a) un sistema di riferimento per la valutazione della qualità eco morfologica di un corso d'acqua;**
- b) una matrice di oltre 50 tipologie progettuali di interventi spondali e relative valutazioni sulla potenzialità di resilienza della vegetazione, con particolare riferimento a quelle di Ingegneria Naturalistica e quelle che prevedono l'utilizzo di strutture in rete metallica.**
- c) una serie sintetica di 15 indicatori significativi** alcuni precedentemente non considerati (es. carbon sequestration, carbon-footprint).

In metodo WEQUI messo a punto:

- a) consente una **facile compilazione delle schede di campo** con eccezione di alcuni rilievi specialistici, come le biocenosi acquatiche (macrobenthos) o la qualità delle acque da indice IBE;
- b) permette di lavorare su **scale di maggior dettaglio** che meglio si prestano alle finalità della **progettazione**.

Il lavoro ha permesso di costruire una base dati dalla quale si sono poi derivati **metodi previsionali di stima semplificati**, basati su riferimenti tabellari, a supporto di valutazioni di futuri scenari riferibili ad interventi analoghi.

MATRICE PRELIMINARE DI VALUTAZIONE DI INDICATORI

N.	NOME INDICATORE	Esperto generico	Esperto specialista	Vincoli stagionali	Drone	Disponibilità cartografia tematica
1	USO DEL SUOLO (FASCE LATERALI)	X			X	X
2	CONTINUITÀ LATERALE (CONNESSIONE CON FASCE LATERALI E MOBILITÀ TRASVERSALE)	X			X	
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ D'ALVEO E DI SPONDA)	X				
4	CONTINUITÀ LONGITUDINALE (PRESENZA DI OPERE TRASVERSALI)	X			X	
5	MORFOLOGIA D'ALVEO	X			X	X
6	CAPACITÀ DI RITENZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA	X			(X)	
7	REGIME IDRICO	X				
8	QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE		X (DA IBE)			
9	COMUNITÀ MACROBENTHONICA - IBE		X			
10	IDONEITÀ ITTICA	X			(X)	
11A	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE-GOLENALE/RILIEVO FISIONOMICO STRUTTURALE - RIF. SERIE DINAMICA POTENZIALE NATURALE	X			(X)	X
11B	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE-GOLENALE/ RILIEVI FITOSOCIOLOGICI		X	X		
12	AMPIEZZA DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE	X			X	
13	CONTINUITÀ DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE	X			X	
14	CARBON SEQUESTRATION	X			X	
15	CARBON FOOTPRINT	X				
16 A	AVIFAUNA - BANCHE DATI ORNITHO-REGIONALI/ CONNETTIVITA' VEGETAZIONE		X			X
16 B	AVIFAUNA RILIEVI DI CAMPO		X	X		
					(X)	pro parte



AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
 PROVINZIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE

WEQUI - INDICE DI QUALITÀ ECOMORFOLOGICA

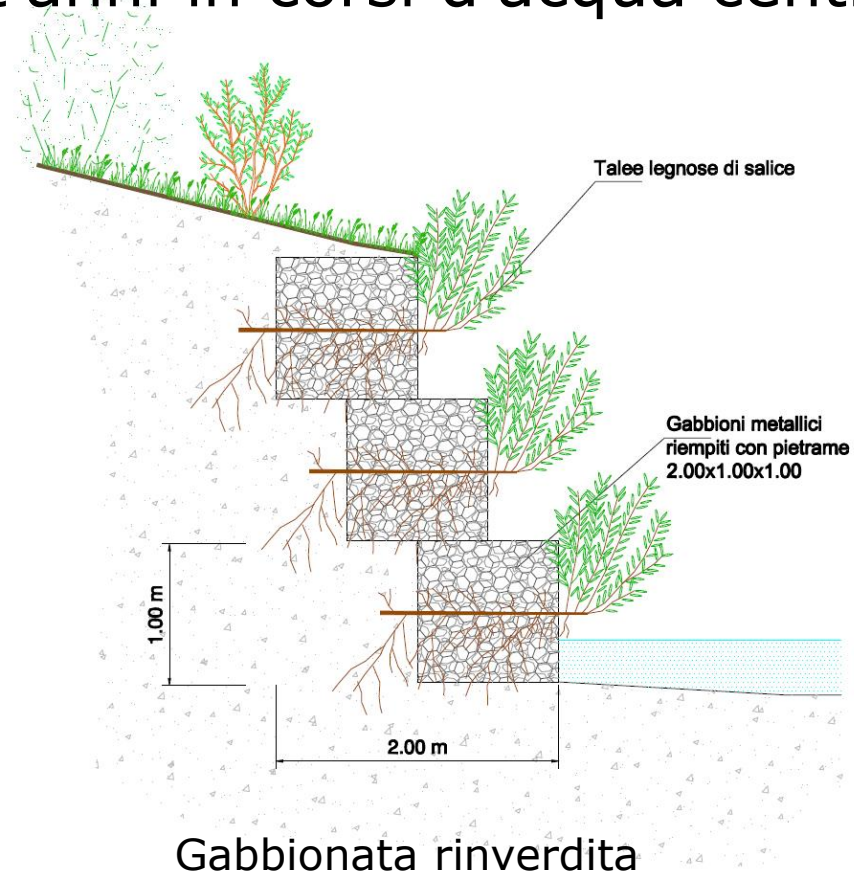
N	NOME INDICATORE	PUNTEGGIO		
		SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
1	USO DEL SUOLO (FASCE LATERALI)			
2	CONTINUITÀ LATERALE (CONNESSIONE CON FASCE LATERALI E MOBILITÀ TRASVERSALE)			
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ D'ALVEO E DI SPONDA)			
4	CONTINUITÀ LONGITUDINALE (PRESENZA DI OPERE TRASVERSALI)			
5	MORFOLOGIA D'ALVEO			
6	CAPACITÀ DI RITENZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA			
7	REGIME IDRICO			
8	QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE			
9	COMUNITÀ MACROBENTHONICA			
10	IDONEITÀ ITTICA			
11	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (RIF. SERIE DINAMICA DELLA VEGETAZIONE NATURALE)			
12	AMPIEZZA DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE			
13	CONTINUITÀ DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE			
14	CARBON SEQUESTRATION (RESILIENZA VEGETAZIONALE)			
15	CARBON FOOTPRINT			
PUNTEGGIO TOTALE				

ATTIVITA' DI CAMPO ED ELABORAZIONE STRUMENTI DI ANALISI

- 1. Realizzazione di rilievi in campo e coinvolgimento di esperti idraulici, naturalisti, botanici, idrobiologi;**
- 2. Sviluppo, calibrazione e validazione di WEQUI, un metodo di valutazione della qualità eco-morfologica dei corsi d'acqua, costituito da 15 indicatori ambientali;**
- 3. Creazione di un database di effetti tipo per le principali categorie di opere idrauliche (inclusi interventi di ingegneria naturalistica) in base a osservazioni e misure raccolte in campo;**
- 4. Progettazione, realizzazione e collaudo di vettori aerei (droni) per il rilievo teleoperato, con ottimizzazione delle tecniche di volo e di rilievo;**
- 5. Confronto dati rilevati in campo con dati teleoperati**
- 6. Progettazione e implementazione degli strumenti web REQUALIFE e WEQUAL-AMC, due sistemi a supporto delle valutazioni e della progettazione di interventi su corsi d'acqua.**

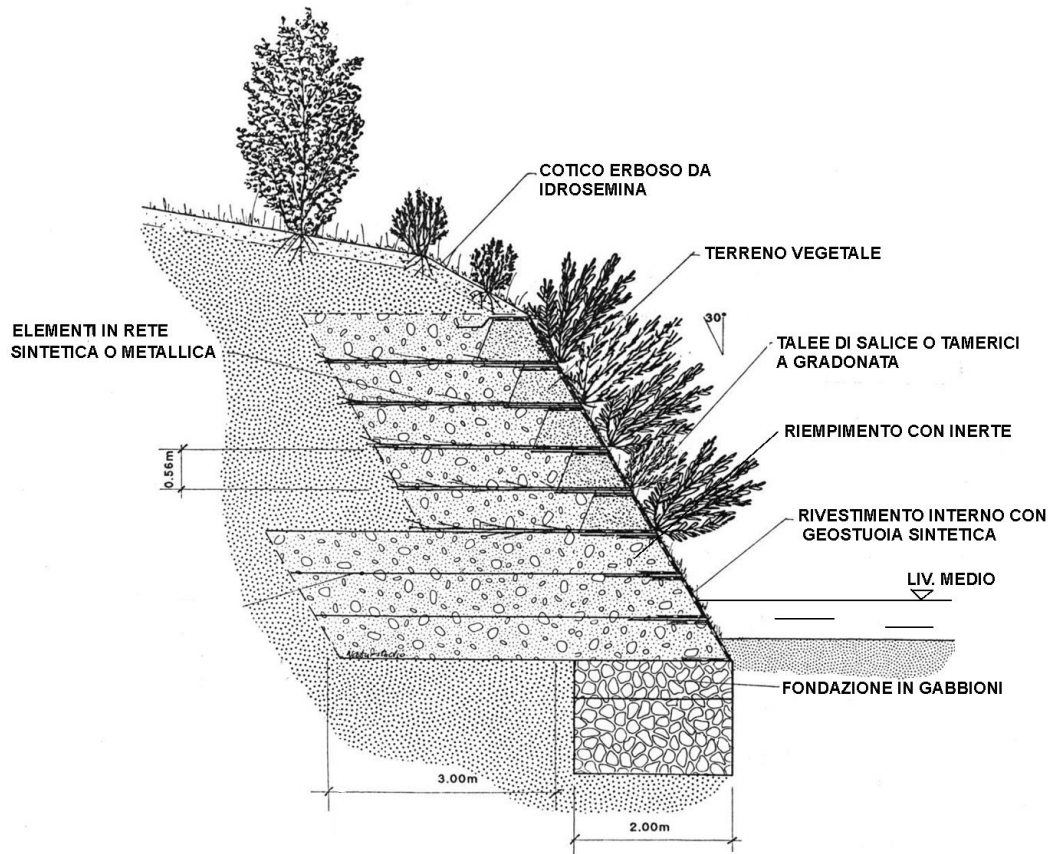
Lavoro di campo

- rivisitazione di interventi spondali con materiali in rete metallica (gabbioni, materassi, terre rinforzate rivegetati) realizzati negli ultimi vent'anni in corsi d'acqua centro – nord Italia.



Lavoro di campo

- rivisitazione di interventi spondali con materiali in rete metallica



Terra rinforzata verde



Lavoro di campo

Sono stati in particolare eseguiti:

- **rilievi di campo della vegetazione/dendrometria;**
- **prelievi di macroinvertebrati bentonici;**
- **valutazioni di campo su idrologia e morfologia;**
- **schedatura della qualità eco-morfologica per ogni parametro preso in considerazione.**

CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ ECOMORFOLOGICA

min	max	classe di qualità ecomorfologica	livello di funzionalità
225	272	elevata	I
175	225	buona	II
125	175	sufficiente	III
70	125	scarsa	IV
15	70	cattiva	V

Classificazione dei livelli di qualità ecomorfologica
[Cornelini e Sauli, 2015] mod

Una volta compilati tutti i 15 indicatori, ovvero dopo aver individuato il punteggio da attribuire a ciascun indicatore in riferimento alla fascia d'interesse, si calcola il punteggio totale. Il calcolo avviene separatamente per ciascuna delle due sponde. A tale scopo si procede nel modo seguente:

- I. si sommano tutti i punteggi degli indicatori riferiti all'alveo, in modo da ottenere la somma s_0 ;
- II. si sommano tutti i punteggi degli indicatori riferiti alla sponda sinistra, in modo da ottenere la somma s_L ;
- III. si sommano s_0 e s_L per ottenere S_{left} , ovvero il punteggio totale dello stato eco-morfologico della sponda sinistra;
- IV. si sommano tutti i punteggi degli indicatori riferiti alla sponda destra, in modo da ottenere la somma s_R ;
- V. si sommano s_0 e s_R per ottenere S_{right} , ovvero il punteggio totale dello stato eco-morfologico della sponda destra;

WEQUI INDICE DI QUALITÀ ECOMORFOLOGICA - STATO ATTUALE SPONDA SINISTRA		
1	USO DEL SUOLO (FASCE LATERALI) Prevalenza di aree periurbane con spazi verdi	2
2	CONTINUITÀ LATERALE (CONNESSIONE CON FASCE LATERALI E MOBILITÀ TRASVERSALE) Connessione tra alveo e fasce laterali nulla: presenza di elementi artificiali che interrompono	1
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ DI SPONDA) Minima continuità verticale degli scambi tra acque superficiali e acque sotterranee di subalveo: diffusa	2
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ D'ALVEO) Naturale continuità verticale degli scambi tra acque superficiali e acque sotterranee di subalveo: permeabilità naturale	16
4	CONTINUITÀ LONGITUDINALE (PRESENZA DI OPERE TRASVERSALI) Totale continuità longitudinale: opere trasversali d'intercettazione delle portate solide assenti o presenti con effetto trascurabile; nessuna evidente differenza granulometrica tra monte e valle	16
5	MORFOLOGIA D'ALVEO Buona diversità morfologica: sezione a geometria varia; tirante e velocità variabili sulla sezione; fondo prevalentemente erodibile; interventi artificiali, ma con limitata alterazione della naturale morfologia (effetti visibili < 30% del tratto)	8
6	CAPACITÀ DI RITENZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA Strutture di trattenuta della sostanza organica diffuse e mobili con le piene: massi, ciottoli e/o rami con deposito di materia organica o buona irregolarità del fondo o vegetazione acquatica presente ma rada	8
7	REGIME IDRICO Presenza di alterazioni che modificano significativamente il regime idrico naturale	4
8	QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE Acque non inquinate	16
9	COMUNITÀ MACROBENTHONICA Comunità macrobenthonica sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto all'atteso	8
10	IDONEITÀ ITTICA Buona idoneità ittica: buona presenza di aree rifugio, di ombreggiamento e assenza sbarramenti per la migrazione o presenza di sbarramenti dotati di passaggi per pesci	8
11	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (RIF. SERIE DINAMICA) Formazioni arbustive ripariali/golenali (prevalenza di salici, cespugli igrofilo e specie arbustive ripariali in genere)	16
12	AMPIEZZA DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (si valuta solo per 11a. o 11b.) Larghezza della fascia arborea o arbustiva: 3-6 m	2
13	CONTINUITÀ DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (si valuta solo per 11a. e 11b.) Estensione longitudinale della fascia arborea o arbustiva: 40-60% della lunghezza del tratto	4
14	CARBON SEQUESTRATION Presenza di opere di sistemazione idraulica con minime possibilità di rinverdimento; crescita vegetazionale estesamente ostacolata; opere non integrate nell'ambiente	2
15	CARBON FOOTPRINT (opere spondali) Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint intermedia	4
15	CARBON FOOTPRINT (opere in alveo) Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint limitata	8
TOTALE:		125
CLASSE DI QUALITÀ ECOMORFOLOGICA:		scarsa
LIVELLO DI FUNZIONALITÀ:		IV

WEQUI INDICE DI QUALITÀ ECOMORFOLOGICA - STATO ATTUALE SPONDA DESTRA		
1	USO DEL SUOLO (FASCE LATERALI) Prevalenza di usi agricoli, vegetazione sinantropica	4
2	CONTINUITÀ LATERALE (CONNESSIONE CON FASCE LATERALI E MOBILITÀ TRASVERSALE) Connessione tra alveo e fasce laterali nulla: presenza di elementi artificiali che interrompono	1
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ DI SPONDA) Limitata continuità verticale degli scambi tra acque superficiali e acque sotterranee di subalveo:	4
3	CONTINUITÀ VERTICALE (PERMEABILITÀ D'ALVEO) Naturale continuità verticale degli scambi tra acque superficiali e acque sotterranee di subalveo: permeabilità naturale	16
4	CONTINUITÀ LONGITUDINALE (PRESENZA DI OPERE TRASVERSALI) Totale continuità longitudinale: opere trasversali d'intercettazione delle portate solide assenti o presenti con effetto trascurabile; nessuna evidente differenza granulometrica tra monte e valle	16
5	MORFOLOGIA D'ALVEO Buona diversità morfologica: sezione a geometria varia; tirante e velocità variabili sulla sezione; fondo prevalentemente erodibile; interventi artificiali, ma con limitata alterazione della naturale morfologia (effetti visibili < 30% del tratto)	8
6	CAPACITÀ DI RITENZIONE DELLA SOSTANZA ORGANICA Strutture di trattenuta della sostanza organica diffuse e mobili con le piene: massi, ciottoli e/o rami con deposito di materia organica o buona irregolarità del fondo o vegetazione acquatica presente ma rada	8
7	REGIME IDRICO Presenza di alterazioni che modificano significativamente il regime idrico naturale	4
8	QUALITÀ CHIMICA DELLE ACQUE Acque non inquinate	16
9	COMUNITÀ MACROBENTHONICA Comunità macrobenthonica sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto all'atteso	8
10	IDONEITÀ ITTICA Buona idoneità ittica: buona presenza di aree rifugio, di frega, di ombreggiamento e assenza sbarramenti per la migrazione o presenza di sbarramenti dotati di passaggi per pesci	8
11	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (RIF. SERIE DINAMICA) Formazioni arboree ripariali/golenali (prevalenza di salici, ontani, pioppi e specie arboree ripariali in genere)	16
12	AMPIEZZA DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (si valuta solo per 11a. o 11b.) Larghezza della fascia arborea o arbustiva: 10-30 m	8
13	CONTINUITÀ DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (si valuta solo per 11a. e 11b.) Estensione longitudinale della fascia arborea o arbustiva: > 80% della lunghezza del tratto	16
14	CARBON SEQUESTRATION Presenza di opere di sistemazione idraulica con buone possibilità di rinverdimento; condizioni favorevoli alla crescita vegetazionale; buona integrazione ambientale delle opere	8
15	CARBON FOOTPRINT (opere spondali) Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint intermedia	4
15	CARBON FOOTPRINT (opere in alveo) Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint limitata	8
TOTALE:		153
CLASSE DI QUALITÀ ECOMORFOLOGICA:		sufficiente
LIVELLO DI FUNZIONALITÀ:		III

Indicatori biologico - naturalistici

1 USO DEL SUOLO (FASCE LATERALI)	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
<i>a.</i> Prevalenza di formazioni arboreo-arbustive	16		16
<i>b.</i> Prevalenza di formazioni arbustivo-erbacee	8		8
<i>c.</i> Prevalenza di usi agricoli, vegetazione sinantropica	4		4
<i>d.</i> Prevalenza di aree periurbane con spazi verdi	2		2
<i>e.</i> Prevalenza di aree urbanizzate con suolo impermeabile	1		1

Indicatori biologico – naturalistici:

- Uso del suolo riferito alle fasce laterali del corso d'acqua;



Indicatori biologico - naturalistici

11	VEGETAZIONE DELLA FASCIA RIPARIALE/GOLENALE (RIF. SERIE DINAMICA DELLA VEGETAZIONE NATURALE)	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
<i>a.</i>	Formazioni arboree ripariali/golenali (prevalenza di salici, ontani, pioppi e specie arboree ripariali in genere)	16		16
<i>b.</i>	Formazioni arbustive ripariali/golenali (prevalenza di salici, ce-spugli igrofilo e specie arbustive ripariali in genere)	16		16
<i>c.</i>	Popolamenti di piante semi-acquatiche (elofitiche), torbiere (cariceti), formazioni erbacee igrofile	8		8
<i>d.</i>	Incolti, prati, pascoli, formazioni sinantropiche (prevalenza di robinie a portamento arbustivo, rovi, canne)	4		4
<i>e.</i>	Colture agrarie	2		2
<i>f.</i>	Assenza di vegetazione	1		1

Indicatori biologico - naturalistici



Fascia ripariale

Indicatori biologico - naturalistici

9	COMUNITÀ MACROBENTHONICA	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
a.	Comunità macrobenthonica ben strutturata e diversificata, adeguata alla tipologia fluviale		16	
b.	Comunità macrobenthonica sufficientemente diversificata, ma con struttura alterata rispetto all'atteso		8	
c.	Comunità macrobenthonica poco equilibrata e diversificata, prevalenza di taxa tolleranti l'inquinamento		4	
d.	Assenza di una comunità strutturata, presenza di pochi taxa, tutti piuttosto tolleranti l'inquinamento		2	
e.	Comunità macrobenthonica totalmente assente		1	

Indicatori biologico - naturalistici

- I macroinvertebrati bentonici secondo la metodologia IBE;



INDICATORI MORFOLOGICI

4 CONTINUITÀ LONGITUDINALE (PRESENZA DI OPERE TRASVERSALI)	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
a. Totale continuità longitudinale: opere trasversali d'intercettazione delle portate solide assenti o presenti con effetto trascurabile; nessuna evidente differenza granulometrica tra monte e valle		16	
b. Buona continuità longitudinale: saltuarie opere trasversali d'intercettazione delle portate solide; nessuna evidente differenza granulometrica tra monte e valle		8	
c. Limitata continuità longitudinale: diffuse opere trasversali d'intercettazione delle portate solide; evidenti differenze granulometriche tra monte e valle		4	
d. Minima continuità longitudinale: diffuse opere trasversali d'intercettazione delle portate solide		2	
e. Assenza di continuità longitudinale: totale intercettazione delle portate solide da parte di opere trasversali		1	

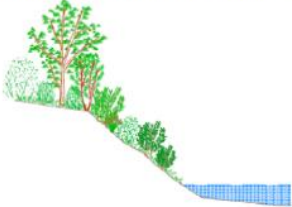

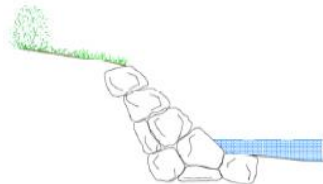
Classificazione del grado di naturalità morfologica atteso in alveo

		5 – MORFOLOGIA D'ALVEO				
CODICE TIPOLOGIA OPERA	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA [Vignozzi et al. 1998; PGUAP 2006] [elaboraz. Valentini, Zorzi, Sauli]	COEFFICIENTE $\alpha_{s,i}$ di alterazione morfologica (0 = nessuna alterazione; 1 = totale alterazione)		GRADO DI NATURALITÀ MORFOLOGICA ATTESO IN ALVEO		
		$\Delta h < 0.7m$ [elaboraz. Zorzi]	$\Delta h \geq 0.7m$ [elaboraz. Zorzi]	$\Delta h < 0.7m$	$\Delta h \geq 0.7m$	
OPERE TRASVERSALI CHIUSE	NOTA: PER LE OPERE TRASVERSALI CHIUSE (T1-T11) <u>NON</u> COLMATE SI CONSIDERA IL VALORE $\alpha_{4i} = 1$, CHE SOSTITUISCE QUELLO DI SEGUITO TABULATO					
	T1	Soglia in gabbioni	0.1	0.3	I Elevato	II Buono
	T2	Soglia permeabile in massi ciclopici	0	0.1	I Elevato	I Elevato
	T3	Soglia in massi cementati e legati	0.2	0.4	II Buono	III Sufficiente
	T4	Soglia in calcestruzzo	0.2	0.4	II Buono	III Sufficiente
	T5	Rampa in pietrame	0.3	0.6	II Buono	IV Scarso
	T6	Briglia in gabbioni	0.2	0.4	II Buono	III Sufficiente
	T7	Briglia a scivolo in gabbioni	0.2	0.5	II Buono	III Sufficiente
	T8	Briglia in legname e pietrame	0.2	0.4	II Buono	III Sufficiente
	T9	Briglia in massi a secco	0.2	0.5	II Buono	III Sufficiente
	T10	Briglia in massi cementati e legati	0.3	0.6	II Buono	IV Scarso
T11	Briglia in calcestruzzo	0.3	0.6	II Buono	IV Scarso	

CARBON SEQUESTRATION (resilienza vegetazionale)

14	CARBON SEQUESTRATION (RESILIENZA VEGETAZIONALE)	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
a.	Assenza di opere di sistemazione idraulica o presenza di opere con ottime possibilità di rinverdimento; condizioni ottimali per la crescita vegetazionale; ottima integrazione ambientale delle opere se presenti	16		16
b.	Presenza di opere di sistemazione idraulica con buone possibilità di rinverdimento; condizioni favorevoli alla crescita vegetazionale; buona integrazione ambientale delle opere	8		8
c.	Presenza di opere di sistemazione idraulica con limitate possibilità di rinverdimento; condizioni non ottimali per la crescita vegetazionale; limitata integrazione ambientale delle opere	4		4
d.	Presenza di opere di sistemazione idraulica con minime possibilità di rinverdimento; crescita vegetazionale estesamente ostacolata; opere non integrate nell'ambiente	2		2
e.	Presenza di opere di sistemazione idraulica che impediscono totalmente il rinverdimento e la crescita vegetazionale	1		1

INDICE RESILIENZA VEGETAZIONE - VERIFICATA E POTENZIALE

	CODICE TIPOLOGIA OPERA	TIPOLOGIA RIVESTIMENTO/RIVEGETAZIONE	N.Rilievo/ Anno	Superficie campione mq	SPECIE	N. esemp.	tonCO2/ha anno*	VERIFICATO/ CALCOLATO	POTENZIALE a 20 ANNI
								Livello Indice di Resilienza vegetazione	Livello Incrementale Indice Resilienza vegetazione
OPERE SPONDALI (Rivestimenti e consolidamenti)	S1	Vegetazione ripariale spontanea 	Sal-Mat-R6 2018	12,00	<i>Salix purpurea</i>	13	6,59	II Buono	I Ottimo
	S9	Palificata doppia viva 	Pal-Fel-R1 2018	15,00	<i>Salix purpurea</i> <i>Alnus incana</i> <i>Corylus avellana</i>	26	5,42	II Buono	I Ottimo
	S13	Gabbionata rinverdita 	R1 - Mutino 2013	35,00	<i>Salix alba</i> , <i>Salix purpurea</i>	–	6,32	II Buono	II Buono
	S16	Scogliera in massi a secco non rinverdita 	ZIPAR 2018	15,00	–	12	3,00	IV Scarso	IV Scarso

Carbon sequestration – t equ CO₂/ha/anno (da Tab. Regione Emilia)

Fustaie	CO ₂ assorbita dai popolamenti forestali
Abete bianco	5,38
Larice	4,92
Faggio	8,64
Pini mediterranei	6,01
Querce caducifoglie	5,24
Leccio	5,72*
Cerro	7,14*
Valore medio fustaia	6,47
Cedui	CO ₂ assorbita dai popolamenti forestali
Faggio	6,40
Castagno	8,17
Querce	5,37
Valore medio ceduo	6,35

* altre fonti bibliografiche

Classificazione dei valori del tasso medio di assorbimento della CO₂

Tasso medio di assorbimento della CO ₂	LIVELLO DI CARBON SEQUESTRATION
6.912-8.64*	I Ottimo
5.184-6.912	II Buono
3.456-5.184	III Sufficiente
1.728-3.456	IV Scarso
0-1.728	V Minimo/ Nullo

*valore di riferimento: fustaia di faggio

Classificazione del tasso di carbon sequestration atteso

		14 – CARBON SEQUESTRATION	
CODICE TIPOLOGIA OPERA	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA [Vignozzi et al. 1998; PGUAP 2006] [elaboraz. Valentini, Zorzi, Sauli]	COEFFICIENTE $\alpha_{14,i}$ della possibilità/opportunità di rivegetazione (0 = minima rivegetazione; 1 = massima rivegetazione)	LIVELLO DI CARBON SEQUESTRATION ATTESO
OPERE SPONDALI	S1	Vegetazione ripariale spontanea	I Elevato
	S2	Vegetazione golenale spontanea	I Elevato
	S3	Copertura diffusa con salici	I Elevato
	S4	Sponda con piantagioni arbustive	II Buono
	S5	Geostuoia vegetata	III Sufficiente
	S6	Geostuoia non vegetata	IV Scarso
	S7	Materassi vegetati	II Buono
	S8	Materassi non vegetati	IV Scarso
	S9	Palificata doppia viva	I Elevato
	S10	Palificata viva con palo verticale e gabbione cilindrico	III Sufficiente

Classificazione del tasso di carbon sequestration atteso

		14 – CARBON SEQUESTRATION		
	CODICE TIPOLOGIA OPERA	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA [Vignozzi et al. 1998; PGUAP 2006] [elaboraz. Valentini, Zorzi, Sauli]	COEFFICIENTE $\alpha_{14, i}$ della possibilità/oppor- tunità di rivegetazione (0 = minima rivegetazione; 1 = massima rivegetazione)	LIVELLO DI CARBON SE- QUESTRA- TION AT- TESO
OPERE SPONDALI	S11	Terra rinforzata rinverdita	0.9	I Elevato
	S12	Terra rinforzata non rinverdita	0.2	IV Scarso
	S13	Gabbionata rinverdita	0.7	II Buono
	S14	Gabbionata non rinverdita	0.2	IV Scarso
	S15	Scogliera in massi a secco rinverdita	0.7	II Buono
	S16	Scogliera in massi a secco non rinverdita	0.2	IV Scarso
	S17	Scogliera in massi a secco legati	0.5	III Sufficiente
	S18	Scogliera in massi e calcestruzzo	0	V Cattivo
	S19	Palizzata con putrelle e traverse	0.5	III Sufficiente
	S20	Rivestimento in massi	0.1	V Cattivo
	S21	Rivestimento in calcestruzzo	0	V Cattivo
	S22	Muro di sponda in massi a secco	0.1	V Cattivo
	S23	Muri di sponda in massi cementati	0	V Cattivo
	S24	Muri di sponda in calcestruzzo (rivestito in pietrame)	0	V Cattivo

CARBON FOOTPRINT – CO2 emessa in fase produzione materiali

15	CARBON FOOTPRINT	SPONDA SX	ALVEO	SPONDA DX
a.	Assenza o presenza sporadica di opere di sistemazione con carbon footprint limitata	16	16	16
b.	Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint limitata	8	8	8
c.	Presenza di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint intermedia	4	4	4
d.	Presenza su parti del tratto di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint elevata	2	2	2
e.	Presenza su tutto il tratto di opere di sistemazione idraulica con carbon footprint elevata	1	1	1

INDICATORI MORFOLOGICI

- La “*carbonfootprint*” relativa ad esistenti strutture artificiali di regimazione idraulica.



Valutazione del livello di carbon footprint stimato

		15 – CARBON FOOTPRINT		
	CODICE TIPOLOGIA OPERA	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA [Vignozzi et al. 1998; PGUAP 2006] [elaboraz. Valentini, Zorzi, Sauli]	COEFFICIENTE $\alpha_{15,i}$ di carbon footprint di prodotto (1 = carbon footprint elevata; 0 = carbon footprint trascurabile)	CARBON FOOTPRINT STIMATA
OPERE SPONDALI	S1	Vegetazione ripariale spontanea	0	I Trascurabile
	S2	Vegetazione golenale spontanea	0	I Trascurabile
	S3	Copertura diffusa con salici	0	I Trascurabile
	S4	Sponda con piantagioni arbustive	0	I Trascurabile
	S5	Geostuoia vegetata	1	V Molto alta
	S6	Geostuoia non vegetata	1	V Molto alta
	S7	Materassi vegetati	0.2	II Bassa
	S8	Materassi non vegetati	0.2	II Bassa
	S9	Palificata doppia viva	0.2	II Bassa
	S10	Palificata viva con palo verticale e gabbione cilindrico	0.2	II Bassa

Valutazione del livello di carbon footprint stimato

		15 – CARBON FOOTPRINT		
CODICE TIPOLOGIA OPERA	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA [Vignozzi et al. 1998; PGUAP 2006] [elaboraz. Valentini, Zorzi, Sauli]	COEFFICIENTE $\alpha_{15,i}$ di carbon footprint di prodotto (1 = carbon footprint elevata; 0 = carbon footprint trascurabile)	CARBON FOOTPRINT STIMATA	
OPERE SPONDALI	S11	Terra rinforzata rinverdita	0.1	I Trascurabile
	S12	Terra rinforzata non rinverdita	0.1	I Trascurabile
	S13	Gabbionata rinverdita	0.2	II Bassa
	S14	Gabbionata non rinverdita	0.2	II Bassa
	S15	Scogliera in massi a secco rinverdita	0.2	II Bassa
	S16	Scogliera in massi a secco non rinverdita	0.2	II Bassa
	S17	Scogliera in massi a secco legati	0.4	III Media
	S18	Scogliera in massi e calcestruzzo	0.3	II Bassa
	S19	Palizzata con putrelle e traverse	1	V Molto alta
	S20	Rivestimento in massi	0.2	II Bassa
	S21	Rivestimento in calcestruzzo	0.4	III Media
	S22	Muro di sponda in massi a secco	0.2	II Bassa
	S23	Muri di sponda in massi cementati	0.3	II Bassa
	S24	Muri di sponda in calcestruzzo (rivestito in pietrame)	1	V Molto alta

Indicatori biologico - naturalistici

Tabella 2 - Valori dendrometrici e stime dei volumi per l'area di saggio PASTI

Sito	Punto	Latitudine	Longitudine	Descrizione	Specie	Numero getti [-]	Circonferenza getti [m]	Diametro getti [m]	Altezza getti [m]	Volume [dm ³]
PASTI	38	46 41 24.6578	11 10 41.8352	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	7	0.06	0.02	2	2.199
PASTI	39	46 41 24.5725	11 10 41.8228	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	4	0.06	0.02	3	1.885
PASTI	40	46 41 24.5756	11 10 41.7792	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	4	0.09	0.03	3	4.241
PASTI	41	46 41 24.5189	11 10 41.7969	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	7	0.14	0.04	8	43.672
PASTI	42	46 41 24.5084	11 10 41.7794	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	1	0.08	0.03	2	0.509
PASTI	43	46 41 24.4835	11 10 41.7694	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	10	0.18	0.06	10	95.975
PASTI	44	46 41 24.4698	11 10 41.6398	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	6	0.16	0.05	9	39.089
PASTI	45	46 41 24.4196	11 10 41.7217	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	7	0.19	0.06	6	60.328
PASTI	46	46 41 24.4068	11 10 41.6947	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	7	0.12	0.04	8	32.086
PASTI	47	46 41 24.3205	11 10 41.7745	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	8	0.12	0.04	8	36.669
PASTI	48	46 41 24.5088	11 10 41.8479	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	6	0.19	0.06	6	51.709
PASTI	49	46 41 24.2920	11 10 41.7312	Salice bianco	<i>Salix alba</i>	13	0.13	0.04	7	61.191
										429.554

Tabella 3 - Calcolo del tasso medio di assorbimento della CO₂ per l'area di saggio PASTI

PASTI – VEGETAZIONE RIPARIALE SPONTANEA

Volume [dm ³]	Peso fresco [kg]	Peso secco [kg]	CO ₂ assorbita [kg]	CO ₂ assorbita per m ² [kg/m ²]	CO ₂ assorbita per ha [kg/ha]	CO ₂ assorbita per ha per anno [kg/ha/anno]
429.6	373.7	232.2	357.6	5.109	51089.4	7.298

Tab. 1 – Tabella di sintesi calcolo CO2

TERRA VERDE RINFORZATA

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
38,59	0,79	30,49	37,86	18,95	1,54	29,18	9,73	97.251,23	7,48

MATERASSO VERDE (veg. legnosa di crescita spontanea)

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
50,73	0,79	40,08	37,86	24,90	1,54	38,35	6,39	63.919,40	4,92

PALIFICATA VIVA

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
96,74	0,79	76,42	37,86	47,49	1,54	73,13	4,88	48.754,89	5,42

REPELENTE

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
485,03	0,79	383,17	37,86	238,10	1,54	366,68	12,22	122.226,17	6,79

COPERTURA DIFFUSA

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
150,84	0,79	119,16	37,86	74,05	1,54	114,03	9,50	95.025,90	5,28

SCOGLIERA RINVERDITA

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
104,56	0,79	82,60	37,86	51,33	1,54	79,04	6,59	65.869,95	3,66

SALICETO DI GRETO

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
16,19	0,79	12,79	37,86	7,95	1,54	12,24	1,02	10.197,78	1,02

SALICETO MATURO

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequest [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
104,56	0,79	82,60	37,86	51,33	1,54	79,05	6,59	65.873,04	6,59

BOSCO GOLENALE A TERGO GABBIONATE

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequestrata [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
32.292,20	0,87	28.027,22	37,86	17.416,11	1,54	26.820,82	44,70	447.013,61	7,58

TRATTO NATURALIFORME IN SPONDA DESTRA

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequestrata [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
37.055,24	0,79	29.273,64	37,86	18.190,64	1,54	28.013,59	46,69	466.893,11	7,41

GABBIONATA VERDE SPONDALE

Volume [dm ³]	Peso specifico [Kg/dm ³]	Peso fresco [Kg]	Umidità [%]	Peso secco [Kg]	g CO ₂ [g]	CO ₂ sequestrata [Kg]	kgCO ₂ /m ² [kg]	kgCO ₂ /ha	tonCO ₂ /ha anno
526,64	0,79	416,05	37,86	258,53	1,54	398,14	11,38	113.754,39	6,32

Si ricorda che il valore massimo di riferimento per il tasso medio di assorbimento della CO2 è quello delle fustaie di faggio, che, secondo dati di letteratura, risulta pari a 8.64 kg/ha/anno.

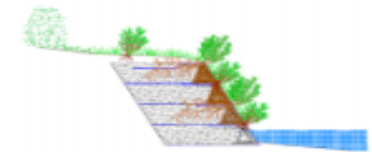
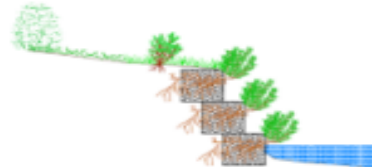

Confrontando tale valore con quello riportato in Tabella, si comprende come l'assorbimento di CO2 ad opera della vegetazione della sponda destra rimanga al di sotto di quello di riferimento.

Adottando i criteri di classificazione riportati in Tabella 14, già utilizzati per altri siti, si può concludere che l'indice di resilienza vegetazionale per l'area campione è classificabile come di livello SCARSO o MINIMO.

Tabella 14 - Criteri di classificazione dell'indice di resilienza vegetazionale

min	max	Livello Indice di Resilienza vegetazione	
6,912	8,64*	Elevato	I
5,184	6,912	Buono	II
3,456	5,184	Sufficiente	III
1,728	3,456	Scarso	IV
0	1,728	Minimo/ Nullo	V

**OPERE SPONDALI
(Rivestimenti e consolidamenti)**

S8	Terra rinforzata verde 	Fella 1 2013	F. Fella 3,00	<i>Salix eleagnos Salix alba</i>	30	–	3,33	38,59	18,95	7,48	Ottimo	I
S9	Difesa di sponda in terra rinforzata non rinverdit											
S10a	Gabbionata verde 	R1 - Mutino 2013	T. Mutino 35,00	<i>Salix alba, Salix purpurea</i>	–	–	–	526,64	258,53	6,32	Buono	II
S10b	Bosco golenale tergo gabbionata 	ADS 13-Bibb 2014	F. Arno 600,00	<i>Bosco golenale a salici e pioppi</i>	108	–	9,1	32292,2	17416,1	7,58	Ottimo	I
S11	Scogliera in massi a secco rinverdit	Sco-rinv-R4 2018	F. Fella 12,00	<i>Salix purpurea</i>	6	12,5	2,92	104,56	7,95	3,66	Sufficiente	III

2 - CONTINUTI
3 - CONTINUTI
4 - CONTINUTI
5 - CONTINUTI
6 - CONTINUTI
7 - CONTINUTI

CATEGORIA	CODICE	DESCRIZIONE TIPOLOGIA OPERA	2 - CONTINUTI		3 - CONTINUTI		4 - CONTINUTI			5 - CONTINUTI			6 - CONTINUTI		7 - CONTINUTI	
			CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	CONDIZIONE	
CANTIERI	C1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C7	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C8	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C9	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C10	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTIERI	D1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTIERI	E1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E6	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E7	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E8	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E9	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E10	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E11	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E12	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E13	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E14	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E15	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTIERI	F1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	F5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTIERI	G1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G6	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G7	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G8	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G9	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	G10	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANTIERI	H1	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H2	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H3	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H4	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H5	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H6	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H7	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H8	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H9	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H10	Appalto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



wequalproject.eu



**Grazie per
l'attenzione**

Giuliano Sauli (Naturstudio Scarl)

wequalproject.eu