

Position Paper 2022

n.5

IL CANTIERE SOSTENIBILE

Documento di indirizzo metodologico



ASSOCIAZIONE
INFRASTRUTTURE
SOSTENIBILI

IL CANTIERE SOSTENIBILE

Documento di indirizzo metodologico

INDICE

PREMESSA	4
INTRODUZIONE	6
ORIGINALITÀ E UTILITÀ DEL POSITION PAPER	7
L'ATTIVITÀ DEL GRUPPO DI LAVORO E LA STRUTTURA DEL DOCUMENTO	7
IL CONTESTO	
1. IL VALORE DELLA SOSTENIBILITÀ NELLA GESTIONE DEI CANTIERI INFRASTRUTTURALI	11
2. GLI INDIRIZZI NAZIONALI ED INTERNAZIONALI IN TEMA DI SVILUPPO SOSTENIBILE PER LA FASE DI CANTIERE	12
3. IL CONTRIBUTO DELLA DIGITALIZZAZIONE	15
IL METODO	
4. AMBITO DI APPLICAZIONE	25
5. L'IDEAZIONE DI UN NUOVO MODELLO DI CANTIERE SOSTENIBILE	27
5.1 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI AMBIENTALI PER MISURARE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	
5.1.1 Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	
A. Coefficiente di riutilizzo interno	
B. Coefficiente di autosufficienza/autonomia	
C. Efficienza di riutilizzo	
5.1.2 Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	
A. Caratteristiche mezzi e attrezzature	
B. Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	
5.1.3 Minimizzazione e mitigazione degli impatti da agenti fisici	
A. Coefficiente di riduzione di CO2 in funzione del riutilizzo interno	
B. Controllo delle polveri in cantiere	
5.1.4 Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	
A. Piano dei trasporti di cantiere	
B. Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	
C. Coefficiente impermeabilizzazione aree di cantiere	
D. Filtering up	
5.1.5 Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	
A. Piano Gestione Emergenze ambientali	
B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	
C. Utilizzo di verde autoctono per interventi di rinaturazione	
D. Efficienza dell'inserimento paesaggistico	
5.1.6 Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	
A. Coefficiente di riutilizzo esterno	
B. Capacità di recupero	
5.1.7 Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	
A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto	
B. Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato	
C. Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale	
D. Produzione di rinnovabili in cantiere	

5.1.9 Comunicazione	
A. Segnalazioni/criticità	
B. Bollettini informativi	
C. Visite/incontri	
D. Protocolli d'intesa	
5.1.10 Integrazione degli aspetti sociali	
A. Utilizzo di maestranze locali	
B. Coinvolgimento di fornitori locali	
C. Diversità tra i dipendenti	
D. Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	
6. VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DEL PROGETTO/CANTIERE	55
6.1 PERSEGUIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	
6.2 SCELTA DELLE STRATEGIE IN FUNZIONE DEGLI OBIETTIVI	
6.3 SCELTA DEGLI INDICATORI IN FUNZIONE DELLE STRATEGIE	
6.4 DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL PROGETTO	
6.5 DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DAL PROGETTO AL CANTIERE	
6.6 DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL SOLO CANTIERE	
6.7 ULTERIORI CONSIDERAZIONI PER L'APPLICAZIONE DEL DOCUMENTO	
7. POSSIBILI APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE RISPETTO AGLI INDICATORI DI SOSTENIBILITÀ	74
7.1 Approcci di Digitalizzazione per la fase di Progettazione (DPn)	
7.2 Approcci di Digitalizzazione per la fase di Realizzazione (DRn)	
APPENDICE	100
GLI STRUMENTI DI APPLICAZIONE	
ALLEGATO 1	91
Esempi di azioni/best practice per ciascuna strategia	
ALLEGATO 2	95
Esempi di calcolo degli indicatori quantitativi e indicazione dei contenuti minimi di check list e piani per gli indicatori qualitativi	
ALLEGATO 3	124
Matrice Strategie/Indicatori	
ALLEGATO 4	125
Classi di rilevanza degli indicatori	
ALLEGATO 5	126
Esempio di calcolo per l'applicazione del presente documento	
Gruppo di lavoro	128

Premessa

La sostenibilità di un'infrastruttura dipende da tanti fattori. Innanzitutto da una corretta e condivisa pianificazione, il che facilita l'iter procedurale, riduce i conflitti e quindi garantisce il rispetto dei tempi preventivati.

Poi da una progettazione di qualità che preveda, in coerenza con il quadro normativo e di indirizzo definito dalle Linee Guida per il PFTE, una relazione di sostenibilità attenta agli indicatori e in applicazione del quadro regolatorio comunitario, ad iniziare dalla "tassonomia" e nel rispetto dei principi del DNSH.

Sono questi i riferimenti ai quali guardare per favorire un processo virtuoso di sostenibilità. Ed è in questo ambito che, attraverso la stretta interazione tra progetto e cantiere, è possibile raggiungere gli obiettivi indicati dalla Commissione europea. La creazione di un cantiere sostenibile trova, infatti, la sua ragion d'essere nella fase progettuale, nella quale vengono poste le basi affinché siano identificati e sviluppati tutti gli elementi di sostenibilità che caratterizzano l'opera infrastrutturale.

La rilevanza della fase del cantiere rispetto alla sostenibilità è pertanto massima. È nel cantiere che si è chiamati a vincere le principali sfide poste dalla sostenibilità rispetto a tutte e tre le dimensioni: ambientale, economica e sociale. Da qui la scelta di AIS di costituire un gruppo di lavoro in grado di produrre un documento di indirizzo metodologico, destinato a stazioni appaltanti, progettisti e imprese, per la misurazione della sostenibilità di un cantiere, attraverso un'analisi autorevole e basata su concrete esperienze, individuando specifici indicatori e suggerendo strategie adeguate al raggiungimento di precisi obiettivi. Così da avere la consapevolezza dei risultati ottenuti e allo stesso tempo consentire agli stakeholder una loro valutazione oggettiva.

Lorenzo Orsenigo

Presidente AIS Associazione Infrastrutture Sostenibili

Introduzione

È nel cantiere che tutte le fasi precedenti trovano la loro piena realizzazione. Il che vuol dire, rispetto alla sostenibilità, raggiungere o meno risultati significativi nel rispetto del quadro progettuale e degli obiettivi prefissati.

Sulla scorta delle politiche di transizione ecologica a livello nazionale ed europeo - dai 17 obiettivi dell'ONU al Green Deal fino alla Next Generation Eu e al PNRR - le stazioni appaltanti attribuiscono sempre più importanza alla capacità dei soggetti della filiera - società di progettazione, imprese di costruzioni, aziende produttrici di materiali e di soluzioni tecnologiche, società di servizi - di declinare la sostenibilità nella fase di cantiere, per l'ampiezza e la specificità di tematiche che alla fine possono fare la differenza.

Il «cantiere sostenibile» costituisce quindi un fondamentale banco di prova della nostra capacità di «praticare» concretamente la sostenibilità. E accettarne la sfida diventa altresì una grande opportunità.

Dal punto di vista economico, è qui che si può massimizzare l'efficienza e il riutilizzo delle risorse, cercando di rispettare il principio del «Reduce-Reuse-Recycle». È qui che, dal punto di vista sociale, si creano le premesse per un rinnovato benessere della popolazione interessata dalle zone di cantiere e, successivamente, dall'opera che verrà realizzata. È nella fase di cantiere che, dal punto di vista ambientale, si può ridurre al minimo l'impatto sul territorio, ad esempio puntando al raggiungimento della Carbon Neutrality o alla riduzione della Carbon Footprint, ma anche rispettando tutte le componenti ambientali, come acque profonde e di superficie, aria, suolo e sottosuolo, biodiversità, clima e paesaggio.

Tematiche ambientali molto sensibili, quali l'utilizzo di energie rinnovabili, la gestione delle acque, il recupero dei rifiuti, la massimizzazione dell'uso dei sottoprodotti, a cui se ne affiancano molte altre, definiscono l'ampia e articolata galassia delle opportunità di raggiungere risultati decisivi nel processo di costruzione di un'infrastruttura dalle caratteristiche sempre più sostenibili. Risultati che per gli ambiti e le questioni affrontate non possono che essere misurabili e misurati. La proposta metodologica messa a disposizione da AIS colma un vuoto di indirizzo e vuole essere una risposta all'assenza di metriche comuni per declinare la sostenibilità nell'ambito del cantiere. Come? Mettendo al centro e portando a fattor comune le migliori esperienze in ambito di sostenibilità di cantiere, praticate, conosciute e valutate da un gran numero di aziende diverse. Un patrimonio dal quale si è partiti per declinare una proposta organica, allo stesso tempo olistica e di dettaglio, che si è concretizzata in uno strumento di valutazione innovativo che attraversa 11 ambiti problematici e che coinvolge tutte le tipologie di attori, legando aspetti tecnici e sociali, senza trascurare l'importanza della capacità di governare processi, scelte e comportamenti.

L'ideazione di un nuovo modello di cantiere sostenibile nasce, infatti, dalla volontà di coniugare e identificare una serie di buone pratiche che, analizzando le principali componenti presenti in un cantiere, possono permettere di implementare la sostenibilità anche in fase di costruzione.

Un cantiere sostenibile è di fatto un organismo vivo in cui confluiscono decisioni, processi, azioni tutti orientati alla sostenibilità intesa in modalità integrata tra ambiente, economia e impatto sociale.

ORIGINALITÀ E UTILITÀ DEL POSITION PAPER

L'approccio olistico che guarda alla sostenibilità come a un insieme di obiettivi, di strategie e di risultati è alla base del documento. Così come l'importanza di misurare questa sostenibilità ne costituisce il riferimento costante della metodologia seguita.

Il risultato è uno strumento unico ed originale a disposizione di progettisti e imprese edili che consente loro di individuare gli obiettivi di sostenibilità e definire le strategie, sia rispetto a singoli aspetti, grazie alla mappa degli indicatori e ai valori ad essi collegati, che più in generale rispetto al cantiere nel suo insieme. Inoltre, grazie all'elaborazione di metriche e punteggi è possibile valutare in quale classe di sostenibilità il cantiere si collochi. Senza mai perdere di vista il fatto che l'uno (il cantiere) non può prescindere dall'altro (il progetto), ma anche viceversa. Tanto che sarà possibile perseguire e raggiungere risultati diversi e migliori, cambiando strategie, in fase di cantiere. Una possibilità dove un ruolo molto importante lo può rivestire la digitalizzazione, in grado di alzare l'asticella sia degli obiettivi che dei risultati finali.

Questo documento è destinato a cambiare il modo stesso di guardare la sostenibilità nel processo di realizzazione di una infrastruttura.

In sintesi, il documento per un cantiere sempre più sostenibile integra, con una metodologia fondata sull'analisi di esperienze concrete, la dimensione degli obiettivi con l'individuazione di alcune specifiche strategie che trovano la loro concreta attuazione attraverso il ricorso a specifici indicatori di riferimento per un'ampia gamma di prestazioni.

Documento di indirizzo metodologico che mette al centro il cantiere, ambito nel quale la visione del progetto si traduce in politiche di implementazione della sostenibilità da parte delle imprese costruttrici e che rappresenta una fase fondamentale per realizzare concretamente infrastrutture sostenibili. E allo stesso tempo esaltano la capacità delle imprese di trovare le soluzioni per alzare l'asticella delle prestazioni anche attraverso la scelta e l'applicazione della digitalizzazione aumentando i livelli di sostenibilità così anche da raggiungere una valutazione maggiore acquisendo una classe di sostenibilità più elevata.

L'ATTIVITÀ DEL GRUPPO DI LAVORO E LA STRUTTURA DEL DOCUMENTO

Il presente documento è il risultato di un articolato lavoro svolto da 90 tecnici, attivi in oltre 20 aziende e società, in rappresentanza dei diversi soggetti coinvolti nel processo di pianificazio-

ne, progettazione, costruzione e gestione di una infrastruttura.

Il punto di partenza è stata l'individuazione di 12 ambiti problematici rispettivamente relativi a:

1. *Suolo e terre (impatto e recupero rocce di scavo);*
2. *Gestione acque in cantiere;*
3. *Gestione dei rifiuti (waste);*
4. *Energia;*
5. *Aria e clima;*
6. *Gli agenti fisici (rumori, vibrazioni, inquinamento);*
7. *Elementi biotici (flora e fauna/paesaggio);*
8. *Ciclo di vita (LCA);*
9. *Mobilità;*
10. *Ambiente sociale;*
11. *Sicurezza;*
12. *Digitalizzazione.*

Per ogni tema si è costituito un sottogruppo specifico con il compito di mettere in comune le reciproche esperienze, così da individuare degli obiettivi di sostenibilità e acquisire un *thesaurus* di esperienze e di verifiche tali da essere riaccorpate all'interno di famiglie omogene che sono state assunte come gli ambiti di riferimento per la costruzione di specifiche strategie: Dall'analisi sono emersi e sono stati condivisi i seguenti quattro obiettivi:

1. Contenimento delle emissioni (inteso come CO2 e/o altre emissioni inquinanti);
2. Tutela/salvaguardia degli elementi naturali e storici (intesi tutti gli elementi ambientali e naturali del paesaggio, non solo di pregio, ma anche quelli storico-culturali);
3. Riuso e riciclo (relativamente ai materiali, alle terre e rocce, ai rifiuti, all'acqua e all'energia);
4. Impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno (comprensivo del coinvolgimento degli stakeholder).

Con la conseguenza di creare una nuova mappa di riferimento di 10 famiglie di best practice che sono quelle richiamate e riportate sia nel capitolo 5 che nell'allegato 1 del documento. Per ciascuna famiglia si è poi provveduto a individuare gli indicatori strategici di riferimento che complessivamente ammontano a 33 e sono descritti nel capitolo 5.

Parallelamente si è anche avviato un sottogruppo trasversale relativo al contributo della digitalizzazione, dove è possibile trovare indicazioni, riferimenti e parametri utili per comprendere come attraverso di essa sia possibile alzare l'asticella degli obiettivi, così come aumentare il livello delle prestazioni in fase di cantiere, anche rispetto a quanto previsto dal progetto. Tutto questo è stato condiviso dall'intero gruppo di lavoro.

Una fase successiva di attività ha riguardato la messa a punto di un vero e proprio sistema di valutazione dove strategie ed indicatori si intrecciano così da fornire dei parametri oggettivi per ciascuna famiglia di best practice per poi quantificare il risultato finale collocando il progetto o il cantiere all'interno di una delle 3 classi di sostenibilità finali: adeguata, migliorativa, avanzata. Il documento si articola, oltre a questa introduzione, in tre parti: la prima (capitoli 1-3) contribuisce a definire il contesto di riferimento (valori, quadro normativo, ambiti di applicazione); la seconda descrive la metodologia e il modello di cantiere sostenibile (capitolo 5), a cui è collegata l'analisi applicativa delle strategie e dell'attuazione relativa alle modalità di controllo degli indicatori che caratterizzano il modello (capitolo 6) e il contributo che può essere fornito della digitalizzazione (capitolo 7); la terza parte comprende una serie di allegati in cui vengono accorpate gli strumenti di applicazione e una ricca casistica relativa alle diverse famiglie di best practice.

Patrizia Vianello

Coordinatrice gruppo di lavoro

Alfredo Martini

Direttore AIS Associazione Infrastrutture Sostenibili

IL CONTESTO

il Cantiere Sostenibile

1. IL VALORE DELLA SOSTENIBILITÀ NELLA GESTIONE DEI CANTIERI INFRASTRUTTURALI

Nella nuova visione dello sviluppo infrastrutturale in cui l'opera diviene elemento generativo per la crescita dei territori, la sostenibilità traccia la via concreta per progettare e realizzare infrastrutture e cantieri. Questo elemento è progressivamente diventato un imperativo, considerati i target globali di sviluppo sostenibile definiti con l'adozione dei Sustainable Development Goals (SDGs) delle Nazioni Unite e i recenti indirizzi normativi che promuovono la transizione verso un'economia efficiente nell'uso delle risorse, a basse emissioni di carbonio e resiliente ai cambiamenti climatici.

Consapevoli del ruolo chiave che le opere infrastrutturali acquisiscono in un'accezione più ampia dettata dalla capacità delle stesse di contribuire fattivamente alla ridefinizione del contesto ecosistemico di riferimento in un'ottica di valorizzazione, è sempre più necessario intraprendere un percorso per promuovere un nuovo modello di ingegneria orientato alla sostenibilità ambientale, alla compatibilità economica e all'innovazione sociale, in grado di supportare il raggiungimento degli obiettivi perseguiti dalle ambiziose sfide a livello globale.

In quest'ottica, il presente documento ha lo scopo di mettere a fattor comune gli strumenti operativi utili a delineare il profilo del cantiere sostenibile ed esser parte attiva della transizione in atto contribuendo alla genesi di un nuovo modo di costruire sostenibile.

Infatti, per realizzare infrastrutture sostenibili è necessario integrare la sostenibilità anche nella fase di costruzione progettando e attuando un "cantiere sostenibile", un luogo dove realizzare opere riducendo l'impatto sull'ambiente, operando secondo una scala di priorità che privilegi il minore utilizzo delle materie prime, l'utilizzo circolare delle risorse e la prevenzione della produzione di rifiuti, garantendo la protezione della biodiversità e degli ecosistemi e prevedendo impegni specifici in relazione a politiche di tutela del lavoro dignitoso ed inclusione sociale.

È evidente che per realizzare un cantiere sostenibile la fase progettuale riveste un ruolo centrale. Promuovere sin dalle prime fasi di sviluppo progettuale lo sviluppo di azioni concrete mirate a garantire un uso sempre più razionale delle risorse impiegate e promuovere l'economia circolare, ridurre le emissioni inquinanti e gas climalteranti, preservare le funzionalità ecosistemiche e limitare le interferenze con l'ambiente costruito, diventa essenziale per supportare uno sviluppo infrastrutturale sostenibile in linea con le attuali sfide a livello globale.

In questo contesto, la sinergia tra stakeholder, committenti, progettisti e imprese di costruzione è fondamentale per garantire la migliore interazione dell'opera con il territorio di riferimento. Sviluppare progetti e modelli in una prospettiva di indirizzo e controllo anche sulla gestione delle attività di cantiere affidate alle imprese di costruzione consente in quest'ottica di garantire un percorso di evoluzione fondato sulla nuova cultura del Valore della Sostenibilità.

Un cantiere sostenibile può definirsi tale nella misura in cui è in grado di rispondere in maniera adeguata a specifici requisiti di sostenibilità. Ciò primariamente si riflette nello studio della caratterizzazione così come nella sua operatività e negli impatti che si verificano successivamente alla chiusura del cantiere stesso. Il cantiere deve quindi essere sostenibile:

- dal punto di vista economico, puntando l'attenzione su un uso sapiente delle risorse, incentivando il più possibile il riutilizzo delle materie prime e incentivando logiche di economia circolare (legandosi a tematiche quali reduce, reuse, recycle, renewable);
- dal punto di vista ambientale, mirando a un suo inserimento nel territorio che sia il meno impattante possibile, contenendo le emissioni di CO2 e degli agenti inquinanti, prevedendo un corretto trattamento e/o smaltimento dei residui di lavorazione;
- dal punto di vista sociale, mettendo al centro sin da subito la comunità che interagirà con il cantiere e, soprattutto, con l'opera finale che il cantiere è chiamato a realizzare. La trasparenza, anche a livello comunicativo, è un aspetto di fondamentale importanza.

2. GLI INDIRIZZI NAZIONALI ED INTERNAZIONALI IN TEMA DI SVILUPPO SOSTENIBILE PER LA FASE DI CANTIERE

Il cantiere sostenibile costituisce un tassello chiave per affrontare la rinnovata sfida a livello mondiale per raggiungere una crescita infrastrutturale sostenibile ed inclusiva. Già a partire dagli anni '70 la progressiva presa di coscienza delle problematiche ambientali ha dato origine a un ampio dibattito sul futuro del pianeta che ha coinvolto organizzazioni internazionali, movimenti di opinione, governi e studiosi introducendo il principio dello sviluppo sostenibile.

La prima definizione ufficiale di Sviluppo sostenibile è stata utilizzata nel rapporto "Our Common Future" pubblicato nel 1987 dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo (Commissione Brundtland) del Programma delle Nazioni Unite per l'ambiente, secondo cui:

“Per sviluppo sostenibile s'intende uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri”

Tale definizione è stata elaborata sulla base di due elementi fondamentali: l'ambiente quale dimensione essenziale dello sviluppo economico e la responsabilità intergenerazionale nell'uso delle risorse naturali. Il concetto di sostenibilità, in questa accezione, viene quindi collegato alla compatibilità tra sviluppo delle attività economiche e salvaguardia dell'ambiente.

Il confronto tra Paesi sul tema della «sostenibilità» è poi proseguito negli anni (dal Vertice Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (W.S.S.D.) di Johannesburg nel 2002 alla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo di Rio de Janeiro nel 1992) e la visione «multidimensionale» dello «sviluppo sostenibile», che ingloba oltre allo sviluppo economico e alla protezio-

ne dell'ambiente, una terza componente quale lo «sviluppo sociale», è diventata sempre più un pilastro fondamentale degli schemi di politica economica dei diversi Paesi.

In questo scenario, nel 2015, è stata sottoscritta dai 193 Paesi delle Nazioni Unite, inclusa l'Italia, l'Agenda 2030 che, nel definire gli impegni per il raggiungimento dei 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals - SDGs) entro il 2030, ha determinato un importante passo verso un nuovo modello di sviluppo, non solo su quello ambientale ma anche economico e sociale.

L'Unione europea ha assunto l'Agenda 2030 come riferimento di tutte le sue politiche e dopo l'approvazione dell'Accordo di Parigi, nel 2019 ha pubblicato il «Green Deal europeo» quale nuova strategia di crescita mirata a trasformare l'UE in una società giusta e prospera, dotata di un'economia moderna, efficiente sotto il profilo delle risorse e competitiva, che nel 2050 non genererà emissioni nette di gas a effetto serra e in cui la crescita economica sarà dissociata dall'uso delle risorse.

La nuova visione sistemica degli schemi di politica economica trova il suo fondamento nell'impostazione strategica della Next Generation EU, che evidenzia come le infrastrutture rappresentino un settore cruciale nella sfida dell'emergenza ambientale e climatica.

Emerge in modo netto l'orientamento dell'Unione Europea a favore dello sviluppo sostenibile che richiama in particolare i Governi e gli investitori verso una nuova strategia che pone al centro la responsabilità sociale. In quest'ottica gli investimenti che integrano considerazioni e valutazioni di sostenibilità ambientale, sociale e di governance hanno acquisito sempre più centralità nei mercati finanziari ed hanno portato all'introduzione di criteri ESG (Environmental, Social and Governance) per un nuovo modello di finanza sostenibile e responsabile.

In questo contesto nasce il Regolamento UE 2020/852, approvato dal Parlamento e dal Consiglio il 18 giugno 2020, con l'obiettivo di valutare il grado di sostenibilità ambientale degli investimenti attraverso l'adozione di criteri utili a determinare l'ecosostenibilità delle attività economiche individuate in riferimento a sei obiettivi ambientali:

- ▲ mitigazione dei cambiamenti climatici;
- ▲ adattamento ai cambiamenti climatici;
- ▲ uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine;
- ▲ transizione verso un'economia circolare;
- ▲ prevenzione e la riduzione dell'inquinamento;
- ▲ protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi.

Un'attività economica è considerata ecosostenibile se contribuisce in modo sostanziale ad uno o più dei sopracitati obiettivi ambientali, non arreca un danno significativo a nessuno degli obiettivi (art.17 – Do no significant harm) ed è svolta nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia (art.18). Successivamente, nel 2021, sono stati adottati i primi Atti Delegati attuativi

del Regolamento 2020/852 che disciplinano i criteri di vaglio tecnico per la valutazione delle attività economiche che contribuiscono in modo sostanziale agli obiettivi di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico ed i criteri per l'asseverazione della conformità al principio "Do no significant harm".

Nello stesso anno, è stato emanato, nell'ambito del programma Next Generation EU, il Regolamento UE 2021/241 del Parlamento europeo e del Consiglio che istituisce il dispositivo per la Ripresa e la Resilienza a seguito dell'emergenza sanitaria causata dal COVID-19.

Il Regolamento ha l'obiettivo di contribuire all'integrazione di misure politiche volte alla sostenibilità ambientale ed al conseguimento dell'obiettivo globale di dedicare il 30% della spesa di bilancio dell'Unione Europea a sostegno degli obiettivi climatici. In tal senso, il dispositivo finanzia unicamente le misure che rispettano pienamente le norme e le priorità dell'Unione Europea e il principio "Do No Significant Harm", ai sensi del Regolamento UE 2020/852 sopracitato. Nel contesto nazionale, grazie all'utilizzo dei fondi europei di Next Generation EU, l'Italia ha tracciato nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) gli obiettivi, le riforme e gli investimenti che intende realizzare per attenuare le conseguenze economiche e sociali della pandemia e rendere il Paese più equo, verde ed inclusivo. Infatti, in linea con l'Agenda 2030 e gli orientamenti europei, l'Italia ha posto al centro delle politiche di rilancio la transizione ecologica e digitale e la lotta alle disuguaglianze a partire da quella di genere.

Il PNRR rappresenta un'opportunità senza precedenti per poter invertire la rotta, per determinare una svolta nella costruzione di un modello di sviluppo più resiliente, inclusivo e sostenibile. Le risorse finanziarie rese disponibili, l'obbligo per gli interventi previsti di rispettare il principio Do No Significant Harm (DNSH), pena l'esclusione dall'accesso ai finanziamenti, individuano un'unica chiara via in cui la strategia globale di sviluppo sostenibile prende forma concreta in progetti volti al raggiungimento degli obiettivi di neutralità carbonica, di transizione ecologica ed inclusione sociale per realizzare i territori e le comunità del futuro, più coesi, verdi, attrattivi, moderni e digitali.

In tema di infrastrutture il PNRR dunque costituisce un'occasione straordinaria per promuovere le infrastrutture sostenibili come elementi chiave che contribuiscono in maniera tangibile alla ripartenza del Paese supportando una crescita sana e sostenibile in linea con le attuali sfide a livello globale.

In questo contesto un contributo prezioso è fornito dall'utilizzo di Metodologie e Protocolli di Sostenibilità. Strumenti quali Protocollo Envision, gli standard internazionali in tema di Carbon Footprint e Life Cycle Assessment o le norme ISO sui Sistemi di Gestione, introducono nuovi criteri e approcci per valutare la sostenibilità delle opere e possono accompagnare la transizione in atto offrendo elementi utili per progettare e realizzare infrastrutture sostenibili, dando anche maggiore concretezza ai principi relativi all'impatto ambientale presenti nel DNSH.

3. IL CONTRIBUTO DELLA DIGITALIZZAZIONE

3.1 Un approccio trasversale

Come è noto, le infrastrutture sono sistemi interconnessi che permettono di sostenere e migliorare la qualità della vita delle persone e sono fondamentali per assicurare crescita sociale, competitività economica e idonea operatività dei servizi pubblici.

La digitalizzazione può contribuire a vari livelli nel generare impatti positivi riguardo la sostenibilità ambientale, economica e sociale delle infrastrutture lungo tutto il loro ciclo vita. Diviene fondamentale quindi una sua applicazione spinta, nel rispetto delle esigenze di ognuna delle fasi di un'opera e mirando costantemente all'abilitazione di pratiche sostenibili.

Con particolare riferimento al cantiere sostenibile, la digitalizzazione può rispondere in maniera trasversale alle molteplici tematiche inerenti questo dominio. Le infrastrutture possono infatti contare su metodi e funzionalità operative integrate con l'ecosistema digitale in tutto il suo ciclo vita, dalla definizione alla progettazione, dalla costruzione alla gestione operativa fino alla dismissione.



Figura 19 - Il supporto della digitalizzazione lungo il ciclo vita di un'opera infrastrutturale (Fonte: Trimble)

Un approccio di tipo digitale abilita paradigmi innovativi che consentono di poter caratterizzare le infrastrutture con elementi di valore, funzionali alla progettazione, realizzazione e gestione delle stesse. Il suddetto valore si traduce in opere più ricche di dati, più sicure, più connesse, più smart, *più green*, più "vive", facilitandone dunque l'operatività con un continuo legame tra il trascorrere del ciclo vita dell'opera e gli impatti che si generano tra essa e l'ecosistema circostante, utenti compresi. In quest'ottica gli elementi di innovazione digitale possono essere un valido supporto lungo l'intero *lifecycle* di un'infrastruttura sostenibile, supportando le diverse

aree di azione. È sostanzialmente attorno a questo approccio che si inseriscono i lavori dei differenti tavoli normativi, incaricati di ragionare sul tema e definire quadri di riferimento utili all'applicazione efficace della digitalizzazione e in particolare della metodologia BIM. Si citano a tal proposito le attività condotte da UNI nella SC 05 del CT 033, sottocommissione denominata "BIM e gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni". La SC 05 ha curato e sta curando lo sviluppo della norma UNI 11337.

A livello europeo, invece, il CEN si sta dedicando alla redazione di una norma denominata *Building Information Modelling* attraverso i lavori del TC 442 e relativi Working Groups. Sempre in questo scenario si ricordano le normative ISO 19650, recepite anche a livello italiano, frutto del lavoro a livello internazionale condotto da ISO nel TC 59/SC 13. Le norme si intitolano "Organizzazione delle informazioni sui lavori di costruzione – Gestione delle informazioni nell'uso del BIM".

Operare in BIM significa quindi prima di tutto implementare un metodo e garantire che gli attori coinvolti siano in grado di gestirlo, ciascuno secondo le proprie competenze e responsabilità. Riguardo questo tema si riportano a titolo informativo la prassi di riferimento UNI/PdR 74:2019 – Sistema di gestione BIM – Requisiti, così come gli esperti BIM previsti dalla UNI 11337, in particolare BIM Specialist, BIM Coordinator, BIM Manager e CDE Manager.

Il ricorso al *Building Information Modelling*, attraverso metodi e strumenti elettronici per la modellazione di infrastrutture e di opere ad esse legate (architettoniche, impiantistiche, strutturali) è inoltre un tema che viene anche incluso nel Nuovo Codice Appalti (Decreto Legislativo n.50, 18-04-2016), in particolare all'articolo 23 - comma 13 riguardante l'introduzione del BIM.

Sempre in termini di normativa cogente si ricordano anche il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Decreto Ministeriale n.560, 01-12-2017) e successivo aggiornamento del 2021 (Decreto Ministeriale n.312, 02-08-2021) i quali definiscono modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà del BIM da parte delle stazioni appaltanti.

Il BIM rappresenta certamente un elemento chiave per studiare la fattibilità di un'opera e curarne la progettazione. L'integrazione tra processi BIM e tecnologie GIS (Geographic Information System), consente di analizzare anche il contesto territoriale e le sue trasformazioni in atto.

Il BIM può inoltre supportare in maniera efficiente le fasi costruttive così come le attività legate alla sua gestione, manutenzione e successiva dismissione di un'infrastruttura.

Nell'intero ciclo vita dell'opera, dunque, è fondamentale considerare e gestire i vari livelli delle cosiddette dimensioni del BIM, che dal 3D evolvono in 4D (gestione tempi), 5D (gestione costi), 6D (Facility Management) e 7D (sostenibilità).

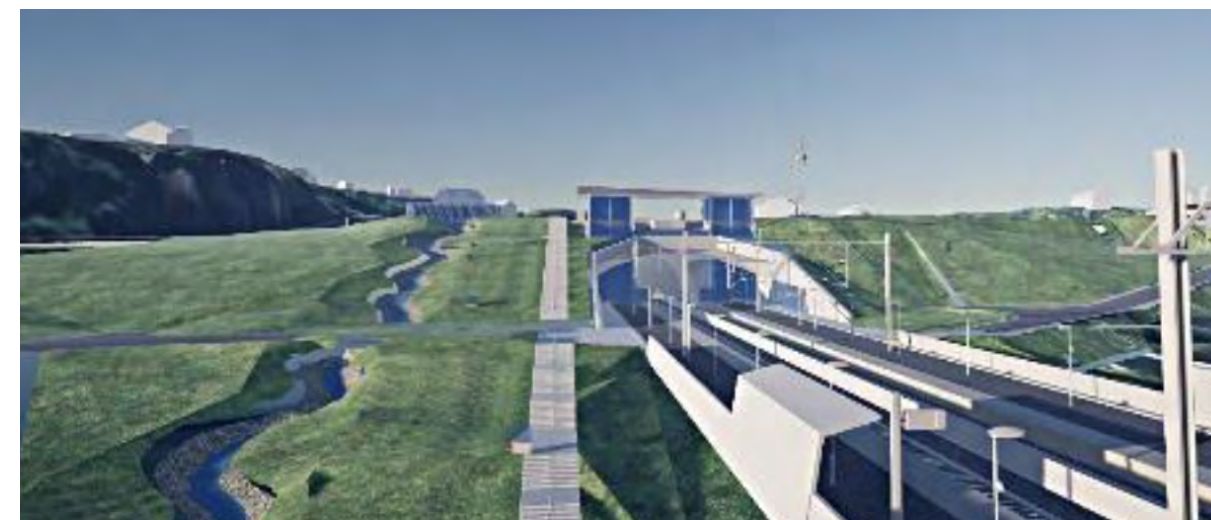


Figura 20 - Esempio di modellazione informativa infrastrutturale (Fonte: Trimble)

Questo processo avviene in accordo sia a normative internazionali di metodo (es. la già citata serie *UNI EN ISO 19650*), sia a standard interoperabili aperti, come ad esempio *Industry Foundation Classes IFC - UNI EN ISO 16739*. Quest'ultimo, in particolare, rappresenta uno degli elementi fondamentali nell'approccio all'interoperabilità aperta (anche detta openBIM). Come riporta il Decreto Legislativo n.50 sopracitato, la finalità dell'utilizzo di formati aperti non proprietari è "...di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e di non limitare il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti".

È quindi altrettanto importante che vi sia un adeguato livello di collaborazione tra le parti in gioco. Ciò si traduce anche nell'implementazione e utilizzo di ecosistemi CDE - Common Data Environment (o ACDat - Ambienti di Condivisione Dati, secondo UNI 11337) in grado di supportare adeguatamente i processi di fornitura, scambio, validazione, verifica e archiviazione delle informazioni legate a un progetto.

Sempre in termini di digitalizzazione in senso ampio, l'impiego del Digital Twin (DT o Gemello Digitale dell'opera) rappresenta un ulteriore punto di forza in quanto mette a disposizione dei soggetti interessati virtualizzazioni navigabili e interattive delle opere infrastrutturali. Ciò risulta un utile supporto sia per lo stakeholder engagement che per le fasi realizzative e operative dell'opera stessa. Il Digital Twin restituisce infatti una fedele rappresentazione della realtà e, a seconda delle esigenze, abilita molteplici scenari e utilizzi del modello in maniera integrata con il reale comportamento dell'opera.

Un concetto ancor più recente è quello del GEODigital Twin in cui le entità virtualizzate sono anche georiferite.



Figura 21 – Confronto tra molteplici scenari di intervento all'interno di un Digital Twin (Fonte: LocLab Consulting)

L'avvento di soluzioni affini all'Internet of Things (IoT), la fibra ottica e il 5G sono ormai realtà che garantiscono applicazioni inimmaginabili solo fino a qualche anno fa. Ciò permette la trasmissione di moltissime informazioni raccolte on site per una loro lettura in tempo reale, rielaborazione e integrazione anche attraverso algoritmi di Artificial Intelligence (AI) e Machine Learning (ML) che agevolano la gestione e il monitoraggio delle infrastrutture interessate.



Figura 22 – AI e ML come nuovo paradigma per il settore AEC (Fonte: machinelearning.ai)

L'apporto della blockchain può essere un ulteriore elemento di supporto, fondamentale per assicurare transazioni e archiviazioni di dati in maniera fluida e soprattutto sicura. Le metodologie digitali permettono inoltre di agevolare la gestione del cantiere attraverso soluzioni innovative per la tracciabilità e il controllo dei materiali da costruzione. Questo può riguardare il ricorso a tecnologie come i tag *RFID* (*Radio-Frequency IDentification*) per il tracciamento dei materiali ma anche del personale e dei mezzi in cantiere.

L'utilizzo di dispositivi e tecnologie di Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR) e Augmented Reality (AR), per corroborare il connubio tra digitale e reale, rendono quasi impercettibile il passaggio dall'ambito dell'ufficio a quello del construction site, con un occhio di riguardo al tema della sicurezza secondo un approccio di *tipo smart*.

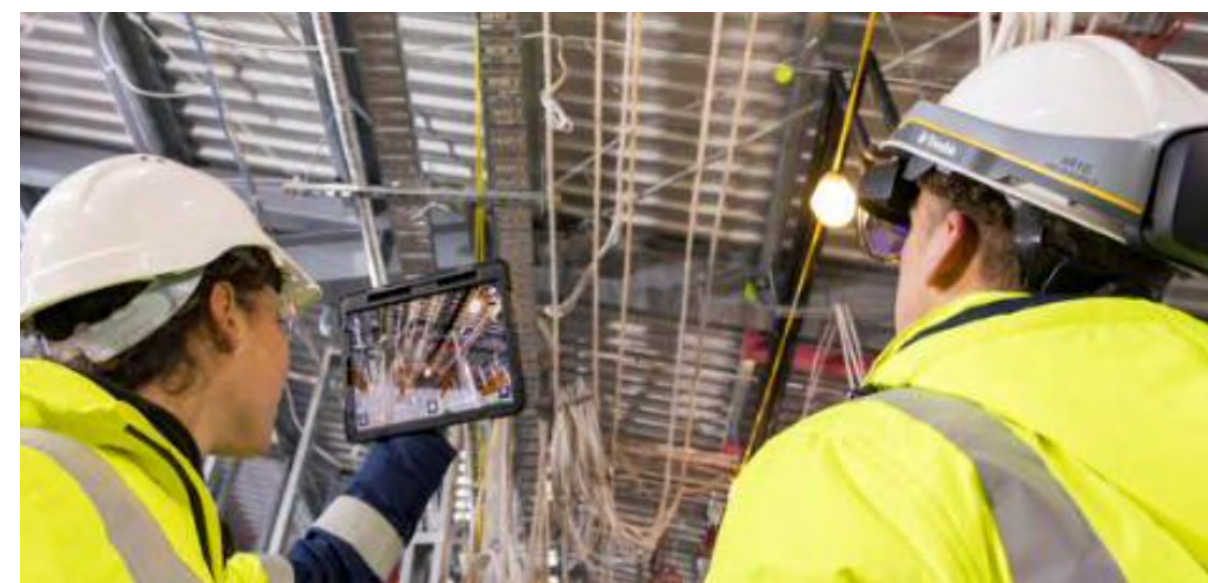


Figura 23 - Soluzioni di Mixed Reality e Augmented Reality a servizio del cantiere (Fonte: Trimble XR10 e Trimble Connect AR)

In quest'ottica, il tema dei Data Template, in accordo alle recenti norme tecniche di settore, consentirebbe di arricchire ulteriormente i modelli informativi a mezzo di opportune schede digitali contenenti informazioni riguardanti la sicurezza associati ad eventuali sostanze e materiali pericolosi presenti.

3.2 Legami con il modello di cantiere sostenibile

Volendo focalizzare l'attenzione verso il modello di cantiere sostenibile e gli obiettivi di sostenibilità individuati, si riportano di seguito solo alcuni dei possibili punti di contatto tra la digitalizzazione e quanto fin qui descritto.

L'impostazione del metodo affrontata al Capitolo 6 ambisce all'identificazione di specifici indicatori ambientali per misurare il raggiungimento degli obiettivi sopracitati. Innanzitutto, questo processo è importante che sia digitalizzato, sia nell'impostazione di una griglia di valutazione, magari attraverso sistemi web-based e centralizzati, così come nella capacità di calcolare e ottenere il dato richiesto all'interno di ciascuno dei molteplici indicatori.



Figura 24 – Obiettivo: connubio tra digitalizzazione e cantiere sostenibile (Fonte: Trimble)

A tal proposito, un generale approccio supportato da metodologie digitali può agevolare i soggetti interessati nella conduzione di un tale processo di screening garantendo un migliore controllo delle informazioni gestite e una maggiore replicabilità.

In riferimento ad alcuni degli obiettivi di sostenibilità, si riportano di seguito alcuni ulteriori spunti di riflessione esemplificativi specifici della fase di cantierizzazione in riferimento agli approcci e agli strumenti di digitalizzazione sopra descritti (BIM, GIS, Digital Twin/GEODigital Twin, IoT, AI, ML, AR/MR/VR, blockchain).

Riguardo la massimizzazione del riutilizzo delle risorse, in particolare le terre, esistono soluzioni software in grado di simulare differenti scenari e restituire determinate alternative di tracciato a seguito dell'applicazione di determinati algoritmi di ottimizzazione. Tale processo consente di anticipare valutazioni riguardo un efficiente ed efficace movimento terre, da attuare e monitorare successivamente in cantiere. Inoltre, tali simulazioni possono tenere conto anche dei flussi di traffico (veicolare, per il trasporto del materiale), utili a supportare il progettista nell'individuazione dell'alternativa considerata migliore nella fase di cantiere.

Questa impostazione consente, tra le altre cose, di avere una previsione riguardo alle varie voci di costo, così come agli impatti legati all'inquinamento acustico e agli agenti fisici quali la CO₂, derivante sia dalle lavorazioni legate alla realizzazione dell'opera infrastrutturale, così come a quanto associato ai flussi di traffico veicolare stimati per le differenti alternative progettuali. I dati elaborati dagli algoritmi e i processi di calcolo possono anche legarsi a specifici database condivisi a livello nazionale.



Figura 25 - Valutazione di alternative di tracciato anche considerando l'analisi dell'impronta di CO₂ (Fonte: Trimble Quantm)

Come in parte riportato, la digitalizzazione può dunque supportare la fase di progettazione di un'opera sostenibile e l'aspetto delle simulazioni abilita scenari efficaci anche per quanto riguarda l'ottimizzazione e la logistica di cantiere. Il BIM e il Digital Twin potrebbero virtualizzare differenti scenari pre-cantierizzazione, anticipare le possibili interferenze, così come creare una connessione con l'avanzamento delle lavorazioni in situ e degli aspetti logistici, naturalmente soggetti a variazioni nel tempo.

Nel creare questa connessione tra mondo reale e virtuale, il GEODigitalTwin potrebbe anche supportare la tutela e mitigazione delle risorse territoriali locali. Relativamente al piano di gestione delle emergenze, ad esempio, l'introduzione di funzionalità di addestramento così come il legame con l'IoT eventualmente presente in cantiere, forniscono ulteriori potenzialità al cruscotto del gemello digitale e facilitano la formazione e l'intervento relativamente a situazioni operative o critiche e, in generale, sono di supporto al dominio H&S.

Dal punto di vista della sicurezza dei lavoratori in cantiere, tecnologie innovative di MR possono mettere a disposizione dispositivi di protezione individuale certificati (ad esempio secondo EN 397:2012 + A1:2012) combinati con visori di realtà mista. Ciò consente di trasferire i contributi della progettazione digitale BIM direttamente in cantiere per effettuare un confronto con il contesto reale e gli avanzamenti delle lavorazioni, senza trascurare gli aspetti legati alla sicurezza degli operatori coinvolti in queste attività. Aspetti come quelli sopracitati si inseriscono all'interno del tema della smart safety, ovvero l'insieme delle tecnologie a servizio della sicurezza in cantiere.



Figura 26 - Applicazione di Mixed Reality in situ tramite Trimble XR10 dotato di Microsoft HoloLens 2
(Fonte: geoweeknews.com)

Un approccio di tipo collaborativo secondo una metodologia BIM o cosiddetta digitale consente di impostare i flussi informativi a vari livelli.

La richiesta, predisposizione, condivisione e verifica delle informazioni legate al cantiere può essere condotta tramite opportune tecnologie di modellazione BIM, strumenti di model & code checking e ambienti di condivisione dati (ACDat, CDE) e ulteriori soluzioni e strategie che potrebbero condurre a scenari notevolmente ampliabili. Lo scambio informativo, tipicamente da preferire a mezzo di formati aperti interoperabili quali UNI EN ISO 16739 (IFC), dà modo di trasferire il dato in una forma trasparente e di facile interpretazione. L'obiettivo è quello di ottenere constructible models, ovvero modellazioni complete di tutte le informazioni geometriche e alfanumeriche necessarie alla realizzazione dell'opera.



Figura 27 - Esempio di ambiente di collaborazione e condivisione per il dominio infrastrutturale
(Fonte: Trimble Quadri)

I suddetti dati descrivono l'intera opera e quindi possono riguardare anche prodotti e tecnologie a basso impatto utilizzati. Per tale motivo devono identificare in maniera inequivocabile informazioni e aspetti inerenti l'EPD, PEF, la metodologia LCA/LCC. Queste stesse informazioni possono anche derivare da opportuni strumenti specifici integrabili con le tecnologie BIM. Tali soluzioni sono in grado di attingere a database materici generici internazionali (come ecoinvent) o specifici dei prodotti dotati di EPD attraverso i repository messi a disposizione dai vari Program Operator internazionali.

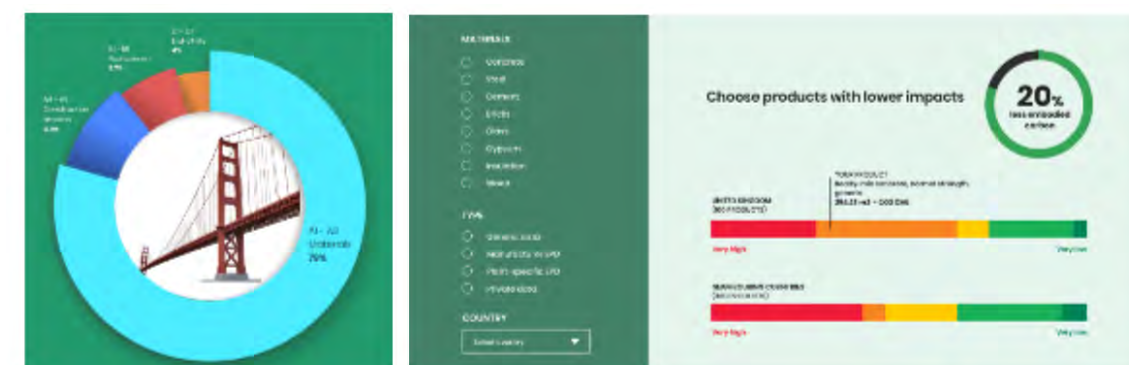


Figura 28 - Esempio di software di Life Cycle Assessment per un'infrastruttura secondo EN 15978:2011
(Fonte: OneClick LCA)

Riguardo al tema delle comunicazioni e dell'integrazione degli aspetti sociali, il già citato Digital Twin può inoltre fungere da cruscotto di controllo e scambio di opinioni/segnalazioni da parte dei molteplici soggetti interessati al cantiere nello specifico contesto territoriale. Ciò riguarda sia gli addetti ai lavori così come la comunità residente nelle aree all'interno delle quali il cantiere trova collocazione.

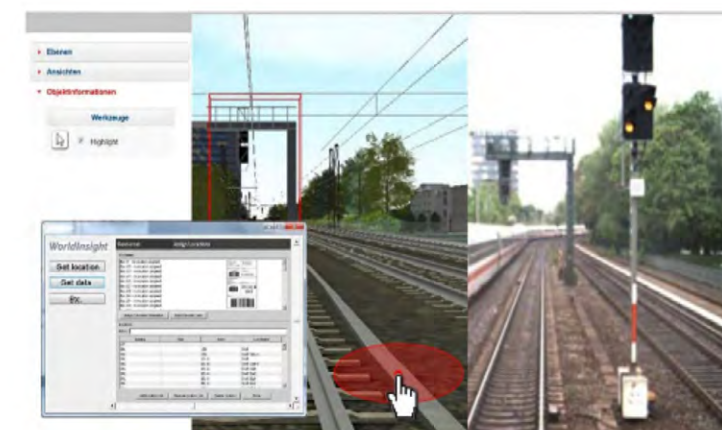


Figura 29 - Esempio di Digital Twin per la gestione di una linea ferroviaria (Fonte: LocLab Consulting)

LA METODOLOGIA

il Cantiere Sostenibile

4. L'AMBITO DI APPLICAZIONE

Per promuovere un nuovo modello concettuale di ingegneria orientato alla sostenibilità ambientale, alla compatibilità economica e all'integrazione sociale fornendo un approccio innovativo per progettare e realizzare la cantierizzazione delle opere infrastrutturali occorre preliminarmente evidenziare l'opportunità che le best practice e gli strumenti operativi contenuti nel presente documento possano applicarsi al **sistema "cantiere infrastrutturale"** includendo sia gli interventi puntuali (come, ad esempio, la costruzione di un edificio o di una stazione) che le opere a rete (come, ad esempio, la costruzione di strade, ferrovie, etc.). In tale ottica, i diversi attori coinvolti nel processo di ideazione del modello di "cantiere sostenibile" - principalmente rappresentati da Stazioni Appaltanti, Progettisti e Imprese - hanno partecipato attivamente alla definizione di un'architettura flessibile del presente documento (*cf. Figura 1*) con la finalità di:

- estenderne l'ambito di applicazione rendendola potenzialmente **adottabile e adattabile da un'ampia sfera di realtà infrastrutturali, imprenditoriali e contrattuali** indipendentemente dal territorio in cui il cantiere si inserisce;
- fornire dei potenziali **indicatori quali-quantitativi**, pertanto concreti ed oggettivamente misurabili, utili alla valutazione della sostenibilità del cantiere e compatibili con i più generali sistemi e protocolli di rendicontazione nazionali ed internazionali disponibili in materia;
- concepire uno **strumento funzionale e di indirizzo** utile a creare sinergie operative che coinvolgano committenti, progettisti, imprese di costruzione, fornitori di beni e servizi per attuare una visione sistemica della sostenibilità nello sviluppo infrastrutturale;
- disporre di un **nuovo mezzo comunicativo** che sintetizzi in modo chiaro e qualificato le valutazioni e gli studi effettuati dagli specialisti sulla correlazione cantiere - territorio a tutti gli stakeholder coinvolti dalla realizzazione dell'opera infrastrutturale.

Il presente documento fornisce strategie per la progettazione e la realizzazione di un cantiere sostenibile, proponendo, indicatori funzionali alla valutazione della sostenibilità correlata alla fase di costruzione dell'opera infrastrutturale.

Tale documento potrà essere utilizzato in coerenza con gli eventuali manuali di progettazione e capitolati tecnici delle stazioni appaltanti di riferimento.

Sotto il **profilo giuridico**, tra i numerosi indirizzi nazionali ed internazionali vigenti in materia, infatti, preme ricordare come il D.Lgs. 81/08 e s.m.i. intenda per **cantiere temporaneo o mobile** "qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile il cui elenco è riportato nell'allegato X".

Dal **punto di vista produttivo**, invece, il sistema del cantiere (sia fisso che mobile) è un'organizzazione puntuale nella quale il prodotto (l'opera infrastrutturale) rimane fermo e le attrezzature e le maestranze si muovono. È evidente, pertanto, che lo studio degli impatti connessi alla presenza del cantiere è strettamente correlato alla tipologia di opera infrastrutturale, al conte-

sto territoriale e sociale di riferimento nonché ai relativi tempi di realizzazione/permanenza del cantiere.

Da un'analisi *etimologica*, infine, fa riflettere come la parola “cantiere”, dal latino cantherius, sia stata sovente utilizzata nel tempo con significato di “cavalletto di sostegno”, pertanto quasi come precursore dell'ideazione del nuovo modello di cantiere “**sostenibile, da sostenere e per sostenere**” la cultura della generazione di valore ambientale, sociale ed economico nel processo di progettazione e realizzazione delle opere infrastrutturali.

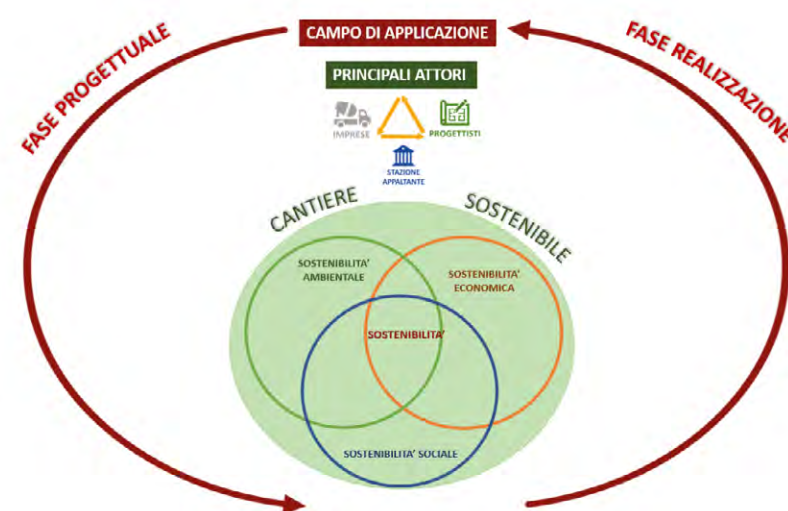


Figura 1 – Ambito e fasi di applicazione del documento

5. L'IDEAZIONE DI UN NUOVO MODELLO DI CANTIERE SOSTENIBILE

L'ideazione di un nuovo modello di cantiere sostenibile nasce dalla volontà di coniugare e identificare una serie di buone pratiche che, analizzando le principali componenti presenti in un cantiere, possono permettere di implementare la sostenibilità anche in fase di costruzione. La creazione di un cantiere sostenibile parte però sin dalla fase progettuale, nella quale devono essere poste le basi affinché siano identificati e sviluppati tutti gli elementi di sostenibilità che caratterizzano la fase realizzativa dell'opera.

Nel caso in cui il presente documento venga utilizzato in una fase progettuale iniziale, l'eventuale applicazione nelle successive fasi di approfondimento del progetto potranno coniugarsi in azioni specifiche e concrete nella fase di costruzione, e quindi nel cantiere.

L'idea di partenza da cui è stato sviluppato il presente documento (cfr. Figura 2) è stata quella di definire degli obiettivi di sostenibilità che potessero essere il motore per la creazione di un nuovo modello di cantiere sostenibile e che, a prescindere dalla tipologia di opera infrastrutturale, di Stazione Appaltante, di cantiere, possano essere perseguiti in modo standardizzato, in quanto svincolati dallo specifico ambito di applicazione di un progetto.

Analizzando le diverse componenti di sostenibilità che caratterizzano un cantiere sono stati individuati dei macro ambiti che possono contraddistinguere, anche se non in modo univoco, tutti i cantieri e che mirano a salvaguardare, definire e controllare ogni specifico aspetto della sostenibilità sia da un punto di vista ambientale, che sociale ed economico.

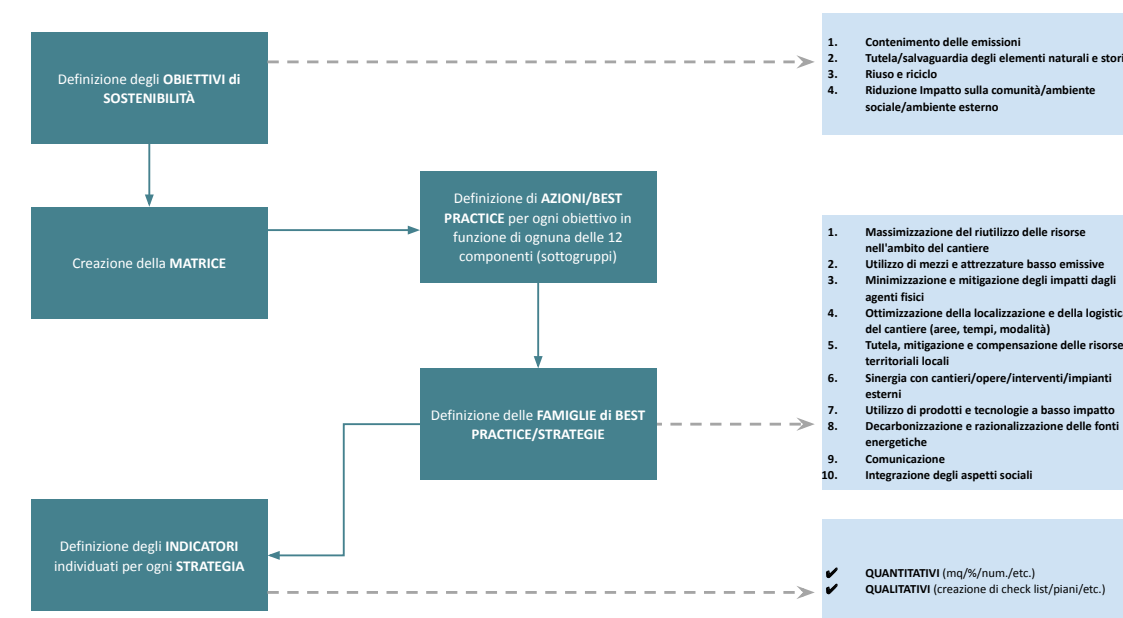


Figura 2 – Ideazione del modello di cantiere sostenibile

La valutazione, il perseguimento e, quando possibile, il raggiungimento di questi obiettivi, permette di definire come il progetto prima, e il cantiere poi, hanno applicato, controllato e raggiunto tali target di sostenibilità.

Con tali premesse, i 4 obiettivi di sostenibilità identificati sono i seguenti:

1. *Contenimento delle emissioni;*
2. *Tutela/salvaguardia degli elementi naturali e storici;*
3. *Riuso e riciclo;*
4. *Riduzione dell'impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno.*

Preliminarmente alla definizione degli obiettivi sono state analizzate le componenti ambientali e i fattori antropici potenzialmente coinvolti nell'intero processo di costruzione delle infrastrutture, dalla progettazione alla realizzazione:

1. *Suolo e terre;*
2. *Gestione acque;*
3. *Gestione dei rifiuti;*
4. *Energia;*
5. *Aria e clima;*
6. *Agenti fisici;*
7. *Elementi biotici / paesaggio;*
8. *Ciclo di vita;*
9. *Mobilità;*
10. *Ambiente sociale;*
11. *Sicurezza;*
12. *Digitalizzazione.*

Il valore aggiunto dato dal documento è proprio il superamento di un approccio generalmente settorializzato e per componenti tematiche, verso una visione più integrata, strategica e di performance volta al raggiungimento di obiettivi concreti, ottenuto sulla base delle diverse competenze maturate negli anni nei settori dell'ingegneria infrastrutturale e ambientale dai professionisti partecipanti al Gruppo di Lavoro.

Per poter raggiungere i 4 obiettivi sopra elencati si è ritenuto fondamentale, però, identificare le strategie che permettessero di mettere in atto delle azioni mirate e specifiche pertinenti alle 12 componenti ambientali ed antropiche sopra menzionate. Il presente documento ha quindi identificato le seguenti **10 famiglie** di best practice, di seguito denominate **strategie**, con lo scopo di traguardare i 4 obiettivi di sostenibilità:

1. *Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere;*
2. *Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive;*
3. *Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici;*
4. *Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità);*
5. *Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali;*
6. *Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni;*
7. *Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto;*
8. *Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche;*
9. *Comunicazione;*
10. *Integrazione degli aspetti sociali.*

Ognuna delle suddette strategie racchiude una serie di azioni/buone pratiche usualmente adottate nella progettazione e realizzazione dei cantieri infrastrutturali, che concorrono al raggiungimento della sostenibilità, commisurata allo specifico progetto/cantiere analizzato (cfr. Figura 3).

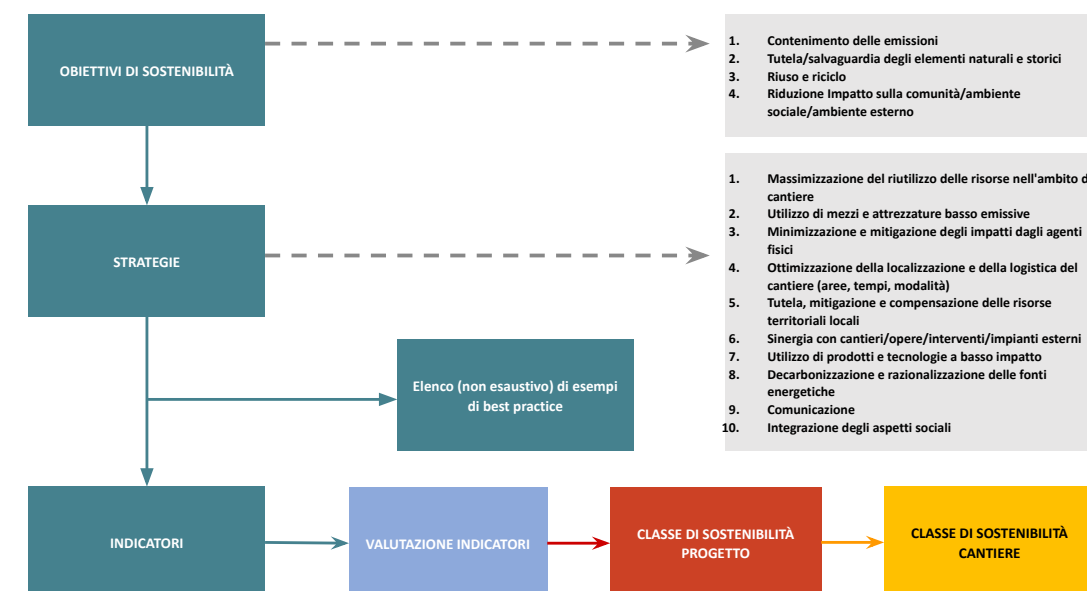


Figura 3 – Definizione schematica del documento per il cantiere sostenibile

Come meglio dettagliato nel successivo Capitolo 6, ciascun progetto/cantiere potrà concentrarsi sul perseguimento delle strategie maggiormente consone alle peculiarità dello stesso in funzione di una serie di elementi quali, ad esempio:

- localizzazione dell'intervento;
- rapporto con il contesto;
- tipologia di progetto e di cantiere;
- componenti ambientali, sociali ed economiche impattate;
- specifiche indicazioni progettuali;
- condizioni di contorno;
- etc.

Attraverso le 10 strategie il progetto/cantiere si svincola, quindi, dalla valutazione della singola componente ambientale così come generalmente affrontata in passato, per misurare, invece, la sostenibilità a tutto tondo in funzione della specificità che lo caratterizza.

Inoltre, non vi è una corrispondenza univoca con uno specifico obiettivo di sostenibilità, poiché la valutazione di una delle 10 strategie permette di affrontare e valutare gli impatti su tutti e 3 gli ambiti della sostenibilità ambientale, sociale ed economica, e quindi su tutti i 4 obiettivi individuati (cfr. Figura 4).

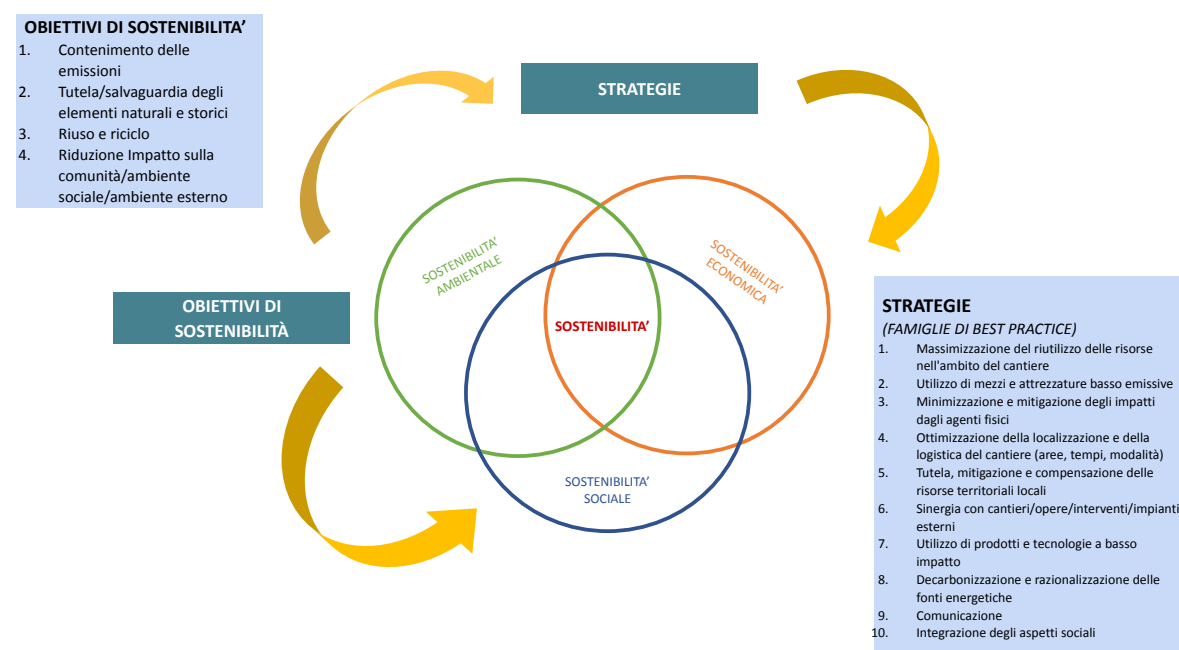


Figura 4 – Modello concettuale per la valutazione della sostenibilità del cantiere

All'interno dell'**Allegato 1** del presente documento è riportato un elenco non esaustivo, ma esemplificativo, di quelle che possono essere le possibili best practice da implementare all'interno di un cantiere per ognuna delle 10 strategie individuate.

All'interno di ognuna delle strategie sono stati successivamente individuati gli indicatori per la misura quali-quantitativa del perseguimento della stessa ai fini del raggiungimento dei 4 obiettivi finali di sostenibilità. Gli indicatori hanno pertanto lo scopo di fornire un indirizzo sulla modalità con cui ogni specifica strategia possa essere implementata nella progettazione e nella realizzazione del cantiere, guidando l'utilizzatore nell'identificazione di azioni specifiche e mirate che devono essere adottate in modo da soddisfare uno o più obiettivi di sostenibilità. In tale ottica, un ulteriore valore aggiunto del presente documento è stato quello di indirizzare le strategie proposte verso tematiche non già disciplinate da normative vigenti in materia o comunque non contenenti indicatori specifici. Gli indicatori proposti sono pertanto riconducibili agli ambiti ritenuti più rilevanti per la valutazione della sostenibilità del cantiere in fase progettuale e realizzativa.

Il dettaglio e l'esplicitazione degli indicatori è riportato nel successivo paragrafo, mentre per i criteri di selezione degli indicatori ambientali pertinenti/applicabili ad uno specifico cantiere si rimanda a quanto descritto nel Capitolo 6.

5.1 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI AMBIENTALI PER MISURARE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ

Per ciascuna buona pratica individuata al paragrafo precedente si riporta l'elenco degli indicatori ambientali funzionali a raggiungere gli obiettivi di sostenibilità, che possono essere di tipo quantitativo o qualitativo.

Per facilitare la consultazione e l'applicazione del presente documento, in Allegato 2 sono riportati degli esempi pratici di calcolo degli indicatori di tipo quantitativo nonché i contenuti minimi da riportare per gli indicatori di tipo qualitativo che possono essere integrati e sviluppati in riferimento allo specifico progetto/cantiere.

Come meglio dettagliato di seguito, gli indicatori quali-quantitativi identificati all'interno del presente documento possono essere valutati/calcolati sia nella fase progettuale del cantiere che nella sua fase realizzativa; è evidente che, a seconda della specificità dell'appalto, la valutazione degli indicatori dovrà essere effettuata in coerenza con gli eventuali manuali di progettazione e capitolati tecnici indicati dalla Stazione Appaltante.

5.1.1 Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere

La strategia misura la capacità di riutilizzo interno dei diversi materiali prodotti ed utilizzati nell'intervento, per una diretta valutazione del contenimento degli impatti sul territorio.

Gli indicatori individuati infatti sono tutti quantitativi e sono volti appunto a definire la gestione ottimizzata delle risorse prodotte.

Per la strategia in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

- 1.A Coefficiente di riutilizzo interno;
- 1.B Coefficiente di autosufficienza/autonomia;
- 1.C Efficienza di riutilizzo.

Laddove uno specifico indicatore sia potenzialmente applicabile a diverse matrici ambientali lo stesso potrà essere calcolato in maniera distinta per ogni componente ambientale interessata.

Uguualmente potrà essere aggiunto un nuovo indicatore qualora in fase di cantiere venga proposto il riutilizzo di una risorsa non precedentemente valutata.

Il Progettista dovrà indicare la modalità di calcolo da utilizzare in funzione della matrice ambientale cui l'indicatore è riferito.

A. Coefficiente di riutilizzo interno

ID	Indicatore	UdM	Calcolo
1.A	Coefficiente di riutilizzo interno (si intendono le risorse in genere: terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.) (*)	% Percentuale	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo totale di risorsa prodotta in cantiere

(*) Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo

Il presente indicatore intende misurare/valutare il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse generalmente prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.), attraverso il riutilizzo dei materiali stessi nell'ambito dell'appalto.

Il riutilizzo interno delle risorse prodotte nell'ambito del cantiere, infatti, consente sia la riduzione dei quantitativi trasportati off-site a fronte di un contenimento complessivo:

- dei flussi di traffico per il trasporto;
- del costo degli interventi in progetto.

B. Coefficiente di autosufficienza/autonomia

ID	Indicatore	UdM	Calcolo
1.B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia (si intendono le risorse in genere: terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.) (*)	% Percentuale	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo totale di risorsa necessaria per soddisfare il fabbisogno totale

(*) Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo

Analogamente a quanto precedentemente descritto, il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse generalmente prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.), attraverso il riutilizzo dei materiali stessi nell'ambito dell'appalto.

Il riutilizzo interno delle risorse prodotte nell'ambito del cantiere, infatti, oltre alla riduzione dei quantitativi trasportati off-site consente il contenimento di quelli da approvvigionare dall'esterno per soddisfare il fabbisogno dell'opera.

C. Efficienza di riutilizzo

ID	Indicatore	UdM	Calcolo
1.C	Efficienza di riutilizzo (si intendono le risorse in genere: terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.) (*)	% Percentuale	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo di risorsa potenzialmente utilizzabile

(*) Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo

Rispetto a quanto precedentemente descritto, il presente indicatore intende fornire una misura dell'ulteriore ottimizzazione del contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse generalmente prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto, attraverso la massimizzazione del riutilizzo dei materiali stessi nell'ambito dell'appalto rispetto alle

caratteristiche tecniche delle risorse prodotte nonché in riferimento alle peculiarità del sistema di cantierizzazione posto in essere.

In questo indicatore possono rientrare tutte le possibilità di riutilizzo presenti e perseguibili, quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo: terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.

5.1.2 Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive

La strategia misura in termini quantitativi e quantitativi i mezzi a basso impatto, secondo le indicazioni del progettista e le eventuali richieste della stazione appaltante.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

2.A *Caratteristiche mezzi e attrezzature;*

2.B *Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature.*

I due indicatori individuati su questa strategia risultano connessi tra loro: sulla base della valutazione del primo indicatore qualitativo si potrà eventualmente sviluppare il secondo indicatore quantitativo, espresso mediante rapporto %.

A. *Caratteristiche mezzi e attrezzature*

Il presente indicatore è funzionale a misurare l'efficienza in termini emissivi, generalmente inversamente proporzionale alla vetustà dei mezzi e delle attrezzature utilizzate nell'ambito del cantiere. Ci si riferisce in particolare alla classe ambientale, detta anche categoria emissiva cui appartengono i mezzi o ai requisiti analoghi per gruppi elettrogeni e compressori utilizzati per alcune attrezzature di cantiere.

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
2.A	Caratteristiche mezzi e attrezzature (compresa la manutenzione)	/	Compilazione check-list

Dovrà essere fornita una lista dei mezzi utilizzati nell'ambito del cantiere la cui completezza sarà definitiva solamente nella fase di cantiere con indicazione delle informazioni delle macchine effettivamente presenti. In fase di progettazione la matrice è compilata quale previsione della necessità di utilizzo dei mezzi, mentre in fase di cantiere sulla base dei mezzi effettivamente presenti in situ.

La check list deve essere compilata con riferimento all'intera durata del cantiere.

B. *Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature*

ID	Indicatore	UdM	Calcolo
2.B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	% Percentuale	Rapporto tra il numero di mezzi e/o attrezzature basso emissive impiegate in cantiere ed il numero complessivo di mezzi e/o attrezzature complessivamente presenti in situ

Il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali correlato all'impiego in cantiere di mezzi d'opera e/o attrezzature basso emissivi (es. alimentati da motori elettrici o mediante fonti energetiche alternative) a parità di prestazioni rispetto ai mezzi tradizionali). Sulla base della check list compilata per l'indicatore di cui al punto A "Caratteristiche dei mezzi e delle attrezzature", dovrà essere calcolato il rapporto tra il numero di mezzi e/o attrezzature con caratteristiche basso emissive ed il numero di mezzi e/o attrezzature complessivamente presenti e impiegate in cantiere.

La definizione delle caratteristiche basso emissive dovrà essere valutata caso per caso, sulla base delle tipologie di mezzi necessari per l'esecuzione delle lavorazioni (leggeri, commerciali, pesanti, etc.), della distribuzione delle classi emissive del parco mezzi circolante nell'area geografica interessata dall'intervento (ad es. la provincia o la regione in cui ricade l'intervento) e delle eventuali evoluzioni tecnologiche presenti sul mercato (ad es. mezzi ibridi, elettrici, etc.). Sarà quindi cura del progettista o della stazione appaltante fornire la definizione delle caratteristiche basso emissive.

La valutazione deve essere effettuata con riferimento all'intera durata del cantiere.

5.1.3 Minimizzazione e mitigazione degli impatti da agenti fisici

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

3.A *Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno;*

3.B *Controllo delle polveri in cantiere.*

Sarà facoltà della stazione appaltante valutare la possibilità di inserire altri fattori che concorrono alla riduzione della CO2.

Laddove uno specifico indicatore sia potenzialmente applicabile a diverse matrici ambientali lo stesso potrà essere calcolato in maniera distinta per ogni componente ambientale interessata.

Ugualmente potrà essere aggiunto un nuovo indicatore qualora in fase di cantiere venga proposto il riutilizzo di una risorsa non precedentemente valutata.

A. Coefficiente di riduzione di CO₂ in funzione del riutilizzo interno

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
3.A	Coefficiente di riduzione CO ₂ in funzione del riutilizzo interno	%	ton CO _{2eq} riutilizzo interno/ton CO _{2eq} movimentazione totale (compreso riutilizzo interno)

L'indicatore in oggetto intende valutare la minimizzazione e la mitigazione degli impatti dagli agenti fisici attraverso il calcolo della riduzione della CO_{2eq} in funzione del riutilizzo interno delle terre, nell'ambito della gestione delle terre e rocce da scavo, e/o delle risorse considerate (acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.) e individuate dal progettista. La valutazione dell'indicatore in oggetto consiste nel calcolare il coefficiente percentuale di riduzione, quantificato come rapporto tra il risparmio di tonnellate di CO_{2eq} dovuto al riutilizzo interno e le tonnellate di CO_{2eq} totali associate alla gestione delle terre e/o di altre risorse in cantiere nel caso di mancato riutilizzo interno.

Nel caso delle terre, ad esempio, la massimizzazione del riutilizzo interno dei materiali di scavo consente, infatti, non solo la riduzione dei volumi trasportati off-site, ma anche dei quantitativi da approvvigionare dall'esterno per soddisfare il fabbisogno dell'opera, a fronte di un contenimento complessivo dei flussi di traffico per il trasporto dei materiali e di una conseguente riduzione dei costi. Si evidenzia dunque come le modalità di gestione delle terre possano contribuire sensibilmente alla riduzione degli impatti associati alle emissioni di CO_{2eq} per la fase di cantiere, in riferimento ai volumi dei materiali di scavo movimentati nel progetto.

B. Controllo delle polveri in cantiere

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
3.B	Controllo delle polveri in cantiere	/	compilazione documentazione/relazione descrittiva

L'indicatore in oggetto ha lo scopo di verificare la redazione di un piano per il controllo delle polveri in fase di cantiere.

I contenuti minimi del Piano dovranno essere rivisti e tarati in funzione della tipologia e della dimensione del cantiere oggetto di valutazione.

Lo scopo del piano è quello di ottimizzare l'efficacia degli interventi di controllo polveri derivanti dall'attività in aree di cantiere, valutate come maggiormente significative in termini di impatti sulla qualità dell'aria, con particolare riferimento alle emissioni di polveri.

Il piano costituisce quindi un supporto per applicazione di buone pratiche, mirate a ridurre le emissioni in atmosfera correlate alle attività di cantiere, valutate in base alla situazione specifica o alla particolare sensibilità dell'area interessata.

5.1.4 Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)

La strategia intende valutare l'inserimento e gli effetti dell'intervento, in termini di flussi, di logistica, e di riqualifica delle superfici interessate dal sistema di cantierizzazione.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

- 4.A Piano dei trasporti di cantiere;
- 4.B Definizione di un layout di cantiere ottimizzato;
- 4.C Coefficiente di impermeabilizzazione aree di cantiere;
- 4.D Filtering up.

A. Piano dei trasporti di cantiere

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
4.A	Piano dei trasporti di cantiere	/	compilazione documentazione/relazione descrittiva

Il presente indicatore intende valutare la sostenibilità del cantiere qualificando gli aspetti tecnici correlati ai flussi di materiali, dei mezzi e delle attrezzature in entrata e in uscita dal cantiere, nonché all'interno del cantiere stesso.

Per tale indicatore, pertanto, è prevista una valutazione di tipo qualitativo attraverso la compilazione di una documentazione/relazione descrittiva nella quale siano esplicitati tutti i flussi di traffico indotti dalla presenza del cantiere sul sistema territoriale in cui lo stesso si inserisce.

In relazione all'obiettivo dell'indicatore in questione risulta evidente che, anche ai fini di una eventuale condivisione del piano degli spostamenti con gli enti territorialmente competenti,

potrà essere prodotto un elaborato grafico esplicativo correlato ai contenuti della documentazione/relazione descrittiva. In tal senso la condivisione con gli enti locali, nonché l'eventuale ottemperanza a specifiche prescrizioni impartite dagli stessi, potrà essere riportata all'interno della documentazione/relazione descrittiva.

B. Definizione di un layout di cantiere ottimizzato

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
4.B	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	/	compilazione documentazione/relazione descrittiva

Il presente indicatore intende valutare la sostenibilità del cantiere qualificando gli aspetti tecnici considerati ai fini dell'ottimizzazione del sistema di cantierizzazione relativamente alle aree disponibili, alle caratteristiche territoriali ed ambientali delle stesse, alla logistica interna del cantiere nonché al contesto socio-economico di riferimento.

In tale ottica, tale indicatore potrà inoltre contemplare anche elementi di valutazione della sostenibilità non analizzati attraverso altri indicatori contenuti nel presente documento.

Per tale indicatore, pertanto, è prevista una valutazione di tipo qualitativo attraverso la compilazione di un piano o di un elaborato documentale nel quale siano esplicitati tutti gli elementi ed i principi di cui il progettista ha tenuto conto (e pertanto dovrà tenerne conto anche l'Impresa) per la definizione di un layout di cantiere ottimizzato.

È evidente che la condivisione del piano/elaborato documentale con gli enti territorialmente competenti può rappresentare un valore aggiunto alla conoscenza del territorio in cui il cantiere si inserisce anche al fine di valutare ulteriori elementi d'attenzione manifestati da altri stakeholder a vario titolo interessati dal progetto.

C. Coefficiente impermeabilizzazione aree di cantiere

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
4.C	Coefficiente di impermeabilizzazione aree di cantiere	%	Rapporto tra superficie (mq) delle aree oggetto di protezione/ impermeabilizzazione e le superfici (mq) complessivamente occupate dalle aree di cantiere

Il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali su suolo/sottosuolo correlato all'impermeabilizzazione delle superfici di cantiere (es. aree logistiche, depositi sostanze pericolose, aree tecniche, etc.). Il progettista dovrà valutare e specificare come considerare la percentuale di superficie pavimentata in funzione delle caratteristiche del cantiere, del contesto territoriale e morfologico, considerando anche la permeabilità dei terreni, la ricarica della falda e la possibilità di contaminazione della falda.

D. Filtering up

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
4.D	Filtering up: indice di riqualificazione	%	Rapporto tra le aree oggetto di interventi di miglioramento (mq) e la superficie complessiva interessata dall'intervento (mq)

Il presente indicatore intende valutare la sostenibilità del cantiere misurando l'entità delle aree effettivamente riqualificate nell'ambito degli interventi di progetto e a seguito della dismissione degli insediamenti di cantiere in rapporto alla superficie complessiva interessata dal sistema di cantierizzazione.

Per tale indicatore, nonostante sia prevista una valutazione di tipo quantitativo attraverso il calcolo dell'indice di riqualificazione, il progettista potrà valutare l'opportunità di produrre (o che l'Impresa produca) anche un elaborato documentale nel quale siano rappresentati graficamente tutti gli interventi di riqualifica eseguiti, anche al fine di valorizzare il beneficio dell'opera nei confronti del territorio in cui si inserisce.

5.1.5 Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali

La strategia valuta il grado di attenzione del progetto e della realizzazione sul territorio interferito, evidenziando quali misure sono intraprese per il controllo e il mantenimento dell'equilibrio territoriale.

Gli indicatori di questa strategia sono in tal modo sia qualitativi sia quantitativi e presuppongono sin dalla fase di progettazione un'analisi del territorio con la proposta di soluzioni mitigative e compensative.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

5.A Piano Gestione Emergenze;

5.B Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento;

5.C *Utilizzo di verde autoctono per interventi di rinaturazione;*

5.D *Efficienza dell'inserimento paesaggistico.*

A. *Piano Gestione Emergenze ambientali*

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
5.A	Piano Gestione Emergenze	/	Compilazione del documentazione/relazione descrittiva

Il Piano di Gestione delle Emergenze è individuato quale indicatore necessario per un sistema di analisi e di intervento per un'immediata risposta alle emergenze ambientali, che si dovessero presentare durante le operazioni di cantiere. Il Piano sulle emergenze deve essere inquadrato quale contributo alla tutela delle risorse territoriali, valutando come tali emergenze possano in qualche modo interferire con i criteri di sostenibilità che il progetto ed il cantiere hanno sviluppato e messo in atto.

L'indicatore è di tipo qualitativo e pertanto presuppone l'elaborazione di un documento di analisi delle criticità e delle modalità operative di risoluzione.

B. *Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento*

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
5.B	Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	%	recuperato/utilizzato

L'indicatore specifico presuppone che le attività poste in atto prevedano il riutilizzo di tutte le tipologie di acque il cui uso è previsto in cantiere, ove possibile, e che l'acqua depurata venga riciclata in produzione, ai fini dell'ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento. L'ottimizzazione del coefficiente percentuale, dato dal rapporto tra le risorse idriche trattate riutilizzate all'interno del cantiere e quelle totali utilizzate, costituisce uno strumento per il controllo quantitativo delle acque di cantiere rappresentando dunque, un modo per garantire il risparmio e il recupero della risorsa ambientale.

Un'efficace predisposizione dei sistemi di trattamento delle acque all'interno del cantiere comporta infatti, l'ottimizzazione di tale percentuale, ricavata tramite il bilancio idrico dell'attività di cantiere, e la possibilità di gestire ed ottimizzare l'impiego della risorsa idrica, eliminando o

riducendo al minimo l'approvvigionamento dall'acquedotto e massimizzando, ove possibile, il riutilizzo delle acque impiegate nelle operazioni di cantiere.

Il tipo di trattamento o lo smaltimento delle acque di lavorazioni, dipenderà ad ogni modo dalla specifica tipologia presente in cantiere.

C. *Utilizzo di verde autoctono per interventi di rinaturazione*

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
5.C	Utilizzo di verde autoctono	%	Numero specie autoctone/ Numero specie totali

Il presente indicatore intende valutare la sostenibilità del cantiere rispetto alla tutela della flora e della vegetazione autoctona presente nei pressi dell'area di progetto. Questo indicatore presuppone l'utilizzo esclusivo di specie autoctone e di ecotipi locali provenienti da fitocenosi naturali prossime all'area di intervento, soprattutto in prossimità di ambiti naturalistici vincolati (aree protette e siti Natura 2000).

È un indicatore quantitativo: nel rapporto sul numero di specie in particolare viene considerata la percentuale di specie autoctone utilizzate negli interventi a verde previsti nell'ambito delle aree di cantiere. Questi comprendono sia i ripristini vegetazionali ante operam, dovuti ad interferenze dirette delle aree di cantiere con vegetazione spontanea, sia progetti di rinaturazione, finalizzati al miglioramento delle condizioni ecologiche di aree di cantiere caratterizzate da uno scarso valore naturalistico.

Per quanto riguarda gli interventi di ripristino vegetazionale ante operam, è importante prevedere l'utilizzo soprattutto di specie autoctone degli stadi successionali pionieri che precedono il tipo di vegetazione che si intende ripristinare.

In generale, per tali interventi a verde che interessano le aree di cantiere è necessario individuare consociazioni di specie scelte in base a requisiti di:

- coerenza con la flora, la vegetazione reale e la vegetazione potenziale (serie di vegetazione) che caratterizzano l'area di intervento;
- valore faunistico;
- aumento della biodiversità;
- facilità di attecchimento;
- facilità di reperimento sul mercato;
- minima manutenzione;
- valore estetico e paesaggistico.

D. Efficienza dell'inserimento paesaggistico

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
5.D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico	/	Progetto di inserimento paesaggistico e ripristino delle aree di cantiere

L'indicatore intende fornire gli strumenti per individuare, quando necessarie, le misure di mitigazione del potenziale impatto dato dalla presenza dell'area di cantiere per tutto il periodo delle lavorazioni sul sistema paesaggistico. A tale scopo è necessaria la valutazione ex ante dello stato dei luoghi per ottenere le conoscenze di base utili a raggiungere il duplice obiettivo di minimizzare potenziali alterazioni derivate dall'intrusione di nuovi elementi nella composizione del mosaico paesaggistico in cui avverrà l'allestimento del cantiere e massimizzare la progettazione per il ripristino delle condizioni ex ante dove possibile o adottare la migliore soluzione per l'inserimento paesaggistico dell'opera al termine delle lavorazioni. Nell'ambito dell'indicatore si concretizza il riconoscimento di tre componenti tra loro interagenti:

- *Fisico-biologiche ed ecologiche ambientali*: il clima, le condizioni idrogeologiche che determinano le forme del territorio, l'energia di trasformazione; le componenti biologiche, come la vegetazione e la fauna;
- *Antropiche*: intese come l'insieme delle "espressioni materiali" dei processi storico insediativi come aggregati abitativi e funzionali o colture tradizionali;
- *Percettive*: intese come le funzioni psicologiche dell'orientamento e dell'identificazione implicite dell'abitare o di conoscere un dato luogo.

L'efficienza dell'inserimento paesaggistico si ottiene a partire dalla preliminare stima della qualità del paesaggio ovvero dai valori riconosciuti, quindi dell'insieme dei beni del patrimonio culturale come definito dall'articolo 2 del Codice dei beni culturali e del paesaggio (DLgs 42/2004); dei beni del patrimonio edilizio che rappresentano la manifestazione materiale dei modelli insediativi di tipo tradizionale e dei caratteri del paesaggio cognitivo inteso come le relazioni visive esperibili da un dato luogo determinanti nell'interpretazione della scena consolidata nell'immaginario comune e nel riconoscimento di quegli elementi strutturanti il paesaggio.

5.1.6 Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni

La strategia intende misurare la ricerca di sinergie con il territorio interessato dalla realizzazione dell'infrastruttura, per contenere l'impatto degli esuberi dei materiali.

Gli indicatori di questa strategia sono quantitativi e valutano le modalità di riutilizzo e recupero dei materiali in opere esterne all'intervento.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

6.A Coefficiente di riutilizzo esterno;

6.B Capacità di recupero.

Laddove uno specifico indicatore sia potenzialmente applicabile a diverse matrici ambientali lo stesso potrà essere calcolato in maniera distinta per ogni componente ambientale interessata. Ugualmente potrà essere aggiunto un nuovo indicatore qualora in fase di cantiere venga proposto il riutilizzo di una risorsa non precedentemente valutata.

Il progettista dovrà indicare la modalità di calcolo da utilizzare in funzione della matrice ambientale cui l'indicatore è riferito.

A. Coefficiente di riutilizzo esterno

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
6.A	Coefficiente di riutilizzo esterno (si intendono le risorse in genere: terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.) (*)	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata esternamente e il quantitativo totale di risorsa in esubero

Il presente indicatore intende misurare/valutare il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse generalmente prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.), attraverso il riutilizzo dei materiali in esubero, non impiegabili nell'ambito dell'appalto, in opere/interventi esterni.

B. Capacità di recupero

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
6.B	Capacità di recupero (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale...risorse in genere)	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa recuperata in impianti/processi esterni autorizzati e il quantitativo totale di risorsa in esubero gestita in qualità di rifiuto

(*) Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo

Analogamente a quanto precedentemente descritto, il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse generalmente prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, etc.), attraverso il recupero in impianti/processi autorizzati dei materiali in esubero non impiegabili nell'ambito dell'appalto né riutilizzabili in opere/interventi esterni.

5.1.7 Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto

La strategia fornisce il quadro e il valore che viene dato all'uso di prodotti e tecnologie che contribuiscono alla realizzazione dell'infrastruttura nel modo ambientalmente più compatibile possibile, secondo le indicazioni della fase progettuale e le eventuali richieste della stazione appaltante.

Gli indicatori di questa strategia si riferiscono ai prodotti individuati ed utilizzati in cantiere, le cui caratteristiche devono rispondere a requisiti di basso impatto ambientale.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

- 7.A Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto;
- 7.B Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato e di aggregati;
- 7.C Coefficiente di riduzione CO₂eq in funzione della produzione del prodotto;
- 7.D Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità.

A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
7.A	Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto	%	Rapporto tra quantità di prodotti a basso impatto ambientale (contenuto di riciclato, certificazione EPD, etc.) impiegati in cantiere e la quantità complessiva di prodotti approvvigionati (fabbisogno totale)

Il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali correlato all'impiego in cantiere di prodotti a basso impatto rispetto ai prodotti tradizionali. L'indicatore si basa sul rapporto tra la quantità (massa) di materiali approvvigionati caratterizzati da un basso impatto ambientale (processo di produzione ottimizzato, dimostrato tramite certificazioni

ambientali) o prodotti a partire da una quota di materiale proveniente da riciclo, e la quantità (massa) totale di materiali approvvigionati.

B. Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
7.B	Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato (rif. EPD, PdR 88, ReMade o altre certificazioni di prodotto equivalenti)	/	Compilazione check list

Il presente indicatore intende valutare la sostenibilità del cantiere promuovendo l'utilizzo di materiali e forniture dotati di certificazioni ambientali quali contenuto di riciclato, riciclabilità a fine vita (ma anche riciclabilità degli imballaggi, ad esempio), EPD (Environmental Product Declaration), Carbon Footprint, o altre certificazioni equivalenti che evidenzino l'attenzione al contenimento dell'impatto ambientale.

C. Coefficiente di riduzione CO₂eq in funzione della produzione del prodotto

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
7.C	Coefficiente di riduzione CO ₂ eq in funzione della produzione del prodotto	%	Riduzione di CO ₂ eq

Il presente indicatore intende valutare il contenimento degli impatti ambientali correlato all'impiego in cantiere di prodotti con una filiera di produzione a basso impatto certificata.

Il criterio viene espresso attraverso l'indicatore GWP (Global Warming Potential - kgCO₂eq) e si presta principalmente al raffronto tra scenari differenti, sia contestuali, come ad esempio nella valutazione di alternative progettuali sviluppata nelle fasi preliminari della progettazione, sia per analisi successive, ad esempio nella predisposizione di un progetto d'offerta migliorativo sul piano della sostenibilità rispetto al progetto posto a base di gara.

Inoltre anche in fase di realizzazione delle opere è possibile monitorare l'indicatore seguendo l'effettiva evoluzione nel tempo, verificando le previsioni del progetto e reindirizzando eventuali scelte in base all'andamento dell'indicatore.

Il metodo di calcolo delle quantità di CO₂eq si basa su una carbon footprint dell'opera mediante metodologia LCA che consideri sia la fase di produzione dei materiali, secondo il criterio

del “from cradle to gate”, includendo nel sistema valutato le emissioni derivanti dalla raccolta delle materie prime (A1), dal trasporto all’impianto (A2) e dai processi di produzione e confezionamento (A3), sia la fase (A4), relativa al trasporto del prodotto al sito di costruzione, che quantifica l’impatto del trasporto “from plant to site”.

From cradle to gate A1-A2-A3	A1 (Upstream processes) - Raw material and fuel acquisition, Electricity generation & distribution
	A2 (Upstream processes) - Transportation to plant.
	A3 (Core processes) - Manufacturing processes in plant, treatment waste from manufacturing processes.
From plant to site A4	A4 (Downstream processes) - Transportation to site.

Il calcolo della carbon footprint sarà impostato moltiplicando le quantità dei diversi materiali per i rispettivi coefficienti di emissione GWP (fattori d’impatto), e sommando l’emissione totale per poterla raffrontare nei diversi scenari. I coefficienti di emissioni dovranno essere acquisiti da documentazione certificata, secondo la seguente priorità:

1. EPD (*Environmental Product Declaration*), PEF (*Product Environmental Footprint*) e altri certificati/schede tecniche relative ai materiali dei produttori;
2. EPD, PEF e altri certificati/schede tecniche relative ai materiali di tipologia assimilabile a quella di progetto, in assenza di dati dello specifico produttore;
3. Principali database internazionali impiegati negli studi di Life Cycle Assessment (ecoinvent, ecc), che per gli obiettivi dell’analisi sono ritenersi adeguati a caratterizzare i processi in esame.

In ambito infrastrutturale è opportuno includere nel sistema i materiali che rappresentano le quantità principali previste a computo, tipicamente acciai, calcestruzzi e conglomerati bituminosi. In presenza di dati certificati è possibile implementare il sistema con altri prodotti, soprattutto se caratterizzati da fattori d’impatto significativi (vernici, materie plastiche, etc.).

D. Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
7.D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità	/	Compilazione check list

Il presente indicatore è qualitativo e presuppone l’elaborazione e compilazione di una check list in funzione della scelta di materiale e prodotti da utilizzare in cantiere. Questa scelta, dettata dalla necessità di realizzazione, deve considerare i requisiti ambientali e le caratteristiche degli stessi in termini di manutenibilità e di durabilità. Le condizioni sul ciclo di vita delle diverse componenti (durabilità, affidabilità, andamenti prestazionali, potenziale reimpiego e/o riutilizzo/riciclo) dovranno rispondere a quanto la normativa ISO e UNI richiede, ma risultano essere elementi necessari alla valutazione della sostenibilità dell’intervento. A tal fine è opportuno esplicitare i diversi requisiti dei prodotti, tra i quali, a titolo esemplificativo e non esaustivo:

- prontezza all’uso;
- integrità;
- valore economico;
- minore onere legato alla manutenzione ordinaria e/o riparazione;
- resistenza meccanica e stabilità;
- sicurezza in caso di incendio,
- sicurezza nell’impiego;
- protezione alle fonti di emissioni-rumore.

5.1.8 Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche

La strategia sulle fonti energetiche intende fornire il quadro qualitativo e quantitativo del cantiere in termini di organizzazione e ottimizzazione delle fonti energetiche rinnovabili.

Gli indicatori di questa strategia prevedono l’analisi energetica del cantiere per promuovere una efficienza energetica, attraverso la valutazione del consumo di energie rinnovabile nel cantiere e l’indicazione della produzione autonoma del cantiere di energia rinnovabile.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

- 8.A** *Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento;*
- 8.B** *Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale;*
- 8.C** *Produzione di rinnovabili in cantiere.*

A. Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
8.A	Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento	/	Compilazione

Il presente indicatore intende implementare la redazione di un'analisi energetica preliminare al fine di stimare ed analizzare i futuri consumi energetici del cantiere, con l'obiettivo di promuovere l'efficienza energetica. L'analisi energetica, oltre alla costruzione di un modello energetico teorico, dovrà contenere l'implementazione di opportuni indici di prestazione energetica (IPE o KPI) idonei al fine di quantificare il grado di efficienza, rispetto a una baseline di riferimento (da costruire), del cantiere e più nello specifico di servizi quali: riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione, trasporto, nonché attività relative all'esecuzione di specifiche lavorazioni del cantiere di riferimento. L'analisi dovrà ricomprendere tutti i vettori energetici utilizzati, compresi quelli relativi ai mezzi di trasporto e di cantiere, fornendo informazioni puntuali circa la ripartizione dei consumi stimati.

B. Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
8.B	Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale	%	Energia elettrica consumata proveniente da fonti energetiche rinnovabili su base annua (MWh)/fabbisogno di energia elettrica annua (MWh)

Il presente indicatore intende valutare l'incidenza di energia rinnovabile rispetto all'energia elettrica complessivamente consumata in cantiere. La componente di energia rinnovabile potrà derivare dall'auto consumo in cantiere dell'energia rinnovabile prodotta in sito o attraverso l'acquisto da rete di energia elettrica derivante da fonti rinnovabili tramite comprovati Certificati di Attribuzione dell'Energia (EAC), quali garanzie d'origine (GO), REC, etc. Entrambe le componenti dovranno essere certificate: nel caso della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili tramite report forniti da GSE/Distributore di energia elettrica, mentre nel caso di EAC (GO, REC, etc.) tramite l'esibizione di contratti o fatture di acquisto dell'energia elettrica.

Il valore dell'indicatore dovrà mostrarsi sempre maggiore rispetto alla percentuale di rinnovabili relativa al mix energetico nazionale aggiornato, fornito dal Gestore dei Servizi Energetici GSE S.p.A.

C. Produzione di rinnovabili in cantiere

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
8.C	Produzione di rinnovabili in cantiere (energia, acqua, etc.)	%	Energia rinnovabile prodotta annua (TEP)/ fabbisogno energetico del campo base e del cantiere operativo esclusi i mezzi d'opera e di trasporto (TEP)

Il presente indicatore intende valutare la componente di energia rinnovabile prodotta rispetto all'energia consumata in cantiere con specifico riferimento al campo base e ai cantieri operativi, senza il contributo derivante dai mezzi d'opera e di trasporto. L'energia rinnovabile prodotta dovrà essere certificata tramite report forniti da GSE/Distributore di energia elettrica o attraverso l'esibizione di report effettuati tramite strumenti certificati (secondo la specifica normativa di riferimento). Tale energia rinnovabile prodotta potrà fare riferimento a tutti i vettori energetici, contemplando, ad esempio, anche la produzione di energia termica derivante da eventuali impianti solari termici.

5.1.9 Comunicazione

La presente strategia intende valutare la capacità ed il valore della comunicazione sulla sostenibilità del cantiere.

Gli indicatori individuati per questa strategia sono qualitativi e rientrano possibilmente in un sistema di gestione e di rilevazione del cantiere. Il carattere di questi indicatori è informativo e ha quindi lo scopo di dare evidenza degli avvenimenti del cantiere, non solo in termini di avanzamento lavori, ma in relazione soprattutto ai percorsi di sostenibilità intrapresi, ed il grado di "coinvolgimento" del territorio.

Per la best practice in questione sono stati individuati i seguenti indicatori, ritenuti come principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

9.A Segnalazioni/criticità;

9.B Bollettini informativi;

9.C Visite/incontri.

A. Segnalazioni/criticità

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
9.A	Segnalazioni/criticità	/	compilazione documento informativo

L'indicatore è qualitativo e presuppone la compilazione di un documento informativo. In chiave "sistemica", quindi adottando i principi dei sistemi di gestione, è possibile censire il numero di segnalazioni ed eventuali criticità rilevate in cantiere con cadenza definita, trimestrale ad esempio, associando potenziali fattori di rischio. Tali fattori contribuiscono alla compilazione del documento informativo, restituendo quali rischi sono presenti e, conseguentemente, ponendo adottare misure di correzione/prevenzione.

B. Bollettini informativi

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
9.B	Informative/Info point	/	compilazione di documenti informativi ed implementazione di sistemi/presidi/strumenti per la comunicazione

Tale indicatore, di tipo qualitativo, prevede la compilazione di documenti informativi contenenti informazioni che il cantiere elabora ed emette verso l'esterno. A titolo esemplificativo, le informative potranno riguardare non solo lo stato di avanzamento delle lavorazioni, ma più in generale il percorso di sostenibilità del cantiere e le modalità di mantenimento dei valori di sostenibilità adottati. La frequenza di emissione delle informative, con particolare riferimento alla fase di cantiere, potrà essere valutata sulla base del cronoprogramma dei lavori, prevedendo una cadenza periodica, o limitata alla comunicazione di obiettivi sostenibili raggiunti e/o alle modalità di mantenimento e/o miglioramento.

L'informativa potrà inoltre comprendere una serie di informazioni legate ad aspetti considerati in altri indicatori sia qualitativi che quantitativi (ad es. quantità di rifiuti prodotti, massa di CO₂ prodotta, numero di mezzi "sostenibili" utilizzati, capacità energetica, etc.) considerati anche nell'ambito del perseguimento di altre strategie.

In tale ottica, il presente indicatore potrà essere adottato anche attraverso differenti modalità di informazione prevedendo, ad esempio, l'implementazione di appositi sistemi/presidi/strumenti web (cfr. info point, etc.).

C. Visite/incontri

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
9.C	Visite/incontri	/	compilazione documento informativo

L'indicatore è qualitativo e presuppone anche in questo caso la compilazione di un documento informativo.

L'indicatore misura il numero di visite di personale non direttamente coinvolto nelle lavorazioni, quindi anche enti di controllo, e può contemplare il numero di sanzioni/osservazioni rilevate da ente esterno ed il relativo andamento nel tempo, l'effettiva esecuzione di un'informativa su rischi specifici di cantiere, l'accesso o la quantità di personale in fasi critiche (chiusura lavori, collaudi, audit, verifiche preliminari a inaugurazione, etc.).

Per quanto concerne gli incontri, può essere misurato il numero di incontri sia tra lo staff di cantiere, che con le rappresentanze sindacali o con ogni forma di parte sociale interessata, anche a livello locale, al fine di osservare il "percepito" dell'opera in corso di realizzazione, sia dall'interno che dall'esterno oppure eventuali problematiche che possono essere oggetto di miglioramento. Il numero di tali incontri, registrato nelle checklist, consentirebbe di misurare il grado di comunicazione sia all'interno che all'esterno del cantiere.

L'indicatore fa riferimento ai meccanismi di coinvolgimento degli stakeholder e della cittadinanza e agli strumenti di informazione e sensibilizzazione attivati per lo specifico progetto, anche durante l'avanzamento dei lavori in fase di realizzazione (es. sessioni di incontro ad hoc con i cittadini, le istituzioni e comitati; open day per cittadini e studenti; etc.).

D. Protocolli d'intesa

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
9.D	Protocolli d'intesa	/	Documento esplicativo

Tale indicatore, di tipo qualitativo, si pone l'obiettivo di promuovere l'implementazione di "Protocolli d'intesa" per misurare l'effettivo impegno del proponente, del progettista e dell'Impresa nel coinvolgimento di soggetti terzi, nella stipula di eventuali accordi e nel numero di eventuali confronti periodici.

A titolo esemplificativo, potrà essere previsto il coinvolgimento di Comitati Paritetici Territoriali, Agenzie Sanitarie Locali, Ispettorato del lavoro, comuni interessati, ordini professionali, associazioni di categoria, etc.

5.1.10 Integrazione degli aspetti sociali

La presente strategia intende misurare l'influenza del cantiere nel territorio attraverso l'impiego di risorse e fornitori ricadenti nell'ambito dell'intervento di progetto, nonché il grado di coinvolgimento degli enti di controllo e, più in generale, di soggetti terzi da parte della stazione appaltante.

Gli indicatori individuati valutano gli aspetti sociali del cantiere e sono stati individuati sulla base dei principali standard di rendicontazione delle informazioni di sostenibilità, applicabili al settore infrastrutture, riconosciuti a livello nazionale ed internazionale:

- 10.A *Utilizzo di maestranze locali;*
- 10.B *Coinvolgimento di fornitori locali;*
- 10.C *Diversità tra i dipendenti;*
- 10.D *Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza.*

A. *Utilizzo di maestranze locali*

COMPONENTI	ELEMENTI DI PAESAGGIO	FORME DI TUTELA
<i>fisico-biologiche ed ecologiche ambientali</i>		Aree di notevole interesse pubblico Aree tutelate per legge

Tale indicatore, di tipo quantitativo, si pone l'obiettivo di rappresentare la capacità di coinvolgere maestranze locali nella realizzazione dell'infrastruttura. In dettaglio, si misura mediante il rapporto tra il numero di lavoratori impiegati in cantiere - e residenti/domiciliati nel territorio interferito dall'intervento infrastrutturale in un raggio chilometrico variabile in funzione della scala del progetto - rispetto al numero totale di lavoratori complessivamente impiegati in cantiere.

La definizione di "locale" dovrà essere esplicitata, in termini di distanza, direttamente in fase di progettazione in funzione della scala dell'intervento.

B. *Coinvolgimento di fornitori locali*

ID	Indicatori	Udm	Calcolo
10.B	Coinvolgimento di fornitori locali	%	n° di fornitori locali/ n° fornitori totali

Tale indicatore, di tipo quantitativo, si pone l'obiettivo di rappresentare il grado di coinvolgimento alla realizzazione dell'infrastruttura di fornitori locali. Anche in questo caso, si misura mediante il rapporto tra il numero di aziende fornitrici presenti nel territorio interferito dall'intervento infrastrutturale in un raggio chilometrico variabile in funzione della scala del progetto - rispetto al numero totale di fornitori complessivamente utilizzati per gli approvvigionamenti di cantiere. La definizione di "locale" dovrà essere esplicitata, in termini di distanza, direttamente in fase di progettazione in funzione della scala dell'intervento.

C. *Diversità tra i dipendenti*

ID	Indicatori	Udm	Dettaglio
10.C	Diversità tra i dipendenti	%	n° dipendenti rientranti nelle categorie individuate/n° dipendenti totali

L'indicatore fa riferimento alla misura quantitativa della diversità all'interno dell'organizzazione dell'impresa esecutrice e può essere combinato con benchmark a livello settoriale o regionale. Il valore percentuale è riferito soprattutto alle categorie di genere e fascia di età (ad es. di età inferiore ai 30 anni; di età compresa tra 30 e 50 anni; di età superiore ai 50 anni). Altri indicatori di diversità (come minoranze o categorie vulnerabili) possono essere valutati se rilevanti. Il confronto tra il grado di diversità dei dipendenti fornisce informazioni sulle pari opportunità offerte dall'organizzazione.

D. *Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza*

ID	Indicatori	Udm	Dettaglio
10.D	Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	/	Documento riepilogativo sulla gestione della salute e della sicurezza all'interno del cantiere

Tale indicatore, di tipo qualitativo, si pone l'obiettivo di riepilogare in un documento esplicativo tutti gli elementi di sostenibilità connessi alla gestione della salute e della sicurezza all'interno del cantiere.

In tale ottica, pertanto, all'interno del documento potranno confluire - a titolo esemplificativo ma non esaustivo - i seguenti elementi:

- formazione erogata ai dipendenti in materia di salute e sicurezza e ESG (Environmental, Social and Governance);
- pianificazione e gestione degli aspetti di salute e sicurezza che vada oltre quanto richiesto dalle normative vigenti;
- analisi delle casistiche degli eventuali infortuni sul lavoro per tutti i lavoratori dipendenti e non;
- descrizione dei metodi utilizzati dall'organizzazione per agevolare l'accesso dei lavoratori a servizi di assistenza medica e sanitaria e di qualsiasi servizio o programma di promozione della salute offerto dall'organizzazione, anche non connessi al lavoro;
- esistenza di programmi di welfare per i lavoratori coinvolti nelle attività di cantiere. I programmi e i servizi volontari di promozione della salute possono includere a titolo esemplificativo: programmi per smettere di fumare, consulenza alimentare, l'offerta di alimenti sani nella mensa, programmi per ridurre lo stress, possibilità di usufruire della palestra o accedere a programmi di wellness;
- garanzia nel controllo degli accessi in cantiere mediante cartellini identificativi che contengano dati quali, ad esempio, nome e cognome del lavoratore, qualifica, età, fotografia, Impresa di appartenenza, etc.

6. VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE

Il principio guida che ha portato alla definizione del presente capitolo nonché all'applicazione dell'intero documento è legato alla massimizzazione della sostenibilità del cantiere nella sua fase di progettazione e realizzazione, raggiungibile attraverso la valutazione degli obiettivi, delle famiglie di strategie ad essi associate e dei relativi indicatori precedentemente definiti. In quest'ottica, quindi, *il perseguimento di tutti e 4 gli obiettivi è la reale priorità da traguardare*.

Il presente documento prevede infatti che **la valutazione complessiva della sostenibilità del cantiere possa essere effettuata sia in fase progettuale dal progettista che alla fine della realizzazione del cantiere**, ferma restando l'eventuale possibilità di prevedere ulteriori step di valutazione a seconda della specifica tipologia di appalto (ad esempio in fase di procedura negoziale per l'affidamento dei lavori).

Sulla base di questi concetti è stato definito un approccio per la valutazione degli indicatori di sostenibilità associati a ciascuna strategia e descritti al precedente capitolo, con le modalità di seguito esplicitate, la cui analisi può essere avviata preliminarmente in fase progettuale a cura del progettista.

Resta inteso che tale approccio è applicabile compatibilmente con le specificità di ciascuna stazione appaltante, nel rispetto della relativa documentazione tecnica di riferimento (manuali di progettazione, capitolati tecnici d'appalto, etc.) e potrà essere preso a riferimento, su base volontaria, non escludendo la possibilità di utilizzare altre metodologie e protocolli di comprovata validità per valutare la sostenibilità dello specifico cantiere.

6.1. Perseguimento degli obiettivi di sostenibilità

Laddove si ritenga opportuno avvalersi di quanto definito dal presente documento, per utilizzare correttamente la metodologia si devono perseguire tutti e 4 obiettivi di sostenibilità definiti dallo stesso (*cfr. Figura 5*), ovvero:

1. Contenimento delle emissioni;
2. Tutela/salvaguardia degli elementi naturali e storici;
3. Riuso e riciclo;
4. Riduzione dell'impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno.

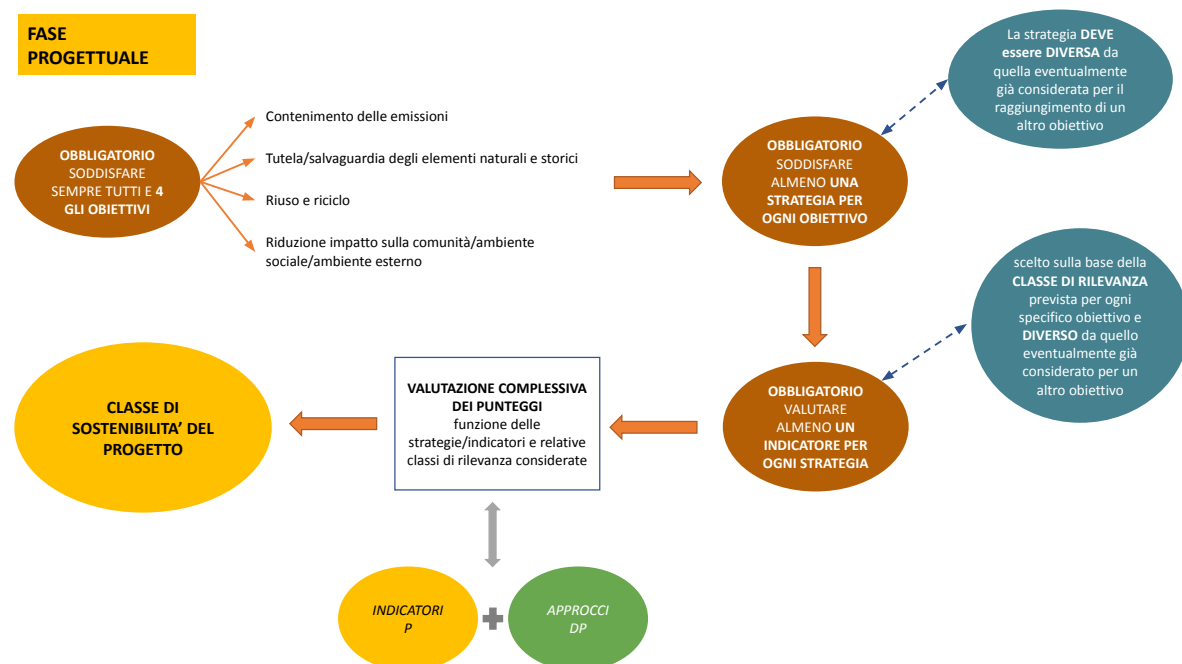


Figura 5 – Adempimenti minimi per il perseguimento degli obiettivi

Si ritiene infatti che nessun obiettivo può risultare non applicabile al caso di specie in quanto tutti e quattro, anche se legati ad ambiti differenti, concorrono alla massimizzazione della sostenibilità del progetto e del cantiere, oltre che essere caratterizzati da strategie che possono essere comuni a più di un obiettivo.

Come anticipato sopra, i 4 obiettivi racchiudono una serie di azioni/buone pratiche usualmente adottate nella progettazione e realizzazione dei cantieri infrastrutturali, pertinenti sia a componenti/matrici di tipo ambientale che a fattori di tipo antropico.

Si ritiene pertanto che, a prescindere dalla tipologia di progetto/cantiere infrastrutturale, il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità possa essere effettuato attraverso il perseguimento di tutti e quattro gli obiettivi.

Si veda l'immagine di seguito riportata (cfr. Figura 6) relativa alla correlazione tra i 4 obiettivi e le 10 strategie individuate.

OBIETTIVI DI SOSTENIBILITA' – IMPLICAZIONE CON LE 10 STRATEGIE			
1. CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI	2. TUTELA/SALVAGUARDIA DEGLI ELEMENTI NATURALI E STORICI	3. RIUSO E RICICLO	4. RIDUZIONE IMPATTO SULLA COMUNITÀ/AMBIENTE SOCIALE/ AMBIENTE ESTERNO
1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere		1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere
2. Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive			2. Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive
3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici
4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)
5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali
6. Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni		6. Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	
7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto
8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche
9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione
10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali

Figura 6 – Correlazione tra obiettivi e strategie

6.2 Scelta delle strategie in funzione degli obiettivi

Sulla base di quanto precedentemente argomentato, le strategie definite dal presente documento sono le seguenti 10:

1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere;
2. Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive;
3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici;
4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità);
5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali;
6. Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni;
7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto;
8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche;
9. Comunicazione;
10. Integrazione degli aspetti sociali.

Tali strategie, però, come si evince dalla **Figura 6**, possono essere comuni a più di un obiettivo e pertanto utilizzate per il perseguimento di più obiettivi poiché racchiudono indicatori qua-

li-quantitativi potenzialmente valutabili per il raggiungimento della sostenibilità in diversi ambiti. Ad esempio, la strategia numero 2 “*Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive*” è comune sia all’obiettivo 1 che all’obiettivo 4, poiché gli indicatori in essa contenuti possono concorrere sia al contenimento delle emissioni di un cantiere (obiettivo 1), sia alla riduzione degli impatti che questo ha sul contesto territoriale (obiettivo 4).

Il **progettista**, in funzione dello specifico progetto, cantiere e contesto nel quale l’opera si colloca (cfr. *Capitolo 5*) identifica le strategie applicabili che vuole perseguire per ognuno dei 4 obiettivi. **Deve essere perseguita almeno una strategia per ogni obiettivo (che in tal senso può pertanto essere definita prioritaria), diversa da quella eventualmente già opzionata per il raggiungimento di un altro obiettivo** (cfr. *Figura 7*).

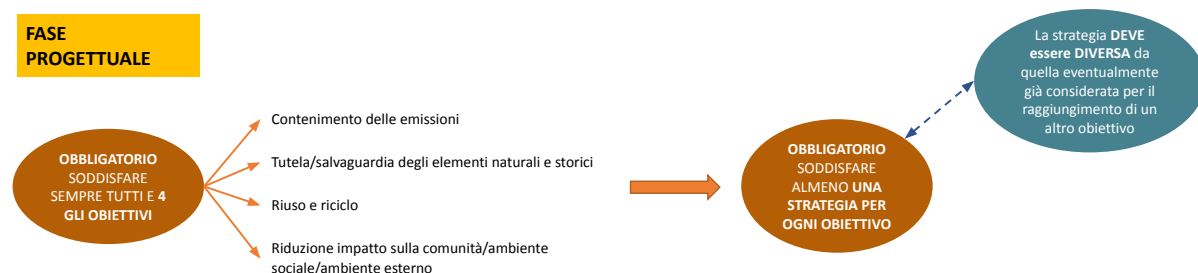


Figura 7 – Adempimenti minimi per la scelta delle strategie

Ad esempio, con riferimento alla **Figura 8**, il Progettista perseguendo l’obiettivo 1 può scegliere come prioritaria la strategia numero 3 “Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici” ma, dato che questa è comune anche agli altri obiettivi, nel raggiungimento degli altri dovrà valutare altre strategie.

Ad esempio potrà scegliere la strategia numero 5 “*Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali*” per l’obiettivo 2, la numero 6 “*Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni*” per l’obiettivo 3 e la numero 8 “*Preservazione delle fonti non rinnovabili*” per l’obiettivo 4.

ESEMPIO DI SCELTA DELLE STRATEGIE PER OGNI OBIETTIVO			
1. CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI	2. TUTELA/SALVAGUARDIA DEGLI ELEMENTI NATURALI E STORICI	3. RIUSO E RICICLO	4. RIDUZIONE IMPATTO SULLA COMUNITÀ/AMBIENTE SOCIALE/AMBIENTE ESTERNO
1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere		1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	1. Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere
2. Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive			2. Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive
3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	3. Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici
4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	4. Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)
5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	5. Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali
6. Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni		6. Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	
7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	7. Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto
8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	8. Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche
9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione
10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali	10. Integrazione degli aspetti sociali

Figura 8 – Correlazione tra obiettivi e strategie: esempio applicativo

Non tutte le strategie possono essere applicabili o pertinenti allo scenario di riferimento della specifica infrastruttura, pertanto è il progettista che definisce quali adottare per lo specifico progetto/cantiere, in funzione delle caratteristiche dell’opera infrastrutturale, del contesto nel quale si colloca, e delle relative ricadute sociali, ambientali ed economiche.

In tale ottica, a seconda della specifica tipologia di progetto/cantiere infrastrutturale, il progettista potrà scegliere di applicare una sola (quella definita prioritaria) - o più strategie - per ogni obiettivo, considerando le modalità di scelta degli indicatori descritti di seguito.

6.3 Scelta degli indicatori in funzione delle strategie

Una volta definite le potenziali strategie da perseguire per il raggiungimento di tutti e 4 gli obiettivi, il progettista deve identificare quali indicatori qualitativi o quantitativi utilizzare per misurare la sostenibilità del progetto, in base alle caratteristiche dello stesso. Ogni strategia individuata racchiude infatti un gruppo di indicatori specifici per quella strategia, ciascuno identificato da una lettera, così come definito nel capitolo 5 e come riportato graficamente nella “Matrice Strategie-Indicatori” (cfr. **Allegato 3**), che identifica anche la tipologia dell’indicatore stesso (se qualitativo o quantitativo) e la definizione del calcolo per il suo perseguimento. **Il progettista deve valutare almeno un indicatore per ognuna delle strategie applicabili al proprio progetto, diverso da quello eventualmente già opzionato per un altro obiettivo** (come si evince dall’esempio riportato in **Figura 9**). La scelta degli indicatori dovrà essere effettuata in funzione delle classi di rilevanza commisurate al raggiungimento di ogni specifico obiettivo e sotto descritte.

OBIETTIVO 1 - CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI		OBIETTIVO 2 - TUTELA/SALVAGUARDIA DEGLI ELEMENTI NATURALI E STORICI		OBIETTIVO 3 - RIUSO E RICICLO		OBIETTIVO 4 - RIDUZIONE IMPATTO SULLA COMUNITÀ/AMBIENTE SOCIALE/AMBIENTE ESTERNO	
Strategie	Indicatori	Strategie	Indicatori	Strategie	Indicatori	Strategie	Indicatori
1 - Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A			1 - Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	1 - Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A
	B				B		B
	C				C		C
2 - Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A					2 - Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A
	B						B
3 - Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	3 - Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	3 - Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	3 - Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A
	B		B		B		B
4 - Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	4 - Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	4 - Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	4 - Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
	D		D		D		D
5 - Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	5 - Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	5 - Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	5 - Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
	E		E		E		E
6 - Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	A			6 - Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	A		
	B				B		
7 - Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	7 - Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	7 - Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	7 - Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
	D		D		D		D
8 - Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	8 - Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	8 - Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	8 - Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
9 - Comunicazione	A	9 - Comunicazione	A	9 - Comunicazione	A	9 - Comunicazione	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
	D		D		D		D
10 - Integrazione degli aspetti sociali	A	10 - Integrazione degli aspetti sociali	A	10 - Integrazione degli aspetti sociali	A	10 - Integrazione degli aspetti sociali	A
	B		B		B		B
	C		C		C		C
	D		D		D		D

Figura 9 – Criteri di scelta degli indicatori

Per ogni indicatore, all'interno del presente documento è stato infatti definito un **valore (classe di rilevanza)** commisurato all'importanza che quello specifico indicatore assume per il perseguimento dell'obiettivo di riferimento (cfr. Allegato 4). Tale importanza è stata infatti valutata sulla base del reale contributo, in termini quantitativi o qualitativi, che quell'indicatore può apportare al raggiungimento dell'obiettivo, tenendo conto delle best practice e delle esperienze già acquisite nei cantieri funzionali alla realizzazione delle opere infrastrutturali.

La classe di rilevanza è stata identificata con un numero variabile da uno a tre dove rispettivamente:

- “1”: bassa rilevanza;
- “2”: media rilevanza;
- “3”: alta rilevanza.

Questo vuol dire che, nel caso in cui una strategia selezionata dal progettista fosse comune a più obiettivi, uno specifico indicatore relativo a quella strategia, può avere classi di rilevanza differenti in funzione dello specifico obiettivo di sostenibilità cui fa riferimento.

La classe di rilevanza di ogni singolo indicatore rispetto al raggiungimento di ognuno dei 4 obiettivi di sostenibilità è stata considerata potenzialmente applicabile sia in fase di progettazione (per la prima valutazione della sostenibilità del cantiere) sia in fase di realizzazione (per la valutazione della sostenibilità del cantiere anche in riferimento agli esiti della valutazione eseguita in fase progettuale).

Si riporta di seguito un esempio esplicativo (cfr. Figura 10) relativo alla strategia numero 1 “Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere”.

N.	Strategie	Indicatori	OBIETTIVO 1 Contenimento delle emissioni	OBIETTIVO 2 Tutela e salvaguardia degli elementi naturali e storici	OBIETTIVO 3 Riuso e riciclo	OBIETTIVO 4 Riduzione impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno
			CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO
1	Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A Coefficiente di riutilizzo interno	3		3	1
		B Coefficiente di autosufficienza/autonomia	3		3	1
		C Efficienza di riutilizzo	2		3	1

Figura 10 – Scelta degli indicatori in funzione della classe di rilevanza

Come si evince dalla Figura soprastante, la strategia numero 1 è comune agli obiettivi 1, 3 e 4 e gli indicatori di riferimento hanno classi di rilevanza differenti. Ad esempio, l'indicatore “A) Coefficiente di riutilizzo interno” è stato valutato con “3” per gli obiettivi 1 e 3, mentre con “1” per l'obiettivo 4.

Il progettista sceglie pertanto gli indicatori in base alle specificità del progetto, alle relative condizioni al contorno e alla classe di rilevanza, tenendo conto di non poter utilizzare lo stesso indicatore per il perseguimento di un altro obiettivo nel caso in cui vi siano strategie comuni ad obiettivi differenti.

Per cui, ad esempio, se vengono scelte come prioritarie le seguenti strategie e i relativi indicatori:

- **strategia 3** ► indicatore B per l'obiettivo 1;
- **strategia 5** ► indicatore B per l'obiettivo 2;
- **strategia 6** ► indicatore A per l'obiettivo 3;
- **strategia 8** ► indicatore B per l'obiettivo 4;

e successivamente il progettista ritiene di poter opzionare la strategia 5 anche per il perseguimento dell'obiettivo 1, dato che tale strategia è stata già utilizzata per l'obiettivo 2 attraverso l'indicatore B, in questo caso il progettista dovrà utilizzare un altro indicatore, ad esempio il D. Lo stesso dicasi se, sempre attraverso la strategia 5, si vuole perseguire anche l'obiettivo 3 per il quale si dovrà ad esempio scegliere l'indicatore C. Se infine, il progettista ritiene di opzionare la medesima strategia 5 anche per il perseguimento dell'obiettivo 4, allora dovrà necessariamente valutare l'indicatore A in quanto gli altri sono già stati utilizzati per il raggiungimento dei precedenti obiettivi perseguiti.

Secondo tale approccio, quindi, un esempio di strategie ed indicatori da utilizzare per il perseguimento dei 4 obiettivi potrebbe essere il seguente:

- **Obiettivo 1:**
 - Strategia 3 ► indicatore B
 - Strategia 5 ► indicatore D
- **Obiettivo 2:**
 - Strategia 5 ► indicatore B
 - Strategia 7 ► indicatore C
- **Obiettivo 3:**
 - Strategia 5 ► indicatore C
 - Strategia 6 ► indicatore A
- **Obiettivo 4:**
 - Strategia 3 ► indicatore A
 - Strategia 5 ► indicatore A
 - Strategia 8 ► indicatore B

che dimostra che nessun indicatore è stato valutato più di una volta per il perseguimento di obiettivi diversi.

Le 10 strategie individuate dal presente documento, così come i 4 obiettivi di sostenibilità, non sono state numerate secondo un ordine prioritario, pertanto la scelta degli indicatori da valutare all'interno della singola strategia per il perseguimento di un determinato obiettivo non deve necessariamente seguire un ordine di selezione, ma deve essere effettuata in riferimento al quadro generale del progetto e del cantiere, tenendo conto delle classi di rilevanza che, a seconda dei diversi obiettivi cui sono riferite, potrebbero concorrere al raggiungimento di un maggior punteggio. Nella scelta degli indicatori da perseguire, il progettista potrà definire quindi gli **indicatori** relativi allo specifico progetto, **definendo** per ognuno **le caratteristiche soglia di riferimento progettuale**, che dipenderanno dalla specificità del progetto e dalle strategie progettuali implementate, oltre che dalla tipologia dell'indicatore stesso (se qualitativo o quantitativo).

Pertanto se, ad esempio, la valutazione in fase progettuale dell'indicatore A relativo alla strategia 1 (indicatore di tipo "quantitativo") consente di individuare un coefficiente di riutilizzo interno pari al 30%, quella rappresenterà la soglia di riferimento progettuale da considerare per il potenziale miglioramento nella successiva fase di realizzazione del cantiere. Lo stesso dicasi per gli indicatori di tipo qualitativo: se, ad esempio, il progettista ritiene di avere elementi sufficienti alla valutazione dell'indicatore A relativo alla strategia 4 e definisce un piano dei trasporti di cantiere relativo alla fase progettuale, quanto in esso contenuto determina gli elementi minimi (ovvero le caratteristiche soglia) da considerare per la successiva fase di realizzazione del cantiere.

Le "caratteristiche soglia di riferimento progettuale" associate agli indicatori quali-quantitativi valutati dal progettista, che concorrono alla determinazione della classe di sostenibilità del progetto descritta di seguito, sono pertanto funzionali alla valutazione della sostenibilità nella successiva fase realizzativa nonché ad una ulteriore eventuale fase di verifica in caso di variazione del contesto.

Infatti è necessario considerare che una determinata strategia e/o indicatore ad essa associato potrebbe subire delle variazioni passando dalla fase progettuale a quella realizzativa, ad esempio per le seguenti cause:

- *motivazioni legate al tempo: alcuni indicatori potrebbero non essere più valutabili, ad esempio in caso di modifica del contesto territoriale, o non contemporaneità con altri cantieri precedentemente considerati;*
- *motivazioni legate alle varianti progettuali: ad esempio in caso di modifiche al programma ed eventuali variazioni alle aree di cantiere.*

Il progettista, oltre ad effettuare le valutazioni di cui sopra, deve anche **definire le modalità di misura e rendicontazione degli indicatori**, in modo da documentare opportunamente le scelte effettuate e monitorare l'evoluzione delle "caratteristiche soglia di riferimento" che concorrono all'attribuzione dei c.d. punteggi "bonus" descritti di seguito.

6.4 Definizione della classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto

Una volta definite le strategie e i relativi indicatori per il perseguimento dei 4 obiettivi di sostenibilità, scelti sulla base delle relative classi di rilevanza e delle caratteristiche del contesto, il progettista effettua la valutazione complessiva della sostenibilità del cantiere in fase di progetto, funzione dei punteggi relativi agli indicatori considerati (cfr. **Figura 11**).

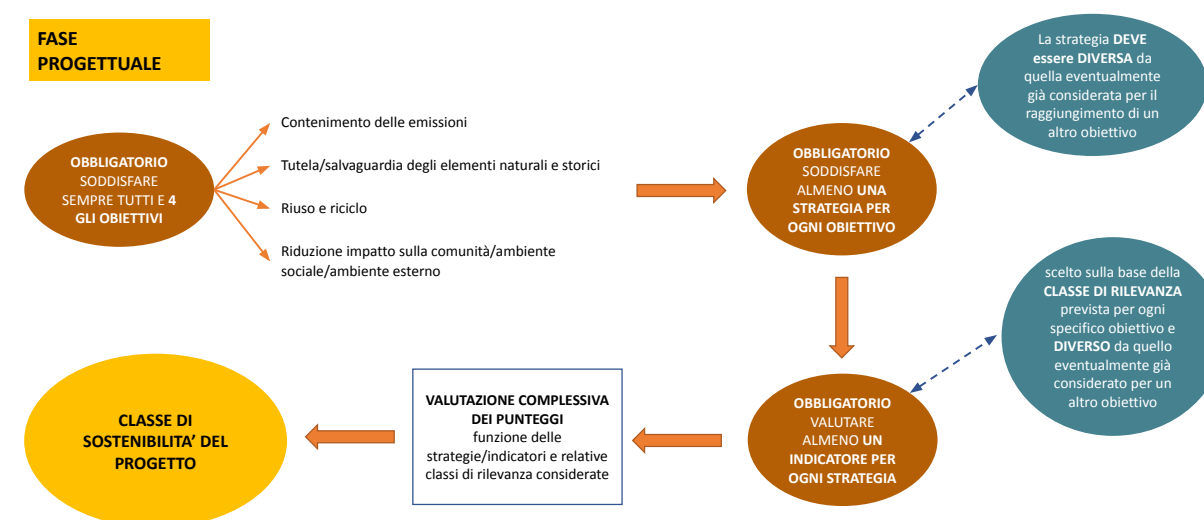


Figura 11 – Valutazione della classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto

In base alle classi di rilevanza identificate per ogni indicatore (cfr. **Allegato 4**), nella valutazione complessiva della sostenibilità e quindi dei 4 obiettivi, il **numero massimo di punteggi** che un cantiere in fase di progetto può raggiungere considerando le regole descritte nei paragrafi precedenti è pari a **77**, corrispondente alla somma delle classi di rilevanza con punteggio maggiore considerando tutti gli indicatori per il perseguimento dei 4 obiettivi.

In questo modo è quindi possibile definire, in fase progettuale, **la classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto**, secondo la seguente formula:

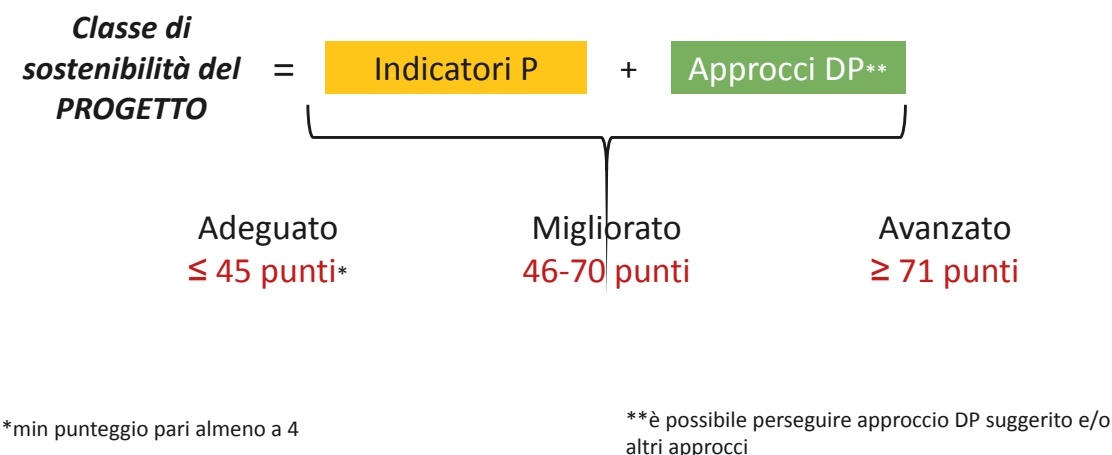


Figura 12 – Calcolo della classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto

Come si evince dalla **Figura 12** sopra riportata, la classe di sostenibilità in fase progettuale è definita come somma dei punteggi definiti di seguito:

- **Indicatori P:** punteggio relativo agli indicatori considerati e valutati nella fase PROGETTUALE [P] per il perseguimento di uno specifico obiettivo, funzione dello specifico progetto. Il valore attribuito a ciascun indicatore è, come precedentemente detto, riconducibile alla classe di rilevanza specifica associata allo stesso per il perseguimento di un determinato obiettivo. Secondo quanto indicato sopra relativamente alla necessità di dover valutare almeno un indicatore della c.d. strategia prioritaria per il raggiungimento dei 4 obiettivi, il minimo punteggio ottenibile dagli indicatori P è pari a 4;

- **Approcci DP:** punteggio raggiungibile per ogni specifico indicatore attraverso l'applicazione degli approcci digitali propri della fase progettuale [DP]. A tali approcci, per la cui descrizione si rimanda a quanto riportato nel successivo Capitolo 7, è attribuito il seguente punteggio:

- o **0,1 punti** nel caso in cui il progettista preveda l'applicazione di uno o più approcci digitali previsti per la fase progettuale, identificati come DP1-DP10;
- o **0,2 punti** o nel caso in cui, tra i suddetti approcci disponibili, il progettista preveda di applicare il c.d. "approccio suggerito".

Il progettista può quindi perseguire **tre livelli di sostenibilità del cantiere in fase di progetto:**

- **ADEGUATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio ≤ 45 punti;
- **MIGLIORATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio compreso nel range **tra 46 e 70 punti**;
- **AVANZATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio ≥ 71 punti.

È pertanto evidente che, rispetto ai punteggi raggiungibili attraverso le classi di rilevanza associate ad ogni singolo indicatore valutato dal progettista, l'applicazione degli approcci digitali consente di perseguire un maggior livello di sostenibilità del cantiere in fase di progetto.

Il flusso schematico è rappresentato come segue:

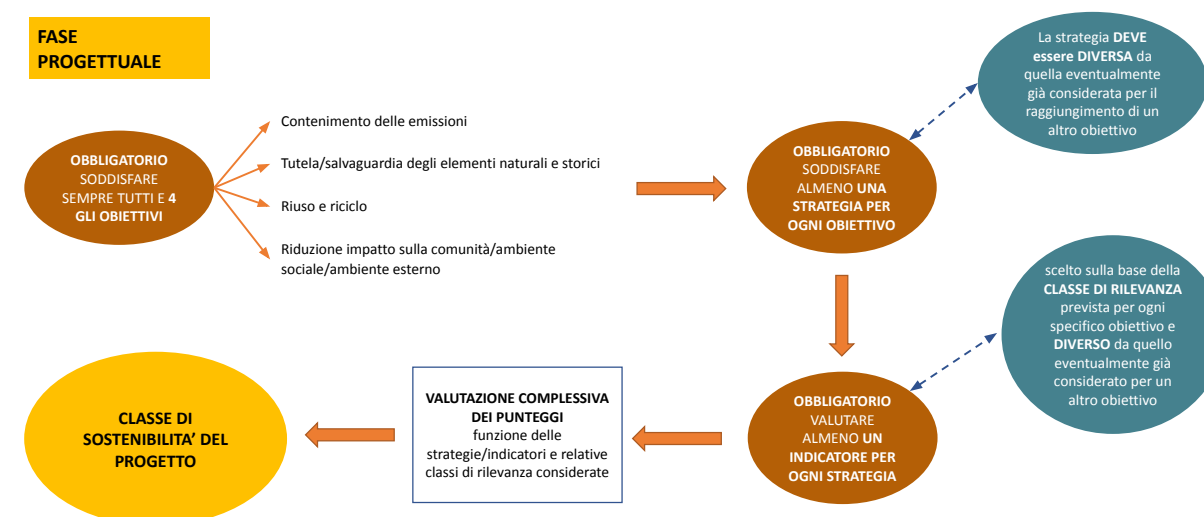


Figura 13 – Flusso schematico dell'applicazione del documento in fase progettuale

6.5 Definizione della classe di sostenibilità del cantiere in fase di realizzazione

Sulla base di quanto sopra esposto e come definito inizialmente, la valutazione e quindi la massimizzazione della sostenibilità del cantiere parte sin dalla fase progettuale attraverso il progettista che delinea le strategie progettuali che, nella successiva fase di realizzazione il cantiere traduce e trasforma in azioni concrete.

A seguito della valutazione descritta nel precedente paragrafo, il presente documento prevede che, nella successiva fase di realizzazione, l'Impresa possa implementare il proprio sistema di cantierizzazione in modo da confermare o migliorare la classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto ottenuta precedentemente.

Nel dettaglio, **la classe di sostenibilità del cantiere**, si ottiene secondo il seguente schema:

- L'Impresa può scegliere di valutare ulteriori indicatori quali-quantitativi, definiti indicatori R rispetto a quelli identificati nella fase di progetto, associando agli stessi la corrispondente classe di rilevanza relativa all'obiettivo considerato;
- L'Impresa può migliorare la soglia degli indicatori identificati in fase progettuale, ottenendo, in tal modo, un punteggio "bonus";
- L'Impresa può applicare gli Approcci Digitali (DR) sia agli indicatori già valutati in fase di progetto dal progettista, sia agli ulteriori indicatori valutati in fase di realizzazione.

In questo modo è quindi possibile definire, in fase progettuale, **la classe di sostenibilità del cantiere**, secondo la seguente formula:

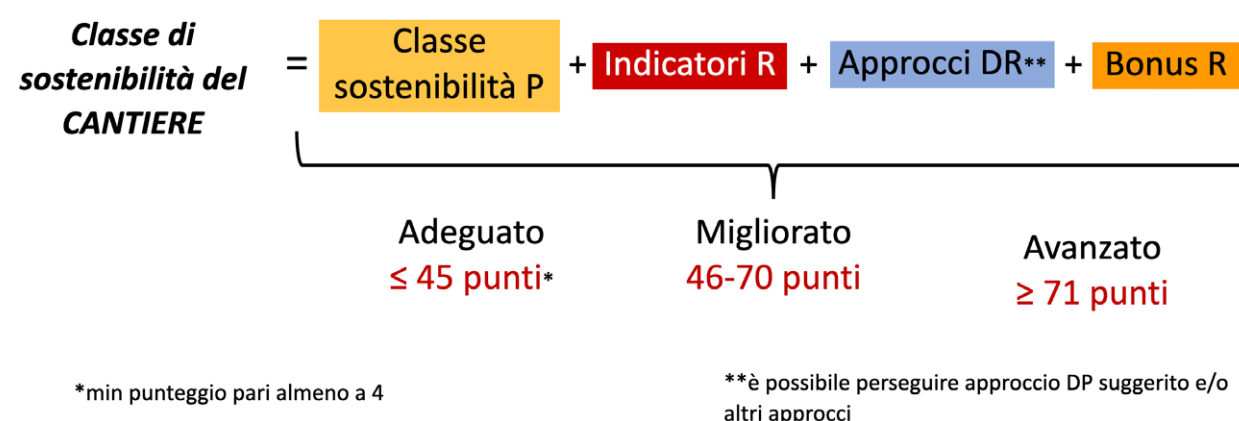


Figura 14 – Calcolo della classe di sostenibilità del cantiere

Come si evince dalla Figura sopra riportata, la classe di sostenibilità in fase di realizzazione è definita come somma dei punteggi definiti di seguito:

- **Classe di sostenibilità del progetto P:** punteggio ottenuto dal progetto come valutato nel paragrafo precedente;
- **Indicatori R:** punteggio relativo agli indicatori considerati e valutati nella fase realizzativa [R] per il perseguimento di uno specifico obiettivo, funzione dello specifico progetto. Il valore attribuito a ciascun indicatore è, come precedentemente detto, riconducibile alla classe di rilevanza specifica associata allo stesso per il perseguimento di un determinato obiettivo.

- **Bonus R:** punteggio ottenuto moltiplicando il valore della classe di rilevanza dell'indicatore definito in fase progettuale, per un fattore paria a 0,2. Tale bonus è ottenibile solo nel caso in cui l'impresa migliori le caratteristiche soglie di riferimento definite in fase progettuale per quello specifico indicatore.

Con riferimento all'esempio del paragrafo precedente, se per l'indicatore A relativo alla strategia 1 (indicatore di tipo "quantitativo") era stata definita una soglia di riferimento progettuale pari al 30%, e in fase realizzativa l'Impresa riesce ad ottenere un coefficiente di riutilizzo interno pari al 50%, per quell'indicatore l'impresa potrà usufruire del bonus. Lo stesso dicasi per gli indicatori qualitativi per i quali l'impresa potrà definire un maggior livello di dettaglio rispetto ai contenuti minimi precedentemente definiti dal progettista.

- **Approcci DR:** punteggio raggiungibile per ogni specifico indicatore attraverso l'applicazione degli approcci digitali propri della fase realizzativa [DR]. A tali approcci, per la cui descrizione si rimanda a quanto riportato nel successivo Capitolo 7, è attribuito il seguente punteggio:

- **0,1 punti** nel caso in cui l'Impresa preveda l'applicazione di uno o più approcci digitali previsti per la fase realizzativa, identificati come DR1-DR10;
- **0,2 punti** o nel caso in cui, tra i suddetti approcci disponibili, l'Impresa preveda di applicare il c.d. "approccio suggerito".

Nell'ottica di massimizzare la sostenibilità del cantiere, l'Impresa può contribuire al miglioramento della classe di sostenibilità ottenuta dal progetto ottenendo un nuovo punteggio che definisce **il livello di sostenibilità finale del cantiere**.

Il flusso riepilogativo è definito nell'immagine di seguito riportata:

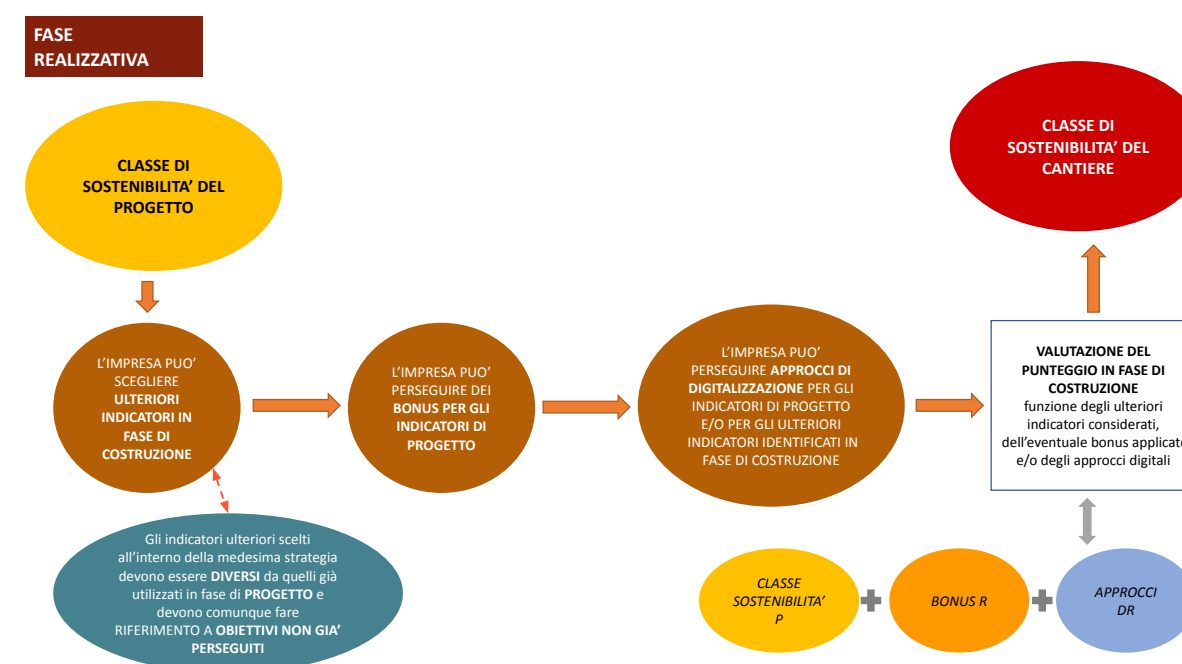


Figura 15 – Flusso schematico dell'applicazione del documento in fase realizzativa

Nell'**Allegato 5** è riportato un esempio di calcolo per l'applicazione del presente documento sia in fase progettuale che in fase realizzativa.

6.6 Definizione della classe di sostenibilità del cantiere nella sola fase di realizzazione

Laddove il presente documento non sia stato già applicato in fase di progetto, è comunque possibile adottarlo direttamente in fase realizzativa.

Tale eventualità potrebbe presentarsi, ad esempio nel caso in cui vi è stata una richiesta della stazione appaltante o come scelta virtuosa dell'impresa.

La modalità di calcolo del livello di sostenibilità del cantiere è la medesima già esplicitata nel paragrafo 6.4 con esplicito riferimento alla fase di realizzazione e non a quella progettuale.

In questo modo la **classe di sostenibilità del cantiere** è definita secondo la seguente formula:

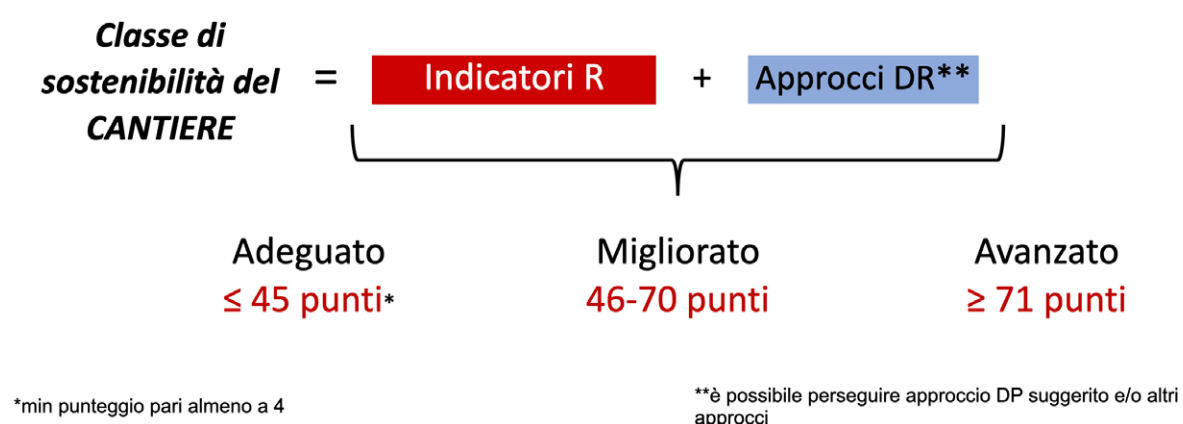


Figura 16 – Calcolo della classe di sostenibilità del solo cantiere

- **Indicatori R:** punteggio relativo agli indicatori considerati e valutati nella fase REALIZZATIVA [R] per il perseguimento di uno specifico obiettivo, funzione dello specifico progetto.

- **Approcci DR:** punteggio raggiungibile per ogni specifico indicatore attraverso l'applicazione degli approcci digitali propri della fase realizzativa [DR]. A tali approcci, per la cui descrizione si rimanda a quanto riportato nel successivo Capitolo 7, è attribuito il seguente punteggio:

o **0,1 punti** nel caso in cui l'Impresa preveda l'applicazione di uno o più approcci digitali, identificati come DR1-DR10;

o **0,2 punti** punti o nel caso in cui, tra i suddetti approcci disponibili, l'Impresa preveda di applicare il c.d. "approccio suggerito".

L'Impresa potrà quindi perseguire **tre livelli di sostenibilità del cantiere:**

- **ADEGUATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio ≤ 45 punti;

- **MIGLIORATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio compreso nel range **tra 46 e 70 punti**;

- **AVANZATO:** ovvero aver applicato il presente documento attraverso strategie e indicatori che permettono il raggiungimento di un punteggio ≥ 71 punti.

Nel ribadire i principi ispiratori alla base del presente documento per il quale il cantiere sostenibile si sviluppa sin dalla fase progettuale, è evidente che il livello di sostenibilità finale di un cantiere sarà più elevato nel caso in cui l'applicazione del documento sia stata avviata dalla fase progettuale.

Si riporta di seguito lo schema di dettaglio:

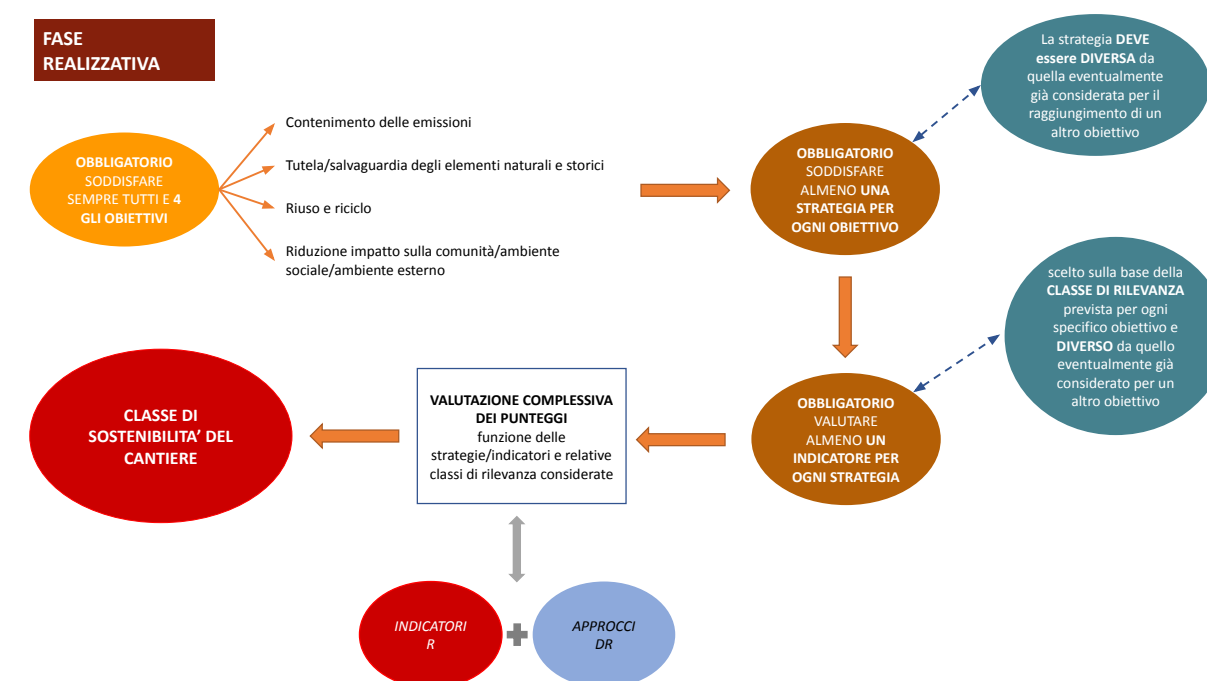


Figura 17 – Flusso schematico dell'applicazione del documento solo in fase realizzativa

6.7 Ulteriori considerazioni per l'applicazione del documento

Come già argomentato sopra, il presente documento si pone l'obiettivo di fornire degli strumenti operativi e non vincolanti per la valutazione della sostenibilità di un cantiere infrastrutturale. In riferimento alle specifiche tipologie di appalto usualmente adottate per la realizzazione delle opere infrastrutturali oggetto del presente documento, per dar seguito all'approccio metodologico che mira all'integrazione della sostenibilità in tutte le fasi, la stazione appaltante potrà prevedere l'inserimento di criteri premiali specifici per stimolare concretamente il perseguimento degli obiettivi di sostenibilità del cantiere infrastrutturale. È evidente che, a seconda della specificità dell'appalto, l'applicazione del documento e la valutazione degli indicatori per il calcolo della sostenibilità del progetto e del cantiere dovrà essere effettuata in coerenza con gli eventuali manuali di progettazione e capitolati tecnici indicati dalla stazione appaltante.

Potrà, peraltro, essere integrata la Convenzione d'Appalto con uno specifico articolo contrattuale in tema di sostenibilità per indirizzare l'impresa nell'adozione di soluzioni tecniche e modalità operative per realizzazione un cantiere sostenibile.

In tale ottica, sarà discrezione della stazione appaltante valutare la possibilità di inserire un'ulteriore fase di definizione della classe di sostenibilità del cantiere nell'espletamento delle attività negoziali, prevedendo opportuni criteri migliorativi in fase di gara (criteri premiali) ed eventualmente richiedendo ai concorrenti l'applicazione del presente documento sulla propria offerta tecnica migliorativa (criteri obbligatori), fatta eccezione per eventuali indicatori la cui valutazione risulta riconducibile o strettamente correlata all'adempimento di obblighi di legge.

In alternativa la stazione appaltante potrà valutare di mettere il presente documento a base di gara, richiedendo invece la valutazione della sostenibilità direttamente al termine del cantiere, per la cui casistica si rimanda al precedente paragrafo.

In coerenza con le valutazioni del progettista la stazione appaltante può infatti individuare, per l'aggiudicazione dei lavori, i criteri premianti e gli elementi oggettivi di valutazione, necessari per formulare l'assegnazione punti e la graduatoria.

In linea con quanto precedentemente descritto sulla valutazione della sostenibilità in fase realizzativa, in caso di applicazione del presente documento in fase di gara i criteri premianti potranno essere legati al miglioramento delle caratteristiche soglia di riferimento individuate in fase di progettazione (medesimo concetto del punteggio "bonus") e/o all'integrazione di ulteriori indicatori tra quelli presenti nel documento (medesimo concetto degli Indicatori R).

Tutte le prestazioni minime individuate nel progetto e quelle proposte nell'offerta tecnica (quindi in sede di gara) dall'aggiudicatario confluiranno tra le specifiche clausole ed obblighi contrattuali. Sulla base di quanto definito dalla stazione appaltante, in sede di gara i concorrenti potranno pertanto dover fornire idonea documentazione a supporto di quanto dichiarato nonché i criteri per la rendicontazione degli indicatori in fase di esecuzione dei lavori.

Sarà pertanto discrezione della stazione appaltante prevedere l'applicazione di opportuni sistemi di monitoraggio e controllo degli indicatori in fase realizzativa, anche attraverso un presidio strutturato sul Sistema di Gestione Ambientale che la stessa impresa sarà eventualmente tenuta ad implementare.

Il miglioramento della sostenibilità può pertanto avvenire in fase di gara, su proposta della stazione appaltante, mediante formulazione di una offerta tecnica vincolante, oppure in fase di esecuzione anche su proposta dell'impresa.

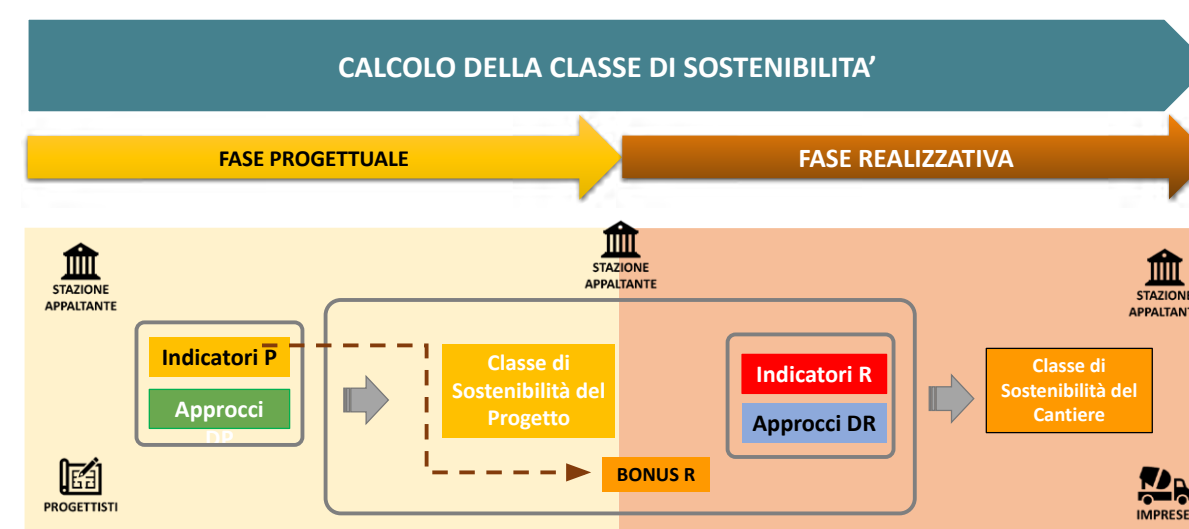


Figura 18 – Schema riepilogativo applicazione del documento per il Cantiere Sostenibile

7. POSSIBILI APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE RISPETTO AGLI INDICATORI DI SOSTENIBILITÀ

Sulla base di quanto descritto in precedenza e in sintonia con l'impostazione metodologica di dettaglio proposta dal presente documento si evidenziano alcuni possibili approcci associati al tema della digitalizzazione con l'intenzione di supportare l'applicazione, il controllo e il monitoraggio degli indicatori di sostenibilità così come riportato al capitolo 5. Il contributo della digitalizzazione, in quest'ottica, rappresenta un aspetto premiale nell'ideazione e realizzazione di un cantiere sostenibile.

Questo processo è, nei suoi principi generali, sostanzialmente in linea con quanto previsto dal Decreto Ministeriale n.312 del 2021, anticipato in precedenza e relativo alle Modifiche al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 1° dicembre 2017, n.560 (Modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture).

In particolare, si riporta di seguito l'Art. 7-bis del suddetto Decreto, relativo ai punteggi premiali.

1. Le stazioni appaltanti possono introdurre, nell'ambito dei criteri di aggiudicazione dell'offerta e nel rispetto di quanto previsto dall'articolo 95 del medesimo codice, punteggi premiali per l'uso di metodi e strumenti elettronici specifici. Nell'ambito di tali criteri possono rientrare, a titolo esemplificativo:

- a. *proposte metodologiche per integrare gli aspetti di **gestione del progetto con la gestione della modellazione informativa**;*
- b. *proposte metodologiche per l'implementazione dell'offerta di gestione informativa e del piano di gestione informativa in relazione alle **esigenze di cantierizzazione**, anche con strumenti innovativi di **realtà aumentata e di interconnessione tra le entità presenti in cantiere**;*
- c. *proposte metodologiche volte a consentire **un'analisi efficace dello studio**, tra l'altro, di **varianti migliorative** e di mitigazione del rischio;*
- d. *proposte che consentano alla stazione appaltante di disporre di dati e informazioni utili per l'esercizio delle proprie funzioni ovvero per il mantenimento delle caratteristiche di **interoperabilità** dei modelli informativi;*
- e. *previsione di modalità digitali per la tracciabilità dei materiali e delle forniture e per la **tracciabilità** dei processi di produzione e montaggio, anche ai fine del controllo dei costi del ciclo di vita dell'opera;*

- f. *proposte volte ad utilizzare **i metodi e gli strumenti elettronici per raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale** anche attraverso i principi del green public procurement;*
- g. *previsione di strumenti digitali per aumentare **il presidio di controllo sulla salute e sicurezza dei lavori** e del personale coinvolto nell'esecuzione;*
- h. *previsione di modelli digitali che consentano di **verificare l'andamento della progettazione e dei lavori** e/o che consentano di mantenere sotto controllo costante le prestazioni del bene, compresi i **sistemi di monitoraggio e sensoristica**;*

2. Ulteriori criteri premiali possono prevedere l'assegnazione di un punteggio aggiuntivo all'offerente che impieghi metodi e strumenti digitali che consentano alla stazione appaltante di **monitorare, in tempo reale, l'avanzamento del cronoprogramma e dei costi dell'opera".**

Per una maggiore facilità di lettura del seguente documento, vengono di seguito descritti separatamente i potenziali approcci di digitalizzazione proposti per la fase di progettazione e quelli per la realizzazione del cantiere, pur non essendovi una netta separazione tra i due stage.

Si ricorda a tal proposito che la valutazione complessiva della sostenibilità del cantiere deve essere effettuata inizialmente in fase progettuale e successivamente al termine della realizzazione del cantiere. Il legame tra approcci e indicatori di seguito riportato è uno dei possibili riferimenti che il presente documento vuole fornire, pertanto non è da intendersi come un esempio omnicomprensivo. Si veda anche la matrice degli indicatori dove sono stati suggeriti, per ciascun indicatore, gli approcci di digitalizzazione ritenuti più efficaci.

Inoltre, tra i possibili approcci, si è concordato di indicare quello ritenuto più meritevole sulla base di un equilibrio tra applicabilità, efficacia e sostenibilità economica.

7.1 Approcci di Digitalizzazione per la fase di Progettazione (DPn)

• DP1 – Utilizzo di database informativi e Ambienti di Condivisione Dati

La digitalizzazione è un potenziale facilitatore strategico, in grado di migliorare il processo decisionale relativamente alla progettazione e gestione di un cantiere sostenibile.

I database informativi possono essere visti come contenitori di dati e informazioni relative a tutte le discipline, a tutte le fasi, in stretta relazione tra loro, sempre consultabili, tracciabili e modificabili nel tempo. Ciò significa mettere a disposizione i dati di partenza (informazioni preesistenti all'opera, dati sul contesto esistente, schede prodotto per *carbon footprint*...) così come gestire in maniera organizzata le informazioni prodotte nell'iter progettuale e condividerle opportunamente tra gli attori coinvolti.

Quando si producono le informazioni, le si devono gestire e veicolare. Le norme volontarie UNI 11337 introducono tre concetti relativi alla condivisione delle informazioni:

- Ambiente di condivisione dati (ACDat): ambiente di raccolta organizzata e condivisione dei dati relativi a modelli ed elaborati digitali, riferiti ad una singola opera o ad un singolo complesso di opere. Corrispondente al termine anglosassone CDE: Common Data Environment;
- Archivio di condivisione documenti (ACDoc): archivio di raccolta organizzata e condivisione di copie di modelli e copie od originali di elaborati su supporto non digitale, riferiti ad una singola opera o a un singolo complesso di opere. Corrisponde al termine anglosassone: Data Room;
- Piattaforma collaborativa digitale: ambiente digitale per la raccolta organizzata e la condivisione di dati, informazioni, modelli, oggetti, ed elaborati, riferiti alla filiera delle costruzioni: prodotti risultanti, prodotti componenti e processi (oggetti, soggetti, azioni).

I maggiori vantaggi derivanti dal loro utilizzo, li possiamo trovare nella condivisione delle informazioni tra le figure coinvolte nel processo progettuale e costruttivo, nella sicurezza dei trasferimenti delle stesse e nell'individuazione di eventuali conflitti tra gli elementi già in fase di progettazione del cantiere. Tutto questo genera qualità e migliore controllo dei tempi, dei costi e implica un cambio di paradigma, perché l'implementazione della metodologia all'interno dell'azienda comporta un cambio nei processi operativi, strumenti hardware e software rispondenti alle nuove esigenze, adeguata formazione del personale.

• DP2 - Rilievo dello stato di fatto tramite tecnologie innovative

Il rilievo dello stato di fatto con tecnologie innovative (quali ad esempio droni, laser scanner, dati satellitari) offre numerosi vantaggi e consente di ottenere restituzioni e modellazioni accurate della situazione esistente (modello As-Is), da utilizzare come supporto per le successive fasi di progettazione (ad esempio riportare il rilievo 3D in ambiente BIM come base per una progettazione coordinata).

Questo approccio consiste nell'utilizzo di strumenti, principalmente laser scanner, che permettono di acquisire grosse moli di dati (nuvole di punti) che successivamente possono essere utilizzate come riferimento per la creazione di modelli BIM di progetto. Un rilievo con tali tecnologie permette di operare in velocità e acquisire un numero elevato di informazioni.

Un laser scanner può misurare rapidamente e con precisione millimetrica la posizione di qualsiasi punto purché sia raggiungibile fisicamente dal laser. Un siffatto rilievo può essere integrato nel flusso di lavoro BIM (Scan To BIM) consentendo un workflow senza soluzione di continuità

per la successiva fase di progettazione.

Mentre il laser scanner è più adatto per il rilievo di manufatti esistenti, altre tecniche di rilievo, ad es. la fotogrammetria, il LiDAR, le immagini satellitari, sono più adeguate a rilevare informazioni sulla morfologia del terreno esistente, al fine di ottenere il cosiddetto DTM (Digital Terrain Model), base fondamentale per la progettazione di qualsiasi infrastruttura. Anche in questo caso si tratta di ottenere dati da utilizzare per la creazione di modelli da integrare e utilizzare come riferimento per la progettazione.

• DP3 - Modellazione informativa e contenuto informativo dei modelli

La modellazione informativa è un'attività nevralgica all'interno del processo di progettazione digitale. Supportata da tecnologie software consente al progettista di realizzare modelli digitali dell'opera in oggetto, curando sia gli aspetti più propriamente geometrici ma anche e soprattutto i contenuti informativi che popolano i vari componenti del progetto.

Questo tipo di attività ha l'obiettivo di tradurre il know how del progettista all'interno degli strumenti di modellazione disciplinare nell'ottica di poter racchiudere l'informazione necessaria alle finalità del progetto. In tal senso la modellazione informativa è guidata da quelli che sono i requisiti informativi progettuali (così come indicato nei piani di Gestione Informativa) specifici per la singola commessa e differenziati in base alle fasi del ciclo vitale dell'opera. Inoltre, i modelli informativi, risultato dell'attività in questione, sono predisposti secondo specifici obiettivi e altrettanti usi. Si pensi, ad esempio, al possibile uso del modello di estrazione dati quantitativi e costi finalizzato all'obiettivo del computo metrico estimativo. Inoltre, la modellazione si lega strettamente al tema del livello di fabbisogno informativo o *Level Of Information Need* così come indicato dalle ISO 19650 e dalla UNI EN 17412-1:2021.

Riguardo il cantiere sostenibile, dunque, vi è la possibilità di identificare e collocare in maniera strutturata e rielaborabile digitalmente le informazioni nei modelli, in maniera utile al controllo di molti degli indicatori previsti. Ciò può comprendere valori sintetici per le proprietà associate ai componenti del progetto (es. il volume di un elemento), piuttosto che rimandi a schede informative o documentazione tecnica di dettaglio allocata in opportuno database, anche al di fuori dell'ambiente di modellazione. Il dato è utile sia a un suo utilizzo internamente al modello, ma anche e soprattutto per una sua rielaborazione successiva, attraverso il trasferimento e riutilizzo del modello da parte di un altro soggetto interessato. In questo senso l'identificazione di specifici BIM Uses (o utilizzi dei modelli informativi) rappresenta un'attività fondamentale per la valorizzazione dell'informazione da produrre, trasferire e utilizzare.

• DP4 - Potenzialità di analisi e calcolo degli strumenti software

La metodologia BIM, parte di un più ampio processo di digitalizzazione, non si limita all'utilizzo di software per la modellazione di elementi ed opere, nei fatti abilita un approccio collaborativo che coinvolge le diverse discipline influenzando inevitabilmente anche il *design* degli elementi

progettuali. Tale approccio supporta i progettisti nella stesura di progetti il più possibile coordinati ed ottimizzati. Ad oggi gli strumenti più utilizzati sono quelli che permettono, in un workflow BIM, le analisi: strutturale, energetica, geotecnica. Tali software sono dei veri e propri strumenti di analisi, verifica, progettazione, dotati di funzionalità che permettono la modellazione geometrica e l'interoperabilità (import/export di modelli analitici e geometrici in diversi formati) con i software di model authoring, integrandosi così in un flusso senza soluzione di continuità, che permette di ottimizzare i processi di design e le soluzioni progettuali. In tal senso si può anche ricorrere al computational design, utilizzato sia come strumento per attività ricorsive sia per la gestione ed il trasferimento dei dati tra i vari software nelle situazioni in cui il dialogo tra questi non risulti diretto.

▪ DP5 - Sviluppo di simulazioni, training e creazione scenari dedicati

Uno dei possibili approcci di digitalizzazione riguarda, come è noto, la virtualizzazione delle opere da realizzare. Questa attività consente pertanto di abilitare simulazioni utili a rappresentare in una fase progettuale possibili scenari, impatti dell'opera da realizzare, situazioni realistiche che si verificheranno in cantiere, evidenziazione di criticità.

Questo tema può pertanto rientrare in applicazioni dedicate e mirate sul progetto, inserendosi in percorsi di training e addestramento del personale che sarà coinvolto nella realizzazione dell'opera. In questo modo gli addetti ai lavori sono in grado di visualizzare in anticipo le situazioni che si andranno a generare una volta che il sito di costruzione sarà avviato.

La possibilità di studiare le problematiche di progetto in questo modo consente sia di evidenziare facilmente elementi critici, anche dall'ufficio, prima ancora di raggiungere il cantiere. Inoltre, la creazione di scenari dedicati a situazioni particolarmente critiche può agevolare il personale nell'apprendimento delle operazioni necessarie a gestire e risolvere la suddetta criticità.

Si pensi ad esempio alle lavorazioni da condurre in contesti particolarmente pericolosi e le relative operazioni necessarie da effettuare per operare in sicurezza. Oppure alla simulazione di eventi di incendio, fuga di gas o simili che richiedono un pronto intervento da parte degli operatori sul campo, chiamati a contenere la criticità o semplicemente a mettersi in condizioni di sicurezza.

In questo insieme sono molteplici le possibilità a disposizione, certamente il ricorso a tecnologie e ambienti di Virtual Reality (VR) consente all'operatore di immergersi in prima persona in un contesto virtuale, pensato su misura per avviare scenari dedicati alla simulazione delle situazioni più utili al progetto. Grazie alla possibilità di sfruttare le leggi della fisica comprese in suddetti sistemi, questa sorta di universo parallelo assicura un certo grado di realismo e determinati gradi di libertà e operazioni a disposizione dell'utente per la risoluzione di un problema o un task da portare a termine, che si tratti del controllo della presenza di un elemento, della compilazione di una checklist, fino all'interazione con un evento critico o la risoluzione di una situazione di emergenza.

▪ DP6 - Validazione modelli informativi tramite *model & code checking*

La predisposizione dei modelli informativi è un'attività che consente di popolare la progettazione con i contenuti informativi fondamentali per il progetto. Altrettanto importante è il controllo e la validazione delle suddette modellazioni attraverso il *model & code checking*.

Questo approccio ambisce all'ottenimento di modelli corretti e cantierabili, anche definiti come *constructible models*. All'interno di questa metodologia si inseriscono le analisi delle incoerenze informative (afferenti al *model & code checking* vero e proprio) e le analisi delle interferenze (clash detection) tra le varie discipline progettuali. Tra i vari software disponibili si cita ad esempio Solibri. Ai fini delle attività di coordinamento e validazione dei modelli è possibile utilizzare formati aperti (metodologia openBIM). In particolare, lo standard internazionale aperto Industry Foundation Classes (IFC – UNI EN ISO 16739) fondamentale per trasportare geometrie e informazioni dei modelli così come il formato BCF (BIM Collaboration Format) indispensabile per tracciare le comunicazioni inerenti alle criticità, problematiche, commenti, richieste di informazioni associate ai modelli oggetto della validazione.

Su questo tema si ricorda anche quanto suggerito dalle norme UNI 11337:

i. *Analisi delle interferenze (clash detection)*

Al fine della determinazione delle interferenze nel Capitolato Informativo e nel piano di Gestione Informativa, si determina la tipologia di matrici di corrispondenza (di I, II, III livello) fra i modelli, gli elaborati e gli oggetti da sottoporre a verifica delle interferenze. Matrici di corrispondenza per il coordinamento delle interferenze:

- tra oggetti dello stesso modello grafico (LC1);
- tra un modello ed altri modelli grafici (LC2);
- tra un modello grafico ed elaborati (LC3).

ii. *Analisi delle incoerenze (model & code checking)*

Al fine della determinazione delle incoerenze informative, nel Capitolato Informativo e nel piano di Gestione Informativa, si individuano le matrici di corrispondenza (di I, II, III livello) fra i modelli, gli elaborati e gli oggetti da analizzare, rispetto a prestabiliti requisiti da rispettare (normativi, contrattuali, etc.). Nel CI si definiscono i set di regole cui fare riferimento (rule set) verificabili con supporto elettronico ed i criteri di loro misurabilità e verifica. Matrici di corrispondenza per il coordinamento delle interferenze:

- tra gli oggetti di un modello grafico ed i relativi riferimenti da analizzare (LC1);
- tra il modello grafico nel suo insieme ed i relativi riferimenti da analizzare (LC2);
- tra il modello grafico e gli elaborati a esso correlati, ma non automaticamente estratti, ed i relativi riferimenti da analizzare (LC3).

iii. *Risoluzione delle interferenze e delle incoerenze*

Al termine di ogni analisi di coordinamento viene redatto un rapporto delle interferenze e delle incoerenze rilevate e dei soggetti, modelli, oggetti o elaborati coinvolti. Se l'interferenza e/o l'incoerenza è univocamente attribuibile ad un soggetto responsabile, si procede con l'assegnazione della risoluzione al soggetto stesso. In caso di coinvolgimento di più soggetti o di possibili interferenze o incoerenze con altre discipline (e relativi modelli, elaborati od oggetti) si procede con l'indizione di una riunione di coordinamento per un confronto tra i soggetti coinvolti e la definizione del processo di risoluzione.

▪ **DP7 - Rendering e modelli di presentazione per condivisione delle scelte progettuali con gli stakeholder**

La progettazione digitale comprende al proprio interno un elevato grado di dettaglio tecnico gestito dai progettisti, aspetto di fondamentale importanza per la successiva realizzazione dell'opera, ma potenzialmente eccessivo nel momento in cui le suddette soluzioni progettuali debbano essere condivise con una platea più ampia costituita anche da personale non tecnico. Per questo motivo l'attività di creazione di modelli tridimensionali di presentazione e adeguata restituzione grafica (rendering) rappresentano un modo efficace per condividere le scelte progettuali con gli stakeholder.

Questi elementi virtualizzano l'opera attraverso ambiente realistici, di facile comprensione, in grado di mostrare l'adeguato livello di dettaglio dell'opera che si intende realizzare, con particolare riferimento al suo inserimento nel contesto esistente. Per tale motivo queste rappresentazioni sono strumenti utili ad evidenziare gli elementi che impattano sulle comunità e i soggetti interessati, di qualunque livello essi siano. Questo diviene anche un mezzo di discussione riguardo alle esigenze dei soggetti interessati, individuando gli elementi di beneficio che l'opera porterebbe e affrontando e risolvendo le eventuali criticità riscontrate. Si pensi ad esempio alla prevenzione di fenomeni quali la sindrome NIMBY (acronimo inglese per *Not In My Back Yard*, "Non nel mio cortile"). Essa indica la protesta da parte di membri di una comunità locale contro la realizzazione di opere pubbliche con impatto rilevante (ad esempio grandi vie di comunicazione, cave, sviluppi insediativi o industriali, termovalorizzatori, discariche, depositi di sostanze pericolose, centrali elettriche e simili) in un territorio che viene da loro avvertito come vicino ai loro interessi quotidiani, ma che non si opporrebbero alla realizzazione di tali opere se in un altro luogo per loro meno importante.

L'opposizione può essere motivata dal timore di effetti negativi per l'ambiente, di rischi per la salute o sicurezza degli abitanti o di una riduzione dello status del territorio. Poter dunque condividere l'idea progettuale con anticipo contribuisce positivamente nella raccolta di osservazioni e soprattutto nello sviluppo della soluzione progettuale.

▪ **DP8 - Piattaforme per la condivisione tra gli stakeholder delle informazioni associate al cantiere (es. WebGIS, GeoDigitalTwin) comprensive di storicizzazione ed analisi dei dati**

Un sistema informativo geografico (GIS) è un sistema che crea, mappa e analizza informazioni derivanti da dati georeferenziati che possono essere gestiti dal punto di vista geometrico, alfanumerico e topologico. Attraverso mappe tematiche e strumenti di analisi, i GIS consentono l'interpretazione e l'elaborazione delle informazioni gestite, a supporto delle decisioni. Poter contestualizzare un'opera progettata nel territorio, permette di visualizzare le relazioni che si instaureranno con il contesto territoriale in cui è inserita, di identificare i sistemi che saranno interessati e di simulare gli scenari possibili. La possibilità di condividere tra gli stakeholder l'insieme delle informazioni di carattere territoriale pertinenti al progetto, attraverso piattaforme WebGIS o GeoDigitalTwin, favorisce la loro partecipazione alle scelte, consente di rendere intuitiva la navigazione delle informazioni, può permettere l'interazione dei soggetti autorizzati attraverso l'inserimento di ulteriori informazioni o osservazioni, può consentire la sovrapposizione dei dati condivisi con dati proprietari di ciascun attore coinvolto, per la produzione di ulteriori analisi e statistiche, anche sulla base delle serie storiche dei dati, a supporto delle decisioni.

▪ **DP9 - Piattaforma per la predisposizione e gestione del piano di sicurezza e coordinamento (PSC) e di altra documentazione di cantiere**

L'innovazione tecnologica deve trasformare il tradizionale cantiere in un "cantiere digitale", con l'innescio di un circuito virtuoso ed un conseguente innalzamento del livello medio della sicurezza. Esistono svariate soluzioni software in grado di supportare la pianificazione, programmazione e gestione dei progetti e l'esecuzione del cantiere anche utilizzando la capacità visiva grafica ad alta precisione sfruttando le modellazioni informative (es. Synchro Pro).

Quello che occorre fare è una reale "progettazione integrata" per tendere all'eliminazione, o quanto meno alla riduzione massima, dei rischi sul lavoro, principio che è alla base del Testo Unico per la Salute e Sicurezza dei Lavoratori - Dlgs 81/2008.

Il beneficio cardine di questo approccio è la previsione e laddove possibile la simulazione *off-site* di tutte le misure di sicurezza previste nello specifico cantiere, che semplifica, velocizza e rende intuitiva l'individuazione dei rischi interferenziali tra le lavorazioni, migliorando sensibilmente gli standard di sicurezza complessivi.

Le piattaforme per la predisposizione e gestione del piano di sicurezza e coordinamento (PSC), spesso integrate con la tecnologia BIM, agevolano il coordinatore della sicurezza per la progettazione (CSP) nel coadiuvare il team nella scelta di soluzioni progettuali per la minimizzazione dei rischi, con una meta-progettazione del cantiere che identifichi in maniera immediata la

rischiosità delle ipotesi sviluppate e, con l'ulteriore vantaggio, di poterle condividere rapidamente e in forma digitale con le diverse figure coinvolte nel processo edilizio (Direttore dei Lavori, Impresa, etc.). Ciò riguarda varie tipologie di informazioni e, per quanto riguarda le modellazioni informative, può essere supportato dal processo di interoperabilità aperta tramite file di interscambio (quali il già citato IFC), anche in presenza di differenti software di modellazione BIM.

Spesso i livelli di complessità delle lavorazioni, con i fattori di rischio ad esse correlate, sono difficilmente evidenziabili in una rappresentazione bidimensionale, mentre nel modello digitale tale criticità viene superata con semplicità estrema.

Grazie al "modello ergotecnico" (nella norma UNI 11337-4 si differenzia il modello allo "stadio di progettazione" da quello allo "stadio di produzione"), la mancata adozione delle necessarie misure preventive e protettive può essere facilmente rimarcata (ad es. con dei *warning* automatici previsti dalla già citata procedura di *code checking*).

Le tecnologie utilizzate in ambiente digitale possono essere utilmente classificate in funzione dello scopo per cui sono adoperate, cioè per il monitoraggio delle condizioni di sicurezza in cantiere o per l'informazione e la formazione aggiuntiva a quella base dei lavoratori.

• DP10 - Software specifici per le analisi di sostenibilità, come il supporto a LCA e LCC

Le analisi sul ciclo di vita di un'opera, siano esse Life Cycle Analysis (LCA) o Life Cycle Costing (LCC), richiedono un volume considerevole di dati, la cui accuratezza è fondamentale per garantire la qualità degli studi nel loro complesso.

La prospettiva di condurre analisi di sostenibilità sull'intero ciclo di vita di opere relative al mondo delle costruzioni richiede disponibilità significative di dati ed informazioni da gestire (e.g. materiali, produzione, processi, etc.).

Le potenzialità del processo di digitalizzazione, che permette di archiviare e gestire le informazioni di ogni singolo componente dell'opera, offrono l'opportunità di supportare il processo decisionale della progettazione, perseguendo un approccio life-cycle che integri nei modelli informativi informazioni relative agli impatti ambientali dei singoli componenti.

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale e delle analisi LCA, i dati variano notevolmente in base agli standard dei vari paesi e in funzione della loro origine.

Tali dati si suddividono in:

- *Dati diretti (primari o specifici)*: quando i dati sono ricavati direttamente attraverso l'analisi degli elaborati progettuali, reperiti di persona o in sito;
- *Dati indiretti (secondari o generici)*: quando i dati provengono da letteratura o studi equivalenti sotto forma di database;

- *Dati terziari* che sono frutto invece di medie, proiezioni o statistiche.

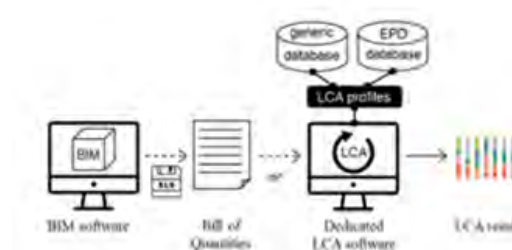
Esistono in rete numerose organizzazioni che mettono a disposizione database LCI (Life Cycle Inventory) a supporto di valutazioni di sostenibilità. I dataset di queste banche dati sono periodicamente aggiornati e ampliati per fornire informazioni coerenti con l'avanzamento tecnologico dei processi produttivi; essi descrivono i profili ambientali di prodotti, processi di estrazione e trasformazione, sistemi di trasporto e di produzione energetica, processi di trattamento e smaltimento finale dei rifiuti. Tra queste piattaforme la più utilizzata è Ecoinvent v.3.8; contiene circa 18.000 LCI dataset che coprono una vasta gamma di settori, quali agricoltura edilizia e costruzioni, prodotti chimici e plastica, energia, etc. Rappresenta uno dei database più completi su scala internazionale e la principale banca dati a cui ci si riferisce normalmente per qualsiasi studio di LCA. Sebbene i dati secondari e in particolare i dati di base delle banche dati LCI siano essenziali per qualsiasi studio di LCA, chi effettua analisi LCA si trova spesso a dover fronteggiare criticità nell'interrogazione dei diversi database e criticità legate:

- alla forte influenza di fattori geografici, temporali e tecnologici che rende i dati secondari spesso non rappresentativi del sistema e dei confini stabiliti per l'analisi incorrendo in risultati caratterizzati da elevate incertezze o forti approssimazioni;
- all'affidabilità delle fonti;
- all'assenza di un processo di standardizzazione per la consultazione dei database.

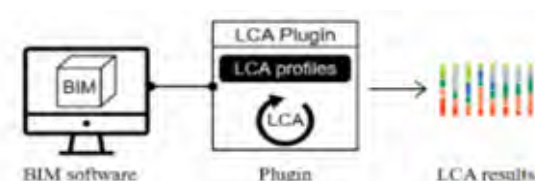
Per cui si configura necessario operare un processo di standardizzazione e centralizzazione dei dati disponibili in un unico database che fornisca dati rappresentativi dei confini dell'analisi e che dialoghi con il database dei tipologici che alimenta i modelli informativi. La prima attività per organizzare questi database al fine di operare un'analisi di LCA è analizzare tutti i dati per ogni fase di sviluppo dell'asset in relazione alle categorie di impatto. Una volta organizzato un LCI così strutturato, si definisce una strategia d'integrazione BIM-LCA.

In base alla direzione del flusso di dati si profilano due approcci:

- *Informazioni geometriche e dei materiali vengono estratte dal modello BIM sotto forma di un Bill of Quantities (BoQ), ossia il computo metrico. Dopodiché queste informazioni vengono elaborate da software LCA dedicati (quali ad esempio OneClick LCA o SimaPro);*



- *Dati LCA specifici vengono aggiunti nel modello BIM mediante la creazione di parametri appositi. In questo modo possono essere effettuati calcoli per LCA grazie a plug-in all'interno del software BIM;*



7.2 Approcci di Digitalizzazione per la fase di Realizzazione (DRn)

• DR1 – Utilizzo di database informativi e Ambienti di Condivisione Dati

Questo approccio è strettamente correlato al DP1 come naturale prosecuzione di quanto previsto nella fase strettamente progettuale. Ciò prevede, per i suddetti database e ambienti, un costante arricchimento di informazioni e dati di varia natura legati all'avanzamento delle lavorazioni e loro conclusione.

In fase di esecuzione lavori, è dunque possibile interrogare l'ACDat contenente le modellazioni BIM, gli elaborati grafici, i vari contenuti informativi così come i database afferenti ai DMS (*Document Management System*). Queste soluzioni possono essere collegate tra loro tramite API (*Application Programming Interface*), abilitando ulteriori connessioni e ricerche semantiche. In tal modo diviene possibile costruire delle query e interrogare i dati presenti e che progressivamente arricchiscono i vari database, anche attraverso maschere di input e output, come avviene per le ricerche full text.

• DR2 - Rilievo dell'avanzamento delle lavorazioni tramite tecnologie innovative e strumenti di analisi/confronto rilievo as-built con la progettazione

Come per la fase di progettazione, tecniche e tecnologie innovative di rilievo (droni, laser scanner) possono essere utilizzate per rilevare il progress di costruzione di un'opera.

In questo caso le informazioni ricavate possono essere utilizzate per analizzare e confrontare lo stato di avanzamento attuale con quello previsto o, in caso di completamento dell'asset, per comparare ciò che è stato costruito con ciò che era stato progettato.

In genere dati ed attributi di un modello As-Built vengono elaborati ed integrati per ottenere una quantità di informazioni ed una qualità molto più esaustive e dettagliate rispetto ad un modello As-Is, il cui scopo principale è quello di rilevare specialmente le caratteristiche geometriche di un manufatto. L'utilizzo di dati rilevati durante la costruzione, data la maturità degli

strumenti hardware e software oggi esistenti, può essere molto utile anche per la gestione del progetto in senso ampio: si pensi ad esempio all'utilizzo dei dati rilevati per finalità relative al pagamento di quanto realizzato, o ad una gestione più precisa della fase di costruzione (movimenti terra, logistica, etc.).

• DR3 - Tecnologie per monitoraggio real-time e smart monitoring

Il progresso tecnologico, soprattutto nel campo delle tecnologie informatiche e delle telecomunicazioni nonché nella sensoristica di rilievo, permette sempre più l'utilizzo di strumenti a supporto del monitoraggio delle attività di costruzione e di quanto costruito (infrastrutture, edifici, etc.), facendo leva sulle modellazioni informative. In questo insieme troviamo sensoristica di varia natura, videocamere, foto trappole in grado di fornire varie tipologie di informazioni in tempo reale e di agevolare un monitoraggio smart.

Le finalità possono essere molteplici; sicuramente il tema della manutenzione ha assunto un ruolo importante negli ultimi anni e, se parliamo di infrastrutture, il monitoraggio e manutenzione delle opere d'arte (ponti, viadotti, gallerie) sta diventando sempre più fondamentale. In particolare, il monitoraggio strutturale, o *Structural Health Monitoring (SHM)*, ha lo scopo di implementare sistemi in grado di monitorare in continuo le strutture, permettendo di identificare eventuali deterioramenti e di predire possibili danni (analisi predittive).

Altri possibili esempi di monitoraggio real-time, grazie all'utilizzo di modelli BIM collegati ad architetture *IoT (internet of Things)*, si possono fare considerando gli edifici. Tale collegamento offre diverse opportunità di monitoraggio di un'opera: verifica delle performance degli *equipment* installati; analisi dell'uso degli spazi; verifica delle condizioni di parametri all'interno di ambienti specifici (ad es. temperatura); implementazione di manutenzione predittiva.

• DR4 - Utilizzo di applicativi GIS per funzionalità quali il geofencing

Gli strumenti GIS trovano applicazione in molte situazioni differenti in cui è importante gestire le informazioni di posizione geografica (georeferenziazione). Una delle applicazioni GIS utili per la gestione del cantiere è quella del *geofencing* cioè l'utilizzo di una barriera virtuale geografica a supporto delle attività di ottimizzazione del layout, di sorveglianza e sicurezza.

Le geofence possono ad esempio limitare una o più zone critiche per le lavorazioni presenti o perimetrare le aree di movimentazione dei materiali o ancora suddividere l'area di cantiere in zone di competenza per le squadre di operatori. Attraverso sistemi di *Real Time Location*, è possibile ottenere segnalazioni di presenza, ingresso e uscita dalla geofence di uomini, attrezzature e materiali. L'utilizzo del *geofencing* permette una gestione più sicura e meglio sincronizzata delle attività. Il tracciamento dei percorsi all'interno delle singole *geofence* può consentire inoltre di conoscere la posizione in tempo reale di un mezzo o di un operatore e di monitorare tempi di spostamento e velocità all'interno del cantiere.

▪ **DR5 - Piattaforme per la condivisione tra gli stakeholder delle informazioni associate al cantiere e delle segnalazioni (es. WebGIS, GeoDigitalTwin) comprensive di storicizzazione ed analisi dei dati**

Riprendendo quanto riportato al DP8, le piattaforme di condivisione WebGIS e i GeoDigitalTwin possono costituire un valido supporto per l'accesso distribuito alle informazioni relative al cantiere. Le informazioni pubblicate sfruttano la georeferenziazione per riferire un'entità alla propria posizione geografica. Le informazioni condivise possono essere anche aggiornate in tempo reale se la piattaforma è integrata con soluzioni IoT e possono consentire agli stakeholder, se abilitati in base a protocolli di profilazione, di aggiornare le informazioni con il proprio contributo o effettuare analisi attraverso elaborazioni statistiche o di *mapping* che possono poi essere integrate a corredo di quelle già presenti nel sistema. Le informazioni grafiche e alfanumeriche gestite possono essere storicizzate, così da consentirne la conservazione e il successivo recupero per analizzare anche l'evoluzione temporale del cantiere. Gli strumenti WebGIS sono ormai fortemente orientati alla comunicazione e offrono strumenti di navigazione e di presentazione molto efficaci sia per un approccio comunicativo molto tecnico sia per comunicare informazioni al cittadino con un approccio più divulgativo o giornalistico.

▪ **DR6 - Piattaforma per la predisposizione e gestione del piano di sicurezza e coordinamento (PSC) e di altra documentazione di cantiere**

Riprendendo l'approccio DP9, la piattaforma per la gestione del PSC in fase di esecuzione aumenta ulteriormente l'efficacia in termini di prevenzione del modello di cantiere sostenibile. Ciò può essere ulteriormente corroborato tramite l'utilizzo di tecnologie citate nel presente documento quali il QR Code, RFID, Ultra Wide Band, GPS, GIS ed altri ancora, con specifico riferimento all'ambito della sicurezza.

Nella fase di esecuzione, la documentazione di cantiere e i modelli informativi, vengono progressivamente arricchiti rispetto ai reali avanzamenti, nel rispetto di quanto previsto dal PSC e con riferimento alla scelta delle attrezzature, dei macchinari e delle opere provvisorie più idonee a svolgere in sicurezza le lavorazioni in relazione agli effettivi spazi operativi.

Questo approccio può essere corroborato da tutta una serie di modellazioni specifiche che comprendono apprestamenti, opere provvisorie e macchine di cantiere per supportare efficacemente la simulazione off-site delle varie lavorazioni da svolgere realmente in cantiere, con una conseguente gestione più efficace delle interferenze spaziali delle diverse fasi lavorative.

La piattaforma per la gestione del PSC è alimentata da elaborati informativi documentali e grafici anche derivanti dai modelli informativi, quali ad esempio piante, sezioni, prospetti, planimetrie, spaccati assonometrici, prospettive e particolari costruttivi. Tutti questi elementi restituiscono una particolare vista del cantiere in una determinata fase riguardante le lavorazioni.

Grazie all'ergotecnica è dunque possibile migliorare la pianificazione e l'esecuzione del lavoro, ottimizzando la sequenza delle fasi e l'organizzazione delle informazioni necessarie per la successiva fase di utilizzo dell'asset, rendendo più agevole la redazione del fascicolo dell'opera. Una tale piattaforma per la sicurezza del cantiere, organizzando vari tipi di informazioni e aggiornandole nel tempo, può inoltre favorire la comunicazione degli *stakeholder* di progetto, rendendo il trasferimento delle misure di sicurezza molto più efficace, supportando in maniera fattiva il *risk management* dell'impresa edile, con un miglioramento della filiera edilizia.

La gestione della dimensione temporale (anche legata al modello informativo di sicurezza in cantiere) permette di comprendere meglio l'evoluzione del cantiere e di verificare progressivamente le sovrapposizioni spazio-temporali delle lavorazioni, anche rispetto alla *baseline* di partenza, evidenziando rischi generati da esigenze logistiche e spaziali contingenti, monitorando gli spazi di lavoro per ogni impresa.

Queste logiche, come anche descritto in altri approcci, possono ulteriormente rientrare anche nelle simulazioni di diversi scenari di rischio connessi alle varie lavorazioni, ottenendo una sorta di formazione *on site* degli addetti e degli operatori coinvolti sul cantiere. Ad ogni lavoratore potrà essere fornita una rappresentazione virtuale delle simulazioni in cui verrà a trovarsi, in questo modo possono essere fissate meglio indicazioni sulle misure di sicurezza da adottare, con riferimento alla mansione assegnata e alle situazioni specifiche ad essa collegate.

▪ **DR7 - Tecnologie di realtà mista e aumentata per il controllo degli avanzamenti in sito**

In riferimento alle attività sul campo, esistono soluzioni tecnologiche afferenti al dominio della realtà mista (*MR – Mixed Reality*) e della realtà aumentata (*AR – Augmented Reality*).

Questo tipo di approccio ambisce a combinare elementi virtuali con il contesto esistente, con alcune differenze.

L'AR sovrappone elementi e informazioni digitali al mondo reale. Tra i dispositivi più diffusi e utilizzati per supportare questa modalità troviamo smartphone, tablet e in generale device dotati di fotocamera predisposta all'AR.

La MR prevede invece una sorta di unione tra i principi dell'AR e quelli della già citata Realtà Virtuale (VR). Ciò avviene mediante l'integrazione e convergenza tra mondo virtuale e mondo reale. Per tale motivo sono necessari hardware molto specifici, nello specifico visori di realtà mista in grado di mappare il contesto circostante e riconoscerne la struttura.

In maniera simile tra loro queste soluzioni consentono dunque di trasferire i contenuti della progettazione digitale direttamente verso il sito di costruzione, permettendo agli operatori di svolgere molteplici operazioni quali controllo, confronto, verifica tra il progettato, l'esistente e il realizzato lungo tutto l'avanzare delle lavorazioni. Riguardo la MR esistono inoltre soluzioni specificamente pensate per il cantiere: esse unificano i visori di realtà mista con i dispositivi

di protezione individuale certificati (ad esempio secondo EN 397:2012 + A1:2012). In questo modo tali tecnologie digitali danno un forte contributo anche sul tema della sicurezza e salute dei lavoratori in cantiere, inquadrandosi come uno degli elementi che appartengono all'ampio contesto della cosiddetta smart safety.

▪ **DR8 - Utilizzo di QR code, RFID e simili per tracciamento materiali e attrezzature nei cantieri**

I cantieri possono richiedere l'apporto di molteplici tipologie di materiali, componenti e attrezzature che è fondamentale identificare così come tracciare lungo tutto il relativo ciclo vitale, con particolare riferimento al percorso che va dalla produzione fino alla loro messa in opera/installazione/utilizzo.

Per tale motivo i componenti tipicamente fisici possono essere arricchiti con un'implementazione filo-digitale che aggiunga ad essi un quantitativo adeguato di informazioni per vari scopi.

Ciò si traduce nell'integrazione in suddetti componenti di elementi quali QR Code (*Quick Response Code*) e tag RFID (*Radio Frequency IDentification*) che consentono di memorizzare informazioni destinate alla lettura di specifici dispositivi elettronici.

Il QR Code si presenta come una matrice bidimensionale e può essere interpretato da lettori ottici e dispositivi mobile dotati di fotocamere quali smartphone e tablet (in maniera simile a quanto avviene con i codici a barre). Tipicamente vengono utilizzati per l'archiviazione di indirizzi Internet, dati testuali o numerici.

Il tag RFID è invece una tecnologia di riconoscimento, validazione e/o memorizzazione automatica di informazioni a distanza tramite radiofrequenza.

Esso si basa sulla memorizzazione di dati in particolari dispositivi elettronici passivi (*tag*), in grado di rispondere a chiamate di prossimità da parte di dispositivi attivi, chiamati reader o lettori. I suddetti dispositivi possono essere sia fissi che portatili e si basano su diversi standard di comunicazione quali il diffuso *NFC (Near Field Communication)*. RFID è una tecnologia più evoluta rispetto al QR Code, consentendo di riportare molte più informazioni e assicurarne una lettura più semplice.

Questo approccio abilita molteplici attività, quali l'interazione tra QR Code fisicamente posizionati in sito per la sovrapposizione dei modelli in MR e AR, il trasferimento di informazioni tra componenti reali presenti in cantiere e controparti virtuali nei modelli, la possibilità di interrogare componenti installati per consultare maggiori informazioni (es. schede tecniche, certificazioni di prodotto), il tracciamento dei materiali dal sito di produzione sino all'arrivo in cantiere, la verifica della presenza a magazzino di determinati materiali, la regolazione dell'accesso al sito da parte delle maestranze.

▪ **DR9 - Utilizzo delle modellazioni e/o delle relative informazioni all'interno dei macchinari di costruzione**

La digitalizzazione, in particolare l'utilizzo delle modellazioni informative, consente di abilitare ed implementare dei flussi di lavoro che prevedono l'impiego di macchinari da costruzione le cui operazioni si basano su informazioni presenti in modelli digitali, e la cui posizione è controllata da sistemi di precisione.

Tale utilizzo, ad oggi in forte crescita, prevede ad esempio l'utilizzo nelle macchine per il movimento terra: compattatori, escavatori e altri mezzi che basano le operazioni di scavo compattezza, finitura sui modelli digitali, massimizzando così la precisione e la qualità delle lavorazioni e minimizzando i tempi.

Parimenti, i modelli BIM possono essere utilizzati per fabbricare o modellare pezzi da utilizzare in cantiere: si pensi ad es. al 3D printing o al digital manufacturing per la piegatura dei ferri di armatura.

Questo approccio segue il principio dei cosiddetti constructible models, prevedendo quindi la possibilità di sfruttare quanto modellato attraverso l'interscambio di formati interoperabili aperti quali IFC, LandXML così come di semplici file di testo.

▪ **DR10 - Tecnologie mobile e wearable per dialogo in tempo reale con gli operatori**

Nell'ambito del tema *smart safety* si configurano varie soluzioni tecnologiche e digitali al servizio degli operatori in cantiere. Nell'insieme di queste tecnologie rientrano rilevatori, sensori, misuratori, droni e smart DPI (come le già citate soluzioni afferenti alla MR).

Con particolare riferimento alla sicurezza degli operatori si annoverano giubbotti, caschi, guanti e scarpe sui quali possono essere montati dei sensori collegati ad altri strumenti elettronici, come gli smartphone, wireless o bluetooth.

Questi dispositivi vengono denominati *wearable smart devices* e sono in grado di rilevare, registrare e comunicare i dati all'istante, in maniera automatica e spesso che sia necessario l'intervento umano.

Grazie ad opportuni sensori integrati è possibile rilevare dati quali la temperatura corporea interna, la pressione, con il fine di valutare le capacità lavorative dell'operatore. Inoltre, questo tipo di approccio permette una migliore comunicazione tra le varie squadre presenti in cantiere così come tra sito e ufficio. Riguardo questo tema si segnala l'interessante *discussion paper* dell'Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro denominato "*Dispositivi di protezione individuale intelligenti: pensare la tutela del futuro*".

APPENDICE

Gli strumenti di applicazione

ALLEGATO 1

Esempi di azioni/best practice per ciascuna strategia

ALLEGATO 2

Esempi di calcolo degli indicatori quantitativi e indicazione dei contenuti minimi di check list e piani per gli indicatori qualitativi

ALLEGATO 3

Matrice Strategie/Indicatori

ALLEGATO 4

Classi di rilevanza degli indicatori

ALLEGATO 5

Esempio di calcolo per l'applicazione del presente documento

ALLEGATO 1

Esempi di azioni/best practice per ciascuna strategia

Nel presente Allegato sono riportati alcuni esempi pratici non esaustivi, ma esemplificativi, di quelle che possono essere le possibili best practice da implementare all'interno di un progetto/cantiere infrastrutturale per ognuna delle 10 strategie individuate.

STRATEGIA 1: Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere

- ✓ Riutilizzo interno di suolo e terre (riduzione della movimentazione e del trasporto esterno; mantenimento specie autoctone)
- ✓ Riutilizzo e gestione acque meteoriche e di processo per lavorazioni e attività di cantiere (ad es. lavaggio ruote e canale betoniere, baracche, scarichi, irrigazione)
- ✓ Riutilizzo all'interno del cantiere di materiali dismessi/recuperati/riciclati
- ✓ Riutilizzo interno al cantiere di energia in eccesso prodotta da altre lavorazioni del cantiere stesso
- ✓ Riutilizzo dei prodotti dello sfalcio ai fini della produzione di fiorume locale
- ✓ Creazione delle piste di cantiere con materiali di risulta

STRATEGIA 2: Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive

- ✓ Utilizzo di mezzi basso emissivi (GPL CNG, etc.), ibridi o elettrici
- ✓ Utilizzo di attrezzature (ad es. vagli, frantoi, frese, ecc.) con sistemi di abbattimento di polveri
- ✓ Utilizzo di mezzi per il trasporto e le attività di cantiere che producono minor impatto acustico
- ✓ Effettuare regolare manutenzione dei mezzi per assicurare emissioni in linea con gli standard del costruttore
- ✓ Adozione di automezzi a basse emissioni acustiche/vibrazionali (ad es. impiego di macchine per il movimento terra gommate in luogo di quelle cingolate)

STRATEGIA 3: Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici

- ✓ Copertura di suolo e terre scavate con tendaggi (hessian, shade cloth) per evitare dispersione polveri (ad es. utilizzo di barriere antipolvere, o copertura dei mezzi che trasportano materiale incoerente)
- ✓ Bagnatura dei cumuli, delle aree destinate alle lavorazioni e delle piste di cantiere (compresi manutenzione della viabilità interna, housekeeping)
- ✓ Limitazione della velocità dei veicoli in transito su superfici non asfaltate
- ✓ Organizzazione delle lavorazioni in funzioni delle condizioni metereologiche (considerando la direzione del vento, pioggia, ecc.)
- ✓ Prevedere locali chiusi per la realizzazione di attività con potenziale rilascio di inquinanti in atmosfera (quali taglio, la saldatura, la levigatura o la verniciatura dei materiali)

- ✓ Limitazione della dimensione dei cumuli e dei depositi
- ✓ Tenere conto del regime dei venti nell'effettuare lavorazioni e nella localizzazione di depositi di materiale/sostanze potenzialmente inquinanti
- ✓ Installazione di sistemi di convogliamento e filtraggio dell'aria proveniente dai locali/aree dove avviene il taglio, la saldatura, la levigatura o la verniciatura dei materiali e realizzazione di locali chiusi dedicati a tali attività evitando di realizzarli all'aperto (compartimentazione)
- ✓ Fornire direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi
- ✓ Organizzazione e fasizzazione delle lavorazioni per ridurre gli impatti luminosi e acustici (ad es. localizzare quanto possibile le lavorazioni durante le ore diurne per ridurre gli impatti luminosi e acustici durante la notte)
- ✓ Verificare la possibilità di utilizzo di essenze vegetazionali aventi capacità di assorbimento degli inquinanti gassosi

STRATEGIA 4: Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)

- ✓ Organizzazione logistica del cantiere con arrivo e partenza dei mezzi ottimizzata per ridurre la movimentazione non necessaria (sia per forniture che per lavorazioni)
- ✓ Ottimizzazione dei percorsi di movimentazione mezzi
- ✓ Riduzione delle aree dedicate al cantiere
- ✓ Mitigazione e "mascheramento" delle aree
- ✓ Ripristino ambientale dei luoghi e delle aree di cantiere
- ✓ Protezione del suolo da contaminazioni indotte dal cantiere
- ✓ Valutare e prediligere aree "meno" pregiate, in riferimento alla destinazione d'uso urbanistica del sito
- ✓ Localizzazione ottimale delle aree di cantiere
- ✓ Privilegiare viabilità esistenti e/o già "compromesse" da carichi di traffico, abbandonata o sottoutilizzata
- ✓ Trasporto esterno e interno con mezzi alternativi alla gomma (ferro/acqua, etc)
- ✓ Valutare e prediligere aree di cantiere distanti dai centri abitati e dai recettori sensibili
- ✓ Riduzione dell'impermeabilizzazione delle aree
- ✓ Localizzazione centri recupero/raccolta nelle vicinanze del sito di cantiere
- ✓ Idoneità tecnica delle aree per il deposito temporaneo (ad es. copertura, isolamento, lavaggio ruote cantiere, ecc.)
- ✓ Utilizzo di sistemi di sharing per il personale di cantiere per ridurre gli spostamenti
- ✓ Conformità della movimentazione mezzi con i piani di traffico locali

STRATEGIA 5: Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali

- ✓ Protezione/schermatura di elementi naturali e/o storici presenti durante le attività di scavo/lavorazione
- ✓ Protezione quali-quantitativa dei corpi idrici superficiali e sotterranei mediante vasche di laminazione e di prima pioggia
- ✓ Gestione delle acque reflue di cantiere mediante predisposizione di specifici trattamenti quali-quantitativi delle acque di scarico sia di tipo civile che di processo
- ✓ Predisposizione di kit pronto intervento per contenere eventuali sversamenti accidentali
- ✓ Minimizzare le interferenze con l'alveo del corso d'acqua interessato dal cantiere
- ✓ Ri-vegetare le aree non pavimentate e i percorsi sterrati
- ✓ Utilizzo barriere verdi naturali
- ✓ Individuazione vivai locali e/o creazione di vivai temporanei

STRATEGIA 6: Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni

- ✓ Riutilizzo di terre e rocce in eccesso da altri cantieri (sinergia con cantieri esterni)
- ✓ Riutilizzo di acqua di scarto da altri cantieri (sinergia con cantieri esterni)
- ✓ Riutilizzo di materiali di scarto da altri cantieri (sinergia con cantieri esterni)
- ✓ Favorire il conferimento dei rifiuti verso impianti di recupero rispetto allo smaltimento in discarica
- ✓ Riutilizzo di energia in eccesso da altri cantieri (sinergia con cantieri esterni)

STRATEGIA 7: Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto

- ✓ Utilizzo di prodotti con certificazione tipo Ecolabel (rif Normale pratica industriale)
- ✓ Favorire l'utilizzo della prefabbricazione, ove possibile
- ✓ Utilizzare sostanze biocompatibili nelle lavorazioni di cantiere
- ✓ Riduzione del quantitativo di rifiuti prodotti (considerando anche la scelta di prodotti con imballaggi riciclabili o senza imballaggi)
- ✓ Utilizzo di materiali più durevoli
- ✓ Necessità di minore quantitativo di materiali, o di tecniche ottimizzate ove possibile (ad es. prefabbricazione, "produzione off-site")
- ✓ Progettare in modo da semplificare il riutilizzo o il suo smaltimento per disaccoppiamento (eco-design/circular-design/design for disassembling)

STRATEGIA 8: Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche

- ✓ Prevedere sistemi di trattamento acque alimentati mediante fonti rinnovabili (es. pannelli solari)
- ✓ Produzione di energia on site tramite pannelli fotovoltaici
- ✓ Contenimento dei consumi diretti del cantiere (elettricità/acqua/carburante mezzi operativi)

STRATEGIA 9: Comunicazione

- ✓ Riportare all'esterno del cantiere (mediante, ad esempio, l'utilizzo di tabelloni o lavagne elettroniche) informazioni aggiornate in tempo reale circa la durata delle lavorazioni e le attività rumorose (data/ora di inizio e fine); indicare un contact number/email a cui far riferimento per richieste di informazioni e reclami
- ✓ Minimizzazione delle segnalazioni da parte delle comunità locali coinvolte
- ✓ Comunicazione periodica della CO2 risparmiata o degli inquinanti non prodotti
- ✓ Comunicazione periodica dell'andamento delle attività di cantiere
- ✓ Incentivare la partecipazione attiva di tutte le figure coinvolte nel cantiere attraverso incontri di sensibilizzazione periodici
- ✓ Visite in cantiere della comunità come cantieri studio per la promozione di best practice

STRATEGIA 10: Integrazione degli aspetti sociali

- ✓ Promozione programmi benessere e salute non legati alle specifiche lavorazioni di cantiere
- ✓ Promuovere i principi di equità e giustizia sociale nell'intero processo di gestione dell'appalto
- ✓ Utilizzo di sistemi anti-intrusione per evitare l'accesso al cantiere di personale non addetto
- ✓ Sigla di protocollo d'intesa con enti di controllo e soggetti portatori d'interesse es. ASL, ispettorato del lavoro, ordini professionali, comitati paritetici territoriali)
- ✓ Favorire soluzioni costruttive con minore manodopera in cantiere

ALLEGATO 2

Esempi di calcolo degli indicatori quantitativi e indicazione dei contenuti minimi di check list e piani per gli indicatori qualitativi

Nel presente Allegato sono riportati alcuni esempi pratici di calcolo degli indicatori di tipo quantitativo nonché i contenuti minimi da riportare per gli indicatori di tipo qualitativo che possono essere integrati e sviluppati in riferimento allo specifico progetto/cantiere.

STRATEGIA 1: Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere

A. Coefficiente di riutilizzo interno

Nel caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- la produzione totale di terre e rocce da scavo ammonta a circa 500.000 mc;
- il fabbisogno complessivo di terre e rocce da scavo per la realizzazione dell'opera ammonta a 400.000 mc;
- i quantitativi di terre e rocce da scavo potenzialmente riutilizzabili, anche attraverso specifici trattamenti di normale pratica industriale per migliorarne le caratteristiche prestazionali e renderne l'utilizzo maggiormente efficace, ammontano a circa 350.000 mc;
- i quantitativi di terre e rocce da scavo effettivamente riutilizzabili nell'ambito dello stesso appalto, in relazione allo specifico sistema di cantierizzazione previsto (logistica di cantiere, cronoprogramma delle lavorazioni, ecc.), ammontano a circa 300.000 mc;
- gli esuberanti esterni di terre e rocce da scavo non riutilizzabili nell'ambito dello stesso appalto ammonta a circa 200.000 mc (500.000 mc – 300.000 mc);
- gli approvvigionamenti di terre e rocce da scavo dall'esterno ammontano a circa 100.000 mc (400.000 mc – 300.000 mc);

applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

$$\blacktriangleright \text{Coefficiente di riutilizzo interno} = 300.000 \text{ mc} / 500.000 \text{ mc} * 100 = 60\%$$

B. Coefficiente di autosufficienza/autonomia

Nel medesimo caso del cantiere infrastrutturale sopracitato, applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

$$\blacktriangleright \text{Coefficiente di autosufficienza/autonomia} = 300.000 \text{ mc} / 400.000 \text{ mc} * 100 = 75\%$$

C. Efficienza di riutilizzo

Nel medesimo caso del cantiere infrastrutturale sopraccitato, applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► $\text{Efficienza di riutilizzo} = 300.000 \text{ mc} / 350.000 \text{ mc} * 100 = 85\%$

STRATEGIA 2: Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive

A. Caratteristiche mezzi e attrezzature

Di seguito si riportano i contenuti minimi proposti per la compilazione della check list relativa a mezzi e attrezzature. Dovrà essere fornita la lista dei mezzi utilizzati nell'ambito del cantiere con indicazione di: marca modello, targa, tipologia di alimentazione, data di immatricolazione e categoria emissiva indicata sul libretto di circolazione del mezzo.

La check list dovrà essere completata con l'indicazione dello svolgimento di una adeguata manutenzione dei mezzi utile a garantire il corretto funzionamento dei mezzi/ attrezzature e quindi la riduzione dei consumi. Essa potrà essere espressa in termini di interventi, programmati ed eseguiti, sul singolo mezzo oppure nell'ambito di un piano di manutenzione che consideri complessivamente la flotta aziendale.

B. Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature

Con riferimento ai mezzi nel presente esempio si ipotizza di aver definito basso emissivo, qualsiasi veicolo omologato con emissioni nel rispetto delle seguenti normative UE: Euro 4 - Direttiva 1998/69/EC Stage 2005, se aventi peso a pieno carico inferiore a 3,5 t (light duty); Euro III - Direttiva 1999/96/EC Stage I, se aventi peso a pieno carico superiore a 3,5 t (heavy duty); Stage II - Direttiva 1997/68/EC, nel caso dei macchinari mobili equipaggiati con motore diesel (non road mobile sources and machinery, NRMM), ed indicazioni di analoghi requisiti per gruppi elettrogeni e compressori.

Per la definizione di tali caratteristiche, tenuto conto della dimensione di scala del cantiere, è stata considerata la distribuzione media delle classi del parco veicolare circolante nella regione in cui ricade l'intervento, sulla base delle più recenti statistiche disponibili al momento della valutazione e con riferimento al periodo appena precedente l'inizio dei lavori.

Nel caso di un numero di mezzi e attrezzature basso emissive pari a 52 mezzi e 21 attrezzature, delle quali sono considerati basso emissivi (categoria Euro o Stage/TIER predefinita) 45 mezzi e 10 attrezzature, applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► $\text{Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature} = 55 / 73 * 100 = 75\%$

STRATEGIA 3: Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici

A. Coefficiente di riduzione di CO₂ in funzione del riutilizzo

Si riporta nel seguito un esempio di calcolo effettuato per un cantiere, funzionale a spiegare l'indicatore individuato. Per il cantiere portato ad esempio la produzione complessiva di terre e rocce da scavo ammonta a 4.562.916 mc (in banco), suddivisi secondo quanto riepilogato nella tabella a seguire:

Tabella 1 - Bilancio terre come da Piano di Utilizzo Terre

Produzione complessiva (mc)	Utilizzo in qualità di sottoprodotti (mc)		Utilizzo esterno in regime di rifiuti (mc)	Fabbisogno del progetto (mc)	Approvvigionamento esterno (mc)
	Utilizzo interno in qualità di sottoprodotti (mc)	Utilizzo esterno in qualità di sottoprodotti (mc)	Terre e rocce da scavo		
4.562.916	785.687	3.433.811	343.418	1.211.403	470.716

Si quantificano dunque le tonnellate di CO_{2eq} associate alla gestione delle terre nell'assetto progettuale previsto dal PUT, tenendo conto delle emissioni derivanti da ciascuna delle attività di movimentazione previste per il cantiere di esempio e riportate nella tabella seguente e connesse al bilancio terre di progetto descritto sopra.

Tabella 2 - Bilancio terre come da Piano di Utilizzo Terre

Attività di movimentazione terre	mc	Km*	CO _{2eq} (ton)
Approvvigionamento materiale da cava	470.716	106	25.606,3
Trasporto in siti di riambientalizzazione	3.433.811	95	96.012,7
Trasporto in impianto di recupero	236.564	51	4.024,4
Trasporto in discarica inerti	15.771	114	529,2
Trasporto in discarica non pericolosi	91.084	105	1.840,1
Riutilizzo interno	785.687	15	3.468,7
Bilancio Totale			131.481,3
*I km si riferiscono alla distanza media relativa agli impianti censiti in fase progettuale per cave, siti da riambientalizzare, impianti di recupero, discariche per inerti, discarica per rifiuti non pericolosi			

I fattori di emissione considerati per il calcolo della CO_{2eq} sono stati estrapolati dal Database Ecoinvent 3.8 (2021); il coefficiente relativo al trasporto è funzione di alcuni parametri basati sulle esperienze acquisite da progetti analoghi nonché da appalti in corso, come ad esempio la capacità di carico del mezzo, il consumo orario e la velocità del mezzo.

Per quantificare le emissioni di CO_{2eq} risparmiate in relazione alle scelte progettuali effettuate di massimizzare il riutilizzo nell'ambito dell'appalto, sono state calcolate le relative produzioni nello scenario ipotetico in cui il materiale da gestire in qualità di sottoprodotto non venga riutilizzato internamente al progetto, bensì conferito in siti di destinazione esterni. Nello specifico sono state quantificate:

1. le emissioni di CO_{2eq} associate al conferimento di 785.687 mc in cave esterne da riambientalizzare;
2. le emissioni di CO_{2eq} associate all'approvvigionamento da cava di 785.687 mc di materiale vergine per sopperire ai fabbisogni di progetto;
3. le emissioni di CO_{2eq} associate alla movimentazione interna di 785.687 mc dovuta al riutilizzo interno.

Dal calcolo delle aliquote sopra riportate è emerso che riutilizzando internamente 785.687 mc si ottiene un risparmio di 61.240,1 ton CO_{2eq} , come riportato nel dettaglio nella tabella seguente.

Attività di movimentazione terre	mc	Km*	CO_{2eq} (ton)
1. Approvvigionamento materiale da cava	785.687	106	42.740,2
2. Trasporto in siti di riambientalizzazione	785.687	95	21.968,6
3. Riutilizzo interno	785.687	15	3.468,7
Totale risparmiato			61.240,1

Dalle tabelle sopra riportate è evidente che, dal punto di vista ambientale, la gestione dei materiali da scavo proposta permette di ottenere significativi effetti positivi in termini di riduzione dell'emissione di CO_{2eq} , grazie al riutilizzo interno al cantiere delle terre prodotte in corso di realizzazione, con un conseguente contenimento dei trasporti dovuto alla diminuzione del volume di materiale inerte da approvvigionare da cava di prestito e del volume di materiale in esubero da conferire in siti esterni. Tale riduzione, in termini percentuali, nel caso portato ad esempio, è pari al 32% quantificato come rapporto tra il risparmio di tonnellate di CO_{2eq} dovuto al riutilizzo interno e le tonnellate di CO_{2eq} totali associate alla gestione delle terre in cantiere in caso di mancato riutilizzo interno.

B. Controllo delle polveri in cantiere

All'interno della documentazione/relazione descrittiva dovranno essere descritti l'ambito del progetto (settore trasporti / energetico / ecc.), il contesto in cui si inserisce (urbano, extraurbano, ecc.) e le attività previste per la fase di cantierizzazione (con individuazione delle lavorazioni che possono produrre polveri), oltre che l'estensione, la durata e le principali caratteristiche dei cantieri stessi.

Il piano dovrà contenere le indicazioni di progetto e di capitolato, ove definite, nonché tenere conto delle eventuali prescrizioni indicate dagli enti in fase di approvazione.

Esso dovrà prevedere l'attuazione di misure di mitigazione e contenimento: necessarie in ambito urbanizzato/residenziale, nonché in aree agricole/rurali/extraurbane qualora siano presenti recettori nelle vicinanze delle aree di cantiere o dal fronte di avanzamento lavori.

STRATEGIA 4: Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)

A. Piano dei trasporti di cantiere

Più in dettaglio, a titolo esemplificativo ma non esaustivo, rimandando alla strategia/best practice dedicata per la redazione della documentazione/relazione descrittiva relativa all'operatività del cantiere, potranno essere tenuti in considerazione i seguenti elementi:

- Analisi dei flussi connessi all'approvvigionamento esterno dei materiali ed attrezzature necessari a soddisfare il fabbisogno delle opere;
- Analisi dei flussi connessi alla movimentazione dei materiali ed attrezzature all'interno del cantiere;
- Analisi dei flussi connessi alla gestione dei materiali in esubero non riutilizzabili nell'ambito del cantiere;
- Acquisizione dei dati di traffico e del livello di servizio dei tratti più significativi della rete coinvolta dagli itinerari di trasporto indotti;
- Stima dell'impatto che il cantiere produce sulla rete e se possibile, in presenza di recettori sensibili, anche del rumore indotto dal maggior traffico potenzialmente indotto dal cantiere stesso;
- Adozione di misure di prevenzione e/o mitigazione degli impatti potenzialmente indotti (ad es. istituzione di fasce orarie protette, implementazione di barriere fonoassorbenti provvisorie, limitazioni della velocità di percorrenza dei mezzi di cantiere su viabilità comunali e provinciali, preferenza verso l'impiego di piste di cantiere e viabilità autostradali).

B. Definizione di un layout di cantiere ottimizzato

A titolo esemplificativo ma non esaustivo per la definizione del layout di cantiere ottimizzato potranno essere considerati i seguenti elementi:

- inserimento del cantiere preferibilmente in aree degradate o di basso pregio ambientale;
- localizzazione del cantiere in aree a minor impatto sui sistemi infrastrutturali socio produttivi presenti

sul territorio;

- disponibilità di aree libere in prossimità delle opere da realizzare;
- inserimento del cantiere preferibilmente in aree caratterizzate da scarsa o totale assenza di recettori sensibili (lontananza del cantiere da ricettori sensibili e da aree densamente abitate);
- minimizzazione, tra le possibili alternative di flussi da e verso il cantiere, delle ripercussioni sulla viabilità locale;
- facile collegamento con la viabilità esistente, in particolare con quella principale;
- minimizzazione del consumo di territorio;
- minimizzazione dell'impatto sull'ambiente naturale ed antropico tenuto conto di eventuali situazioni critiche di compromissione preesistenti (ad esempio la qualità dell'aria);
- riduzione al minimo delle interferenze con il patrimonio culturale esistente.

C. Coefficiente impermeabilizzazione aree di cantiere

Nel caso di un cantiere infrastrutturale, non tenendo conto della superficie del tracciato dell'opera in progetto (aree di lavoro vere e proprie) ma soltanto delle aree tecnico-logistiche previste nell'ambito del sistema della cantierizzazione implementato nel PSC, ivi compreso il sistema di piste e viabilità interessate dai lavori, in cui:

- **S**: Superficie complessiva aree di cantiere fisso= 220.000 mq;
- **S_v**: Superficie complessiva piste e/o viabilità di cantiere = 60.000 mq;
- **S_{imp}**: Superficie aree di cantiere fisso – impermeabilizzate = 70.000mq
- **S_{v imp}**: Superficie piste e/o viabilità pavimentate/impermeabilizzate = 25.000mq

► **Coeff. Impermeabilizzazione** = $(65.000 \text{ mq} + 25.000 \text{ mq}) / (220.000 \text{ mq} + 60.000 \text{ mq}) * 100 = 32\%$

D. Filtering up

A titolo esemplificativo ma non esaustivo per la misurazione di tale indicatore potranno essere considerati i seguenti elementi:

- rigenerazione e/o bonifica di aree interessate da fenomeni di degrado (aree con abbandono di rifiuti, contaminazioni di matrici ambientali, ecc.)
- aree oggetto di interventi di sistemazione idraulica e/o recupero ambientale;
- realizzazione di aree adibite a servizio di trasporto pubblico fermate e/o stazioni, ecc.

Nel caso di un cantiere infrastrutturale, tenendo conto della superficie del tracciato dell'opera in progetto (aree di lavoro vere e proprie) nonché delle aree tecnico-logistiche previste nell'ambito del sistema della cantierizzazione implementato nel PSC, ivi comprese i siti interessati da interventi di MISO/MISE e/o rimozione rifiuti e le aree oggetto di riqualificazione (siti di cava dismessi oggetto di ripristino geo-ambientale, aree degradate oggetto di rigenerazione)

- **S**: Superficie complessiva aree di cantiere = 500.000 mq;
- **S_r**: Superficie complessiva aree oggetto di riqualificazione ovvero = 200.000 mq;

- **S_{cava}** riambientalizzata nell'ambito di un PU TRS = 80.000 mq)
- (**S_{aree bonifica}** interessata da intervento di MISE) = 60.000 mq
- (**S_{aree degradate}** adibite a parcheggio di stazione) = 25.000 mq
- (**S_{rif}** interessate da rimozione rifiuti in corso d'opera) = 35.000 mq

► **Indice di riqualificazione** = $(200.000) / (500.000) * 100 = 40\%$

STRATEGIA 5: Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali

A. Piano Gestione Emergenze Ambientali

L'analisi dei contenuti minimi della documentazione/relazione descrittiva riguarda gli elementi e/o imprevisti possibili (ad es. incendi, sversamenti, ecc) che dovessero interessare il patrimonio e le risorse territoriale e/o che possano limitare o invalidare le azioni nell'ambito del cantiere sostenibile (ad es. gestione dei rifiuti, gestione delle risorse idriche, tutela del vegetale e del verde, ecc).

Le modalità operative devono essere indicazioni esemplificative per mettere in atto le azioni necessarie in caso di emergenza ambientale. Il piano di gestione delle emergenze ha pertanto lo scopo di:

- Analizzare le possibili emergenze
- Definire le modalità di controllo e di intervento in modo da minimizzare i danni per l'ambiente e per i beni
- Definire le modalità di ripristino;
- Definire l'organizzazione con compiti e responsabilità (dalla segnalazione alla chiusura della criticità);
- Definire le modalità di informazione ai lavoratori, ai servizi di emergenza ed alle autorità territoriali di competenza.

I punti b) e c) devono essere definiti anche con l'ottica di valutare se e come l'emergenza possa aver coinvolto ed influito quali indicatori di sostenibilità e come l'azione di intervento e/o ripristino possa eventualmente modificare l'indicatore implicato o come questo possa essere "riequilibrato".

In tal senso, a titolo esemplificativo, il piano deve contenere i seguenti elementi:

- Tipologia di incidente e/o emergenza, riferita ad analisi delle attività e lavorazioni;
- Valutazione delle potenziali sorgenti di emissione e contaminazione;
- Valutazione delle ubicazioni di eventuali incidente e/o emergenza, mappatura delle "vulnerabilità" e dei siti/luoghi/elementi a maggior tutela e delle matrici ambientali/sociali interessate;
- Possibili azioni preventive e precauzioni in aree di cantiere
- modalità di pianificazione, di intervento e di risoluzione emergenza in caso di: gestione materiali di risulta e rifiuti; gestione sostanze pericolose; emissione in atmosfera; gestione scarichi idrici e acque; gestione del verde, del suolo e sottosuolo.
- Scheda di sintesi sugli indicatori di sostenibilità previsti in progetto e coinvolti nell'emergenza, con annotazione delle possibili implicazioni o variazioni.

B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento

Per le acque di lavorazione presenti nello specifico cantiere oggetto di analisi, individuarne l'eventuale presenza e le loro tipologie che sono essenzialmente riconducibili alle acque che subiscono alterazioni qualitative in conseguenza del loro uso nel cantiere, al fine di pervenire alla scelta dei sistemi di trattamento da predisporre nel cantiere ed alla loro ottimizzazione.

È auspicabile, ai fini dell'ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento, che le attività poste in atto prevedano il riutilizzo delle acque di lavorazione ove possibile e che l'acqua depurata venga riciclata in produzione. Il tipo di trattamento o lo smaltimento delle acque di lavorazioni, dipenderà ad ogni modo dalla specifica tipologia presente in cantiere.

Nella tabella, riportiamo alcune delle tipologie più diffuse che è possibile trovare all'interno del cantiere:

TRATTAMENTO E SMALTIMENTO DEI VARI FLUSSI DI ACQUA DI CANTIERE

I vari flussi di acqua generati in cantiere devono innanzitutto essere captati e in seguito indirizzati ad un adeguato trattamento secondo un concetto di smaltimento stabilito prima dell'installazione del cantiere stesso. In taluni casi (ad esempio idrodemolizione manufatti) la raccolta delle acque può essere onerosa e necessitare opere di incapsulamento dell'elemento che genera i liquami da trattare.

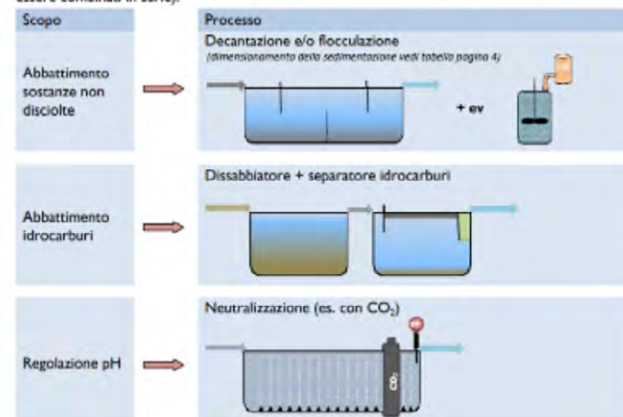
Tipologia acqua	Provenienza (esempi)	Trattamento	Smaltimento <i>Vengono le priorità di smaltimento indicate</i>
Acqua a pH neutro con sostanze non disciolte	Superfici sterrate Fondo scavo Lavaggio ruote Superfici asfaltate adibite a deposito automezzi o benne	Bacino di sedimentazione e/o flocculazione	1. Riutilizzo 2. Infiltrazione 3. Canalizzazione acque luride
Acqua a pH neutro con idrocarburi	Lavaggio automezzi (senza prodotti)	Dissabbiatore + separatori idrocarburi	1. Riutilizzo 2. Canalizzazione acque luride
Acqua a pH alcalino	Lavaggio betoniere Pulizia attrezzi sporchi di beton Idrodemolizione/irruvidimento muri in beton Dilavamento superfici sporche di beton (spruzzatura, iniezione, ...) Fondo scavo di suoli stabilizzati a calce	Bacino di sedimentazione e/o flocculazione + Impianto neutralizzazione (es. a CO ₂) (*)	1. Riutilizzo 2. Canalizzazione acque luride 3. Infiltrazione (*)

Nota: Accanto allo smaltimento in canalizzazione acque luride e all'infiltrazione esiste la possibilità di scarico in acque superficiali. Tale via di smaltimento deve essere opportunamente valutata ed è soggetta ad autorizzazione specifica da parte dell'autorità cantonale (UPAAI).

(*) L'infiltrazione senza neutralizzazione può essere ammessa per un cantiere di al massimo 3 mesi e con un quantitativo di acqua giornaliero inferiore a 1 m³

PRETRATTAMENTO

Il pretrattamento delle acque di cantiere fa capo fondamentalmente ai seguenti processi (possono essere combinati in serie):



Definite le modalità di trattamento per lo specifico cantiere in essere, di seguito viene descritta, a titolo esemplificativo, una possibile modalità di determinazione del coefficiente di riutilizzo, dato dal rapporto dei volumi trattati e quelli utilizzati.

Innanzitutto, ai fini del calcolo, sarà necessario determinare i volumi delle acque che contribuiscono al consumo d'acqua totale del cantiere, che rappresenta il denominatore del coefficiente.

CONSUMI D'ACQUA DEL CANTIERE (TOTALE UTILIZZATO)

Si riporta nel seguito, un esempio delle tipologie di acque utilizzate in un cantiere tipo

• ACQUE SANITARIE

I consumi delle acque sanitarie sono relativi ai consumi dei bagni del cantiere. I volumi idrici necessari saranno prelevati dall'acquedotto.

Si stima una presenza di un n° di lavoratori nei cantieri ed i rispettivi abitanti equivalenti AE (per queste tipologie di cantiere è possibile considerare ad esempio 1 AE ogni 5 lavoratori).

Per il calcolo del fabbisogno delle acque sanitarie del cantiere vengono usati i seguenti valori:

- numero abitanti equivalenti, N;
- dotazione idrica media giornaliera DI = 200 l/ab/g = 0.20 mc/ab/g

Il fabbisogno giornaliero delle acque sanitarie Vsg risulta:

$$V_{sg} = N \cdot DI$$

Di conseguenza il fabbisogno medio annuo Vsa risulta:

$$V_{sa} = V_{sg} \cdot 365g$$

• ACQUE INDUSTRIALI

Per quanto riguarda l'acqua necessaria per le attività di cantiere, come lavaggio ruote, avanzamento cantiere, bagnatura aree o altro, potrà essere usata quella della riserva di cantiere, alimentata dal ciclo di trattamento delle acque di cantiere stesse o quella stoccata nelle apposite cisterne, alimentate dall'acquedotto o tramite autobotti.

Di seguito vengono valutate le quantità giornaliere ed annue necessarie per le attività di cantiere.

• Fabbisogno per la produzione calcestruzzo

Considerando una produzione media di circa 150 mc di calcestruzzo al giorno (dato di esempio), si prevede un consumo medio giornaliero di acqua pari a: $V_{gc} = 28 \text{ mc/giorno}$. Di conseguenza il fabbisogno medio annuo risulta: $V_{ca} = 28 \text{ mc/g} \cdot 365g = 10220 \text{ mc/anno}$.

· Fabbisogno per il lavaggio ruote

Il fabbisogno di acqua necessaria per il lavaggio ruote dei mezzi all'uscita dal cantiere viene calcolato stimato per prima cosa il numero dei mezzi in transito al giorno, e il consumo d'acqua necessario per un lavaggio. Ipotizzando a titolo esemplificativo un transito di 15 mezzi/giorno ed un consumo d'acqua per il lavaggio pari a 2500 l, il consumo giornaliero dell'acqua risulta:
 $V_{gl} = 2.5 \text{ mc/mezzo} * 15 \text{ mezzi/g} = 37.5 \text{ mc/g}$.

Si fa notare che l'acqua utilizzata per il lavaggio ruote può essere raccolta nella vasca delle acque reflue ed inviata all'impianto di trattamento in modo da essere completamente riutilizzata. Durante l'operazione di lavaggio si può stimare che vengano "persi" circa 100 l (il mezzo uscendo dall'impianto rilascia acqua). Pertanto, si assume che il vero fabbisogno sia la quantità d'acqua che va reintegrata per eseguire le operazioni di lavaggio.

Il fabbisogno giornaliero risulta dunque (sempre a titolo esemplificativo):

$$V_{gl}' = 0.1 \text{ mc/mezzo} * 15 \text{ mezzi/g} = 1.5 \text{ mc/g}$$

e quello annuo:

$$V_{al}' = 1.0 \text{ mc/g} * 365 \text{ g} = 547.5 \text{ mc/anno}$$

· Bagnature e pulizia piazzali, piste di cantiere e aree di lavoro

Si stima il fabbisogno d'acqua per questa attività; ipoteticamente, supponendo l'uso di una autocisterna al giorno di capacità di 10000 l, tale fabbisogno giornaliero risulta pari a $V_{gb}=10 \text{ mc/g}$, e il fabbisogno annuo risulta pari a: $V_{ba}= 10 \text{ mc/g} * 365 \text{ g} = 3650 \text{ mc/anno}$.

· Lavaggio canale autobetoniere

Per il lavaggio delle canale può essere realizzata una vasca dotata di un pozzetto decantatore per i fanghi. L'acqua di sfioro dal pozzetto decantatore sarà quindi inviata all'impianto di trattamento. Per il lavaggio delle canale verranno utilizzate quantità d'acqua limitate. Il lavaggio delle canale delle betoniere si può pensare che sarà eseguito dunque dalla riserva in dotazione della betoniera.

· Lavaggio mezzi

Si potrà prevedere che le acque utilizzate dall'impianto di lavaggio mezzi vengano scaricate in un pozzetto di raccolta ed inviate all'impianto di trattamento delle acque reflue industriali. Per ogni cantiere verrà quindi stimata, in base alla tipologia e grandezza del cantiere, lo scarico di una certa quantità di acqua al giorno. Il fabbisogno giornaliero d'acqua per questa attività si può stimare pari a: $V_{gm} = 2 \text{ mc/g}$. Il fabbisogno annuo risulta pari a: $V_{ma} = 2 \text{ mc/g} * 365 \text{ g/anno} = 730 \text{ mc/anno}$.

In base a questo volume si calcola la corrispondente portata media giornaliera pari a:

$$\text{Portata media giornaliera} = \text{scarico acqua al giorno [l]} / 86400 \text{ [s]}$$

· Consumo totale acque industriali

Il fabbisogno totale annuo per le attività del cantiere risulterà dunque pari alla somma di tutte le quantità appena elencate:

$$V_a = V_{ac} + V_{al} + V_{ab} + V_{am}$$

ed il fabbisogno giornaliero:

$$V_g = V_{gc} + V_{gl} + V_{gb} + V_{gm}$$

Questa quantità d'acqua corrisponde ad una certa portata media annua Q in l/s ed è relativa alla portata media di consumo del cantiere.

Calcolati i volumi totali utilizzati, si procede al calcolo dei volumi delle acque trattate e riutilizzate all'interno del cantiere.

VOLUMI D'ACQUA TRATTATI E RIUTILIZZATI (TRATTATO)

• SISTEMA DI RICIRCOLO DELLE ACQUE E RIUTILIZZO NEL PROCESSO PRODUTTIVO

L'acqua reflua trattata dovrà essere più possibile riutilizzata nel processo produttivo e solo in caso di esubero essere convogliata nel punto di scarico.

Per il recupero, a valle dell'impianto di trattamento delle acque reflue può essere ubicata la vasca delle acque trattate. Da questa vasca può essere prevista ad esempio l'alimentazione degli impianti di lavaggio ruote e l'alimentazione dei serbatoi di accumulo del cantiere. Da questi serbatoi sarà prelevata l'acqua per le varie attività di cantiere come: avanzamento cantiere, lavaggio piazzali, riserva antincendio, lavaggio ruote ecc. Ai fini di valutazione dei volumi d'acqua che vengono riutilizzati all'interno del cantiere a seguito del trattamento, si può fare riferimento, a titolo esemplificativo e non esaustivo, alle condizioni seguenti:

· per il lavaggio ruote di 15 mezzi al giorno, viene prodotto e riutilizzato un volume giornaliero pari a $V_{grl} = (2.5-0.1)*(15) = 144 \text{ mc/g}$;

· le acque meteoriche dilavanti (relative alle aree di percorso mezzi): considerando circa 80 giorni piovosi all'anno, la precipitazione media di 10 mm e la superficie dell'area di cantiere, si calcola il volume annuo accumulato e trattato delle acque meteoriche di V_{arp} in mc/anno. Da qui risulta un volume medio giornaliero (ovviamente distribuito in modo disomogeneo nell'arco dell'anno) $V_{grp} = \dots \text{ mc/g}$;

· le acque reflue di lavaggio mezzi: viene riutilizzato, a seguito del loro trattamento, un volume giornaliero pari a $V_{grm} = 2 \text{ mc/g}$ ed annuo pari a $V_{arm} = \dots \text{ mc/anno}$.

Di conseguenza risulta che giornalmente viene prodotto e riutilizzato, a seguito del trattamento delle medesime, un volume di acque pari a:

$$V_{gar} = V_{grl} + V_{grp} + V_{grm} = \dots \text{ mc/g},$$

ed annualmente pari a:

$$V_{aar} = V_{arl} + V_{arp} + V_{arm} = \dots \text{ mc/anno}.$$

Dal rapporto tra i valori dell'acqua trattata riutilizzata e dell'acqua totale utilizzata all'interno del cantiere, come calcolato in precedenza, si ha la percentuale di seguito indicata, ottenuta dall'ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento:
 $Vaar/Va = \dots\%$

C. Utilizzo di verde autoctono per ridurre uso di pesticidi e fertilizzanti

Nel caso si ipotizzi di aver sviluppato un intervento di rinaturazione che preveda l'utilizzo di n.11 specie autoctone e N.2 specie alloctone, applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► $\text{Numero specie autoctone} / \text{Numero specie totali} = 11 / 13 * 100 = 84\%$

D. Efficienza dell'inserimento paesaggistico

Per l'applicazione del calcolo dell'indicatore si propone un esempio relativo al cantiere infrastrutturale. A titolo esemplificativo di seguito sarà fornito un più esaustivo schema con gli elementi del paesaggio che concorrono alla definizione delle tre componenti precedentemente elencate nell'ambito della descrizione dell'indicatore ambientale. Occorre precisare che quanto in questa sede è definito schema rappresenta l'insieme delle verifiche necessarie da effettuarsi in via preliminare, verifiche volte, non solo all'individuazione di eventuali misure di mitigazione da adottare in corso d'opera, ma soprattutto utili alla definizione dei contenuti minimi del progetto di inserimento paesaggistico e ripristino delle aree di cantiere.

Agli elementi nello schema sopra è possibile associare una valenza specifica in caso in cui insistano su determinate porzioni di territorio forme di tutela diretta o indiretta come richiamato precedentemente in riferimento alle definizioni del Codice dei beni culturali e del paesaggio DLgs 42/2004, in tal caso le componenti che definiscono il sistema paesaggistico e agli elementi che concorrono a tale definizione sono relazionate al tipo di tutela.

COMPONENTI	ELEMENTI DI PAESAGGIO	FORME DI TUTELA
<i>fisico-biologiche ed ecologiche ambientali</i>	caratteri morfologici tipologie di contesto specifico	Aree di notevole interesse pubblico Aree tutelate per legge
<i>antropiche</i>		Beni di interesse culturale dichiarato Immobili e aree di notevole interesse pubblico Ulteriori contesti oggetto di specifiche misure di tutela e salvaguardia
<i>percettive</i>	assi di fruizione visiva	Aree di notevole interesse pubblico, bellezze d'insieme e bellezze panoramiche

Muovendo dallo schema sviluppato in fase di definizione dell'indicatore applicabile al raggiungimento della strategia per la tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali il risultato è garantito dalla predisposizione degli elaborati utili all'individuazione delle componenti e degli elementi strutturanti il paesaggio eventualmente relazionate alle forme di tutela attive su quella data porzione di territorio oggetto di studio.

La finalità è quella di individuare gli elementi connotanti il contesto paesaggistico di riferimento per ottenere il quadro più esaustivo possibile della condizione ex ante oggetto di ripristino o oggetto di progettazione mirata al miglioramento di una data situazione. L'analisi è, inoltre, necessaria ad individuare le parti del territorio interessate dalla cantierizzazione che risultano paesaggisticamente sensibili dove si pongono le condizioni perché vengano adottate misure di mitigazione o attenzioni particolari.

COMPONENTI	ELEMENTI DI PAESAGGIO
<i>fisico-biologiche ed ecologiche ambientali</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>caratteri morfologici:</i> pianura - fondovalle - collina
<i>antropiche</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>tipologie di contesto specifico:</i> urbano - urbano di frangia - agricolo produttivo - agricolo tradizionale - boschivo
<i>percettive</i>	<ul style="list-style-type: none"><i>assi di fruizione visiva:</i> strade ad alta, medio e bassa frequentazione

Per individuare le aree in cui è necessario intervenire si propone lo schema di seguito rappresentato nella tabella successiva.

INDIVIDUAZIONE DELLE COMPONENTI DI PAESAGGIO → TRAMITE		EVENTUALI FORME DI TUTELA
fisico-biologiche ed ecologiche ambientali		
<i>caratteri morfologici</i>	Lettura dell'assetto morfologico	Aree di notevole interesse pubblico
	Perimetrazione delle aree a carattere prevalentemente naturale e semi naturale con specifiche sulla tipologia e qualità delle associazioni vegetazionali	Aree tutelate per legge
antropiche		
<i>tipologie di contesto specifico</i>	Caratterizzazione della tipologia di insediamento con specifico riguardo agli insediamenti di tipo tradizionale	Aree di notevole interesse pubblico
	Caratterizzazione del paesaggio agricolo con specifico riguardo alle colture tradizionali	Aree tutelate per legge Beni di interesse culturale dichiarato Immobili e aree di notevole interesse pubblico Ulteriori contesti oggetto di specifiche misure di tutela e salvaguardia
percettive		
<i>assi e punti di fruizione e visiva</i>	Individuazione degli assi di fruizione visiva attenendosi a quanto espressamente previsto dal DPCM 12.12.2005	Aree di notevole interesse pubblico, bellezze d'insieme e bellezze panoramiche
	Individuazione dei punti di vista da cui è possibile godere di beni paesaggisticamente rilevanti (beni culturali, bellezze panoramiche oggetto di vincolo dichiarativo, luoghi dell'identità territoriale) tramite la realizzazione di report fotografici	

Partendo dai criteri schematizzati precedentemente si riporta a titolo di esempio quella che può essere definita situazione tipo nella cantierizzazione delle infrastrutture nell'ambito del paesaggio agricolo.

INDIVIDUAZIONE DELLE COMPONENTI DI PAESAGGIO IN PROSSIMITÀ DELLE AREE DI CANTIERE		EVENTUALI FORMA DI TUTELA
fisico-biologiche ed ecologiche ambientali		
<i>caratteri morfologici</i>	pianura	Legge 144/1951 concernente il divieto di abbattimento degli alberi da ulivo Eventuali Leggi Regionali
	erbacce: seminativi	
	piante a portamento arboreo: uliveti	
antropiche		
<i>tipologie di contesto specifico</i>	insediamento agricolo tradizionale: masserie	Beni di interesse culturale dichiarato Aree di notevole interesse pubblico: bellezze d'insieme istituita con DM del XX/XX/XXXX Ulteriori contesti oggetto di specifiche misure di tutela e salvaguardia
	appezzamenti agricoli delimitati da muri a secco uliveti	
percettive		
<i>assi e punti di fruizione e visiva</i>	strade statali e provinciali ad alta frequentazione	Aree di notevole interesse pubblico: bellezze panoramiche istituita con DM del XX/XX/XXX
	individuazione tramite la realizzazione di report fotografici dei punti di vista da cui si percepiscono con chiarezza: • uliveti • masserie	

Dall'esempio è quindi evidente che nelle aree di cantiere prossime a quegli elementi connotanti il paesaggio evidenziate in verde è possibile intervenire tramite l'applicazione buone pratiche al fine di perseguire la strategia, come nell'esempio applicativo rappresentato di seguito.

CARATTERI DEL PAESAGGIO DA SALVAGUARDARE IN PROSSIMITÀ DELLE AREE DI CANTIERE		ESEMPI DI BUONE PRATICHE
aree di cantiere che interessano o sono in prossimità di:		
Tipo di componenti strutturanti il paesaggio	Eventuali forme di tutela attive	
insediamento agricolo tradizionale: masserie	Beni di interesse culturale dichiarato	Protezione/schermatura
appezzamenti agricoli delimitati da <ul style="list-style-type: none"> muri a secco uliveti 	Ulteriori contesti oggetto di specifiche misure di tutela e salvaguardia	Catalogazione e stoccaggio del materiale costruttivo dei muri a secco
	Legge 144/1951 concernente il divieto di abbattimento degli alberi da ulivo	Individuazione di vivai locali e/o creazione di vivai temporanei per lo stoccaggio temporaneo delle piante eventualmente interessate
	Eventuali Leggi Regionali	Individuazione delle modalità di salvaguardia e monitoraggio in c.o. dello stato di conservazione del materiale stoccato
punti di vista da cui si percepiscono con chiarezza gli elementi strutturanti il paesaggio: uliveti e masserie	Aree di notevole interesse pubblico: beni d'insieme e bellezze panoramiche istituita con DM del XX/XX/XXX	Protezione/schermatura
		Monitoraggio per mezzo di una campagna fotografica atta alla verifica dello stato di conservazione del bene paesaggistico interessato, ovvero che non si verifichino ulteriori condizioni di pregiudizio nella fruizione del bene

STRATEGIA 6: Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni

A. Coefficiente di riutilizzo esterno

Nel caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- la produzione totale di terre e rocce da scavo ammonta a circa 500.000 mc;
- i quantitativi di terre e rocce da scavo riutilizzate nell'ambito dello stesso appalto ammontano a circa 300.000 mc;
- le terre e rocce da scavo in esubero non riutilizzabili nell'ambito dello stesso appalto ammonta a circa 200.000 mc (500.000 mc – 300.000 mc);
- le terre e rocce da scavo in esubero riutilizzate in opere/interventi esterni in qualità di sottoprodotti ammontano a circa 150.000 mc;
- le terre e rocce da scavo non riutilizzabili in opere/interventi esterni in qualità di sottoprodotti e pertanto gestite in qualità di rifiuti ammontano a circa 50.000 mc;
- le terre e rocce da scavo in esubero gestite in qualità di rifiuti attraverso il conferimento ad impianto di recupero autorizzato in procedura semplificata o in procedura ordinaria ammontano a 40.000 mc;
- le terre e rocce da scavo in esubero gestite in qualità di rifiuti attraverso il conferimento a discarica autorizzata (discarica per rifiuti inerti, discarica per rifiuti non pericolosi, discarica per rifiuti pericolosi) ammontano a 10.000 mc;

applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► *Coefficiente di riutilizzo esterno* = $150.000 \text{ mc} / 200.000 \text{ mc} * 100 = 75\%$

B. Capacità di recupero

Nel medesimo caso del cantiere infrastrutturale sopraccitato, applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► *Capacità di recupero* = $40.000 \text{ mc} / 50.000 \text{ mc} * 100 = 80\%$

STRATEGIA 7: Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto

A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto

Nel caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- la quantità complessiva di prodotti approvvigionati (fabbisogno totale) è pari a 2.000 t;
- la fornitura di prodotti a basso impatto ambientale in possesso di certificazione EPD è pari a 368 t;

► *Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto* = $368 \text{ t} / 2.000 \text{ t} * 100 = 18,4\%$

B. Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato

Il presente indicatore prevede la compilazione di una check list relativa a materiali e forniture, utilizzati in cantiere, dotati di certificazioni ambientali.

C. Coefficiente di riduzione CO_{2eq} in funzione della produzione del prodotto

Di seguito è riportato un esempio di raffronto tra progetto posto a base di gara e progetto offerto, relativi ad una nuova infrastruttura. Le quantità derivano dal computo e dalle migliori progettuali individuate, mentre per i coefficienti di emissione sono stati considerati valori medi nazionali per il progetto a base gara e dati derivanti da EPD (laddove disponibili) per i materiali relativi al progetto d'offerta. La finalità è dimostrare l'effettivo valore in termini di sostenibilità, espresso come riduzione di CO_{2eq} emessa, apportato dalle scelte progettuali offerte rispetto al progetto a base di gara.

Tabella 03 Potenziale impatto per il Progetto posto a base di gara

Progetto posto a base di gara	U.M.	Quantità	coeff. GWP [kgCO _{2eq} /U.M.]	GWP [tCO _{2eq}]
Acciaio riciclato per armature/tiranti/chiodature	1 kg	9,719,371.65	0.830	8,067.08
Acciaio zincato (lamiera stirata)	1 kg	16,617.10	2.540	42.21
Calcestruzzo	Cemento	1 kg	22,786,604.88	0.780
	Inerti	1 kg	118,680,233.75	0.004
Calcestruzzo prefabbr.	Acciaio riciclato per arm.	1 kg	26,481.24	0.830
	Cemento	1 kg	54,028.48	0.780
	Inerti	1 kg	281,398.31	0.004
Conglomerati bituminosi	1 m ³	760.05	728.430	553.64
Pavim. Calcestruzzo	Cemento	1 kg	1,560,057.72	0.780
	Inerti	1 kg	8,125,300.63	0.004
Totale				28,225.80

Tabella 04 Potenziale impatto per il Progetto Progetto d'Offerta

Progetto d'offerta	U.M.	Quantità	coeff. GWP [kgCO _{2eq} /U.M.]	GWP [tCO _{2eq}]
Acciaio riciclato per armature/tiranti/chiodature	1 kg	8,039,369.30	0.553	4,445.77
Acciaio zincato (lamiera stirata)	1 kg	9,135.00	5.320	48.60
Calcestruzzo	Cemento	1 kg	20,407,196.16	0.632
	Inerti	1 kg	106,287,480.00	0.004
Calcestruzzo prefabbr.	Acciaio riciclato per arm.	1 kg	885,368.06	0.830
	Cemento	1 kg	1,806,376.42	0.632
	Inerti	1 kg	9,408,210.53	0.004
Conglomerati bituminosi	1 m ³	760.05	728.430	553.64
Pavim. Calcestruzzo	Cemento	1 kg	1,570,693.80	0.632
	Inerti	1 kg	8,180,696.88	0.004
Totale				21,310.03

Tabella 05 Raffronto del potenziale impatto delle due configurazioni

Raffronto GWP [tCO _{2eq}]			
Progetto Base Gara	Progetto d'Offerta	Differenza PdO-PBG	Riduzione CO _{2eq}
28,225.80	21,310.03	-6,915.77	-24.5%

D. Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità

Il presente indicatore prevede la compilazione di una check list relativa a materiali e prodotti, utilizzati in cantiere, con evidenza delle caratteristiche in termini di manutenibilità e durabilità, nonché requisiti minimi ambientali.

STRATEGIA 8: Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche

A. Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento

Al fine di raggiungere gli obiettivi richiesti nel paragrafo 5.3.8.A, dovranno essere redatte:

- Un' *Analisi energetica preliminare*, riferita ai futuri consumi stimati del cantiere;
- Una *Diagnosi energetica*, da eseguire nella fase di esercizio dell'opera, riferita ai consumi reali del cantiere.

Ad esempio, per un cantiere infrastrutturale, un'analisi energetica si può considerare redatta esaustivamente se dall'analisi del contesto in cui è inserito il cantiere, vengono individuati e svolti i seguenti punti:

1. Definizione del perimetro d'analisi

Nello specifico dovrà essere individuato il perimetro dell'analisi e riportata una descrizione del contesto del cantiere, delle utenze poste sotto analisi, della tipologia di lavorazioni svolte, dei mezzi e delle apparecchiature utilizzati, del campo base, etc.. Al fine di descrivere il perimetro ed il contesto di analisi dovranno essere utilizzate planimetrie, nonché tabelle di riepilogo.

2. Censimento delle utenze e dei centri di consumo

Il punto si ritiene esaustivo in presenza di un censimento in grado di riportare le utenze a carattere energetico che saranno presenti in cantiere. Si specifica che dovranno essere ricompresi anche i mezzi di trasporto e di cantiere, nonché tutte le utenze elettriche e termiche fisse. Il censimento dovrà avere un livello di dettaglio tale da permettere la redazione di un modello energetico teorico in grado di fornire una stima dei fabbisogni del cantiere più accurati possibile. Si specifica che, nella successiva fase di diagnosi energetica, tale stima sarà confrontata con i valori dei consumi energetici reali.

3. Modello energetico teorico e ripartizione dei consumi

Facendo riferimento a quanto riportato nel documento "Linee Guida e Manuale Operativo" dell'ENEA, per ogni vettore energetico, (elettrico, termico, combustibili, etc.) acquistato/utilizzato nel sito in esame, è necessario costruire il modello energetico teorico con o scopo di suddividere i consumi annui del vettore specifico tra le diverse utenze presenti nel sito stesso. In sostanza si dovrà realizzare un inventario il più dettagliato possibile delle utenze che consumano quel vettore energetico e associare a ciascuna utenza il relativo consumo.

La ripartizione dei consumi dovrà essere eseguita almeno per: usi (a titolo esemplificativo civile/attività di cantiere/trasporto/etc.) e servizi (a titolo esemplificativo: climatizzazione, illuminazione, etc.). La tipologia di ripartizione dovrà raggiungere un livello di dettaglio tale da permettere l'implementazione dei KPI richiesti dall'indicatore.

Di seguito un esempio di modello energetico relativamente al vettore energia elettrica.

Modello Energetico													
ID Utenza	Utenza	Tipologia d'uso	Area funzionale	Classificazione	Potenza Nominale [kW]	# Unità Installate	Potenza Nominale [kW]	Fattore d [kW]	Potenza Assorbita [kW]	Ore di lavoro [ore/anno]	giorni lavoro [ore/anno]	Energia Assorbita [kWh/anno]	% sul totale TEP
1	Linea split	Condizionamento	Campo base edificio 1	Servizi ausiliari	1	5	7.00	40%	2.80	24	365	8.760	24.52%
2	Torri ferro alla pressatura local metallo	Illuminazione	Zona lavoro x	Servizi generali	10	10	6.40	100%	6.40	12	365	4.368	20.02%
3	Condizionatore marca x	Condizionamento	Campo base edificio 1	Servizi generali	2	2	3.60	40%	1.44	24	365	5.760	12.61%
4	Condizionatore marca y	Condizionamento	Campo base edificio 1	Servizi generali	2	2	3.40	50%	1.70	1	90	90	0.02%
5	Condizionatore marca z	Condizionamento	Campo base edificio 1	Servizi ausiliari	2	2	3.20	40%	1.28	24	365	5.760	11.21%
6	Scaldabagno	FM	Campo base edificio 1	Servizi generali	1	3	3.00	50%	1.50	2	200	400	0.20%
7	Compressore	Area compressa	Zona lavoro x	Servizi ausiliari	3	1	2.80	50%	1.30	24	365	5.760	11.38%
8	Condizionatore marca y	Condizionamento	Campo base edificio 1	Servizi ausiliari	2	1	2.40	30%	1.44	24	365	5.760	12.61%
9													

Figura 4 Esempio modello energetico

La struttura del modello dovrà essere applicata agli altri vettori energetici e opportunamente adattata in funzione delle specificità degli stessi. Ad esempio, per le auto, in luogo delle ore di lavoro potrebbero essere utilizzati i km percorsi.

1. Sviluppo KPI

Lo scopo di definire gli indici di prestazione energetica (KPI) è quello di individuare valori di riferimento tali da permettere di pianificare in modo appropriato una politica energetica e individuare dei livelli di efficienza ritenuti idonei. Tali valori possono essere relativi all'intero sito produttivo, ad un singolo processo produttivo, ad un'area/reparto aziendale o ad una singola fase del processo produttivo. Il KPI assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore l'energy driver e come numeratore il consumo di energia. A titolo puramente esemplificativo vengono riportati di seguito alcuni KPI.

Tabella 6 Esempi KPI

Servizio o Utenza analizzata	Fattore di riferimento
Illuminazione	kWh/mq
Climatizzazione	TEP/mq(climatizzato)*FC
Produzione acqua calda sanitaria	TEP/persona*anno
Campo base	TEP/persona*anno
Trasporto	TEP/t trasportata
Gallerie (Mezzi di cantiere)	TEP/km*FC
...	

Qualora le specifiche lavorazioni lo richiedano, si chiede all'appaltatore di integrare gli indici precedentemente riportati, attraverso nuovi KPI o migliorando quelli riportati. Qualora necessario, l'indicatore dovrà essere affiancato da opportuni fattori di correzione (FC).

Le performance energetiche dovranno essere confrontate con i valori di benchmark di letteratura, es. banca dati ENEA da documento "Benchmark di consumo energetico degli edifici per uffici in Italia".

Per i KPI innovativi, che potrebbero non presentare valori di letteratura di riferimento, l'elaborazione di tali KPI sarà comunque funzionale alla realizzazione di una banca dati per la costruzione di benchmark.

5. Individuare eventuali interventi di razionalizzazioni dell'energia al fine di ricondurre i valori dei KPI alle soglie di baseline stabilite.

Questa attività dovrà essere svolta qualora uno o più indicatori (KPI) dovessero evidenziare un livello prestazionale non idoneo, in quanto non in linea con il valore di benchmark. In questo caso dovrà essere adottata una misura correttiva in grado di ricondurre il valore del KPI ai valori idonei. Dall'analisi dovranno emergere indicazioni circa i livelli di efficienza raggiunti.

I risultati dell'**analisi energetica preliminare** dovranno essere confrontati con quelli derivanti dalla **Diagnosi energetica (DE)** relativa alla fase di esercizio.

La DE sarà svolta sulla base di dati relativi ai consumi reali della fase di esercizio derivanti da fatture/sistemi di monitoraggio/misura. La relazione di DE verrà considerata esaustiva qualora contenga le medesime attività di studio svolte per l'analisi energetica preliminare:

1. Definizione del perimetro d'analisi;
2. Censimento delle utenze e dei centri di consumo;
3. Modello energetico e ripartizione dei consumi;
4. Sviluppo KPI;
5. Individuazione interventi di razionalizzazioni dell'energia.

Circa il punto 5 sarà necessario valutare la fattibilità di interventi di efficientamento anche qualora i KPI si dimostrassero in linea con quelli di Benchmark. L'analisi economica dovrà tener conto della vita utile dell'intervento con riferimento ai tempi di attività del cantiere stesso.

B. Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale

Di seguito a titolo esemplificativo si riporta il caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- Il consumo complessivo di energia elettrica su base annua è pari a 900 MWh;
- L'energia elettrica prodotta in cantiere da fonti rinnovabili è pari a 10 MWh, di cui 8 MWh vengono auto-consumati;
- L'energia elettrica deriva da un punto di consegna dell'energia elettrica;
- viene stipulato un accordo con il fornitore di energia grazie al quale il 40,0% dell'energia acquistata sarà derivante da fonti energetiche rinnovabili (certificate tramite idonee garanzie di origine). Di conseguenza la restante parte dell'approvvigionamento da rete avrà come % di fonti primarie utilizzate la struttura riportata nella tabella 1- Mix energetico nazionale.

Facendo riferimento all'ultimo aggiornamento fornito dal Gestore dei Servizi Energetici, GSE Spa, il mix energetico ha la struttura riportata nella tabella seguente.

Tabella 7 Mix energetico nazionale

Fonti primarie utilizzate	
- Fonti rinnovabili (FER)	45,0%
- Carbone	6,3%
- Gas naturale	42,3%
- Prodotti petroliferi	0,5%
- Nucleare	3,2%
- Altre fonti	2,7%

È possibile ora applicare la formula relativa al suddetto indicatore, ottenendo quanto segue:

Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale = $[(900-8)*0,40+8+(900-8)*(1-0,40)*0,45]/900 = 67,3\%$

Con riferimento a questo esempio, L'indicatore risulta idoneo in quanto maggiore di circa 22 punti percentuali (67,3% - 45,0%) rispetto al valore riportato nel MIX energetico nazionale fornito dal GSE.

C. Produzione di rinnovabili in cantiere (energia, acqua, etc.)

Di seguito a titolo esemplificativo si riporta il caso di un cantiere infrastrutturale, nel quale, con riferimento al campo base e ai cantieri operativi, si ha:

- Un consumo di energia elettrica su base annua pari a 100 MWh;
- Un consumo di gas naturale su base annua pari a 1.000 smc;
- Un valore di energia elettrica prodotta in cantiere da fonti rinnovabili pari a 10 MWh;

Si procede con la conversione in TEP dei valori relativi ai consumi energetici, come riportato nella tabella seguente.

Tabella 8 Conversione in TEP dei consumi del campo base

Vettore energetico	TEP/anno
Energia elettrica	18,7
Gas naturale	0,8
TOTALE	19,5

Successivamente si procede con la conversione in TEP dei valori relativi all'energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili, come riportato nella tabella seguente.

Tabella 9 Conversione in TEP dell'energia prodotta da fonti energetiche rinnovabili con riferimento al campo base

Tipologia sistema di produzione di energia da FER	TEP/a di energia prodotta
Impianto fotovoltaico	1,9

Con riferimento all'esempio, applicando l'indicatore di riferimento, si avrebbe:
Produzione di energia rinnovabile campo base e cantiere operativo = 1,9 TEP/19,5 TEP = 9,7%

STRATEGIA 9: Comunicazione

A. n° segnalazioni/criticità

L'indicatore è qualitativo e presuppone la compilazione di un documento informativo i cui contenuti minimi sono:

- numero di segnalazione ricevute in cantiere,
- numero di criticità rilevate in cantiere,
- analisi dei fattori scatenanti,
- indicazione circa l'individuazione di azioni.

La cadenza del documento potrebbe essere trimestrale.

La sintesi di questi rapporti periodici può restituire l'andamento delle criticità rilevate, l'analisi degli eventuali fattori da cui scaturisco e l'eventuale miglioramento ottenuto dalle azioni preventive.

B. Bollettini informativi

L'indicatore prevede la compilazione di documenti informativi ed implementazione di sistemi/presidi/strumenti per la comunicazione verso l'esterno.

Nel presente esempio si prevede la redazione di bollettini trimestrali i cui contenuti minimi sono:

- stato di avanzamento delle lavorazioni,
- analisi del trend dei valori di sostenibilità.

Il bollettino dovrà comprendere pertanto una serie di informazioni legate ad aspetti considerati in altri indicatori sia qualitativi che quantitativi (ad es quantità di rifiuti prodotti, massa di CO2 prodotta, n° di mezzi "sostenibili" utilizzati, capacità energetica, ecc.).

C. Visite/incontri

L'indicatore è qualitativo e presuppone la compilazione di un documento informativo i cui contenuti minimi sono:

- numero di visite di personale non direttamente coinvolto nelle lavorazioni (enti di controllo)
- numero di sanzioni/osservazioni rilevate da ente esterno
- andamento delle segnalazioni nel tempo,
- l'indicazione circa l'esecuzione di un'informativa su rischi specifici di cantiere, l'accesso o la quantità di personale in fasi critiche (chiusura lavori, collaudi, audit, verifiche preliminari, ecc.).
- numero di incontri sia tra lo staff di cantiere,
- numero di incontri con le rappresentanze sindacali,
- numero di incontri con gli stake holder locali.

D. Protocolli di intesa

A titolo esemplificativo si citano gli accordi tra Committente e ASL regionali e facoltà universitarie finalizzati all’elaborazione di note interregionali, per la previsione di presidi medici e infermieristici permanente per tutta la durata del cantiere all’interno del campo base (presidio h 24 con medico). La funzione di questo presidio è legata all’attività lavorativa specifica del cantiere; a tale funzione possono essere aggiunte altre attività, tra cui promuovere vaccinazioni o programmi di screening. In particolare, durante l’emergenza sanitaria legata al COVID, i presidi sono state attrezzati per l’esecuzione di screening e tamponi in forma volontaria.

STRATEGIA 10: Integrazione degli aspetti sociali

A. Utilizzo di maestranze locali

Ad esempio, nel caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- le lavorazioni specialistiche vengono affidate a personale esperto residenti nel territorio interferito e/o con domicilio entro un raggio di 50 km dalla sede del cantiere nella misura di 250;
- il cantiere impiega in totale 350 maestranze;

applicando il suddetto indicatore si ottiene:

► *Utilizzo di maestranze locali* = $250 / 350 = 71\%$

B. Coinvolgimento di fornitori locali

Ad esempio, nel caso di un cantiere infrastrutturale in cui:

- si abbiamo n. 27 forniture provenienti da venditori presenti nel territorio interferito e/o con sede legale o operativa entro un raggio di 50 km dal cantiere;
- nel cantiere si registrano 120 forniture totali.

applicando il suddetto indicatore si avrebbe:

► *Utilizzo di fornitori locali* = $27 / 120 * 100 = 22,5\%$

C. Diversità tra i dipendenti

L’indicatore fa riferimento alla misura quantitativa della diversità all’interno dell’organizzazione dell’impresa esecutrice ed è riferito alle categorie di genere e fascia di età; nel caso in esame sono state scelte: età inferiore ai 30 anni; età compresa tra 30 e 50 anni; età superiore ai 50 anni. Altri indicatori di diversità (come minoranze o categorie vulnerabili) possono essere valutati se rilevanti.

Il confronto tra il grado di diversità dei dipendenti fornisce informazioni sulle pari opportunità offerte dall’organizzazione. Le tabelle seguenti possono essere utilizzate come traccia per tale analisi.

Distribuzione del personale per genere e inquadramento	Unità di misura
Totale lavoratori	n.
Categoria Professionale 1	n.
	%
- di cui donne	n.
- di cui uomini	n.
Categoria Professionale 2	n.
	%
- di cui donne	n.
- di cui uomini	n.
Categoria Professionale 3	n.
	%
- di cui donne	n.
- di cui uomini	n.
Incidenza donne	%
Incidenza uomini	%
Consistenza media annua	n.

Distribuzione del personale per fasce d'età	Unità di misura
Totale organico	n.
Inferiore a 30 anni	n.
	%
Da 30 a 50 anni	n.
	%
Oltre 50 anni	n.
	%

D. Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza

Per il presente indicatore è necessario redigere un documento esplicativo tutti gli elementi di sostenibilità connessi alla gestione della salute e della sicurezza all'interno del cantiere, che permetta di riepilogare, anche eventualmente con cadenza temporale, l'andamento degli stessi.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, si possono considerare i seguenti elementi:

- pianificazione corsi di formazione erogata ai dipendenti in materia di salute e sicurezza e ESG (Environmental, Social and Governance);
- n. ore di effettiva formazione erogata ai dipendenti in materia di salute e sicurezza e ESG (Environmental, Social and Governance);
- pianificazione programmi aggiuntivi di formazione legati ad attività specifiche (ad es. manovre in autostrada e nelle relative pertinenze);
- n. ore di effettiva formazione erogata legata ad attività specifiche (ad es. manovre in autostrada e nelle relative pertinenze);
- n. di infortuni sul lavoro e analisi delle casistiche;
- esecuzione campagna di prevenzione malattie cardio vascolari legate al fumo e programmi anti fumo;
- n. accessi in cantiere (esecuzione accesso mediante cartellini identificativi con contestuale registrazione).

ALLEGATO 3

Matrice Strategie/Indicatori

N.	Strategie	Indicatori		Unità di misura	Metodologia di calcolo
1	Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Coefficiente di riutilizzo interno	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo totale di risorsa prodotta in cantiere
		B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo totale di risorsa necessaria per soddisfare il fabbisogno totale
		C	Efficienza di riutilizzo	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo di risorsa potenzialmente utilizzabile
2	Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A	Caratteristiche mezzi e attrezzature	/	Compilazione check-list
		B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	%	Rapporto tra il numero di mezzi e/o attrezzature basso emissive impiegate in cantiere ed il numero complessivo di mezzi e/o attrezzature complessivamente presenti in situ
3	Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno	%	Ton CO2eq riutilizzo interno/ton CO2eq movimentazione totale (compreso riutilizzo interno)
		B	Controllo delle polveri in cantiere	/	Compilazione documentazione/relazione descrittiva
4	Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	Piano dei trasporti di cantiere	/	Compilazione documentazione/relazione descrittiva
		B	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	/	Compilazione documentazione/relazione descrittiva
		C	Coefficiente di impermeabilizzazione aree di cantiere	%	Rapporto tra superficie (mq) delle aree oggetto di protezione/ impermeabilizzazione e le superfici (mq) complessivamente occupate dalle aree di cantiere
		D	Filtering up	%	Rapporto tra le aree oggetto di interventi di miglioramento (mq) e la superficie complessiva interessata dall'intervento (mq)
5	Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	Piano Gestione Emergenze ambientali	/	Compilazione documentazione/relazione descrittiva
		B	Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	%	Recuperato/utilizzato
		C	Utilizzo di verde autoctono per ridurre uso di pesticidi e fertilizzanti	%	Numero specie autoctone/ Numero specie totali
		D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico	/	Progetto di inserimento paesaggistico e ripristino delle aree di cantiere
6	Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	A	Coefficiente di riutilizzo esterno	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata esternamente e il quantitativo totale di risorsa in esubero
		B	Capacità di recupero	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa recuperata in impianti/processi esterni autorizzati e il quantitativo totale di risorsa in esubero gestita in qualità di rifiuto
7	Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto	%	Rapporto tra quantità di prodotti a basso impatto ambientale (contenuto di riciclato, certificazione EPD, ecc) impiegati in cantiere e la quantità complessiva di prodotti approvvigionati (fabbisogno totale)
		B	Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato	/	Compilazione check list
		C	Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione del prodotto	%	Riduzione di CO2eq
		D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità	/	Compilazione check list
8	Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento	/	Compilazione
		B	Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale	%	Energia elettrica consumata proveniente da fonti energetiche rinnovabili su base annua (MWh) /fabbisogno di energia elettrica annua (MWh)
		C	Produzione di rinnovabili in cantiere	%	Energia rinnovabile prodotta annua (TEP) /fabbisogno energetico del campo base e del cantiere operativo esclusi i mezzi d'opera e di trasporto (TEP)
9	Comunicazione	A	Segnalazioni/criticità	/	Compilazione documento informativo
		B	Informative/Info point	/	Compilazione di documenti informativi ed implementazione di sistemi/presidi/strumenti per la comunicazione
		C	Visite/incontri	/	Compilazione documento informativo
		D	Protocolli d'intesa	/	Documento esplicativo
10	Integrazione degli aspetti sociali	A	Utilizzo di maestranze locali	%	N° maestranze locali impiegate/n° maestranze totali impiegate
		B	Coinvolgimento di fornitori locali	%	N° di fornitori locali/ n° fornitori totali
		C	Diversità tra i dipendenti	%	N° dipendenti rientranti nelle categorie individuate/n° dipendenti totali
		D	Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	/	Documento riepilogativo sulla gestione della salute e della sicurezza all'interno del cantiere

ALLEGATO 4

Classi di rilevanza degli indicatori

Classi di rilevanza degli indicatori				OBIETTIVO 1	OBIETTIVO 2	OBIETTIVO 3	OBIETTIVO 4
				Contenimento delle emissioni	Tutela e salvaguardia degli elementi naturali e storici	Riuso e riciclo	Riduzione impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno
N.	Strategie	Indicatori		CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO
1	Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Coefficiente di riutilizzo interno	3		3	1
		B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia	3		3	1
		C	Efficienza di riutilizzo	2		3	1
2	Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A	Caratteristiche mezzi e attrezzature	2			2
		B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	1			2
3	Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno	3	1	2	3
		B	Controllo delle polveri in cantiere	3	2	1	3
4	Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	Piano dei trasporti di cantiere	3	1	1	3
		B	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	2	1	1	3
		C	Coefficiente di impermeabilizzazione aree di cantiere	2	2	2	2
		D	Filtering up	1	2	1	2
5	Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	Piano Gestione Emergenze ambientali	1	1	1	2
		B	Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	1	2	3	3
		C	Utilizzo di verde autoctono per ridurre uso di pesticidi e fertilizzanti	1	3	2	3
		D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico	1	2	1	3
6	Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	A	Coefficiente di riutilizzo esterno	3		3	
		B	Capacità di recupero	3		3	
7	Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto	2	1	1	2
		B	Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato	2	1	3	1
		C	Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione del prodotto	3	1	2	1
		D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità	1	1	2	2
8	Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento	1	1	1	1
		B	Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale	3	1	3	3
		C	Produzione di rinnovabili in cantiere	3	1	3	3
9	Comunicazione	A	Segnalazioni/criticità	2	3	1	2
		B	Informative/info point	1	3	1	3
		C	Visite/incontri	1	1	1	3
		D	Protocolli d'intesa	2	2	2	3
10	Integrazione degli aspetti sociali	A	Utilizzo di maestranze locali	2	1	1	3
		B	Coinvolgimento di fornitori locali	3	1	1	3
		C	Diversità tra i dipendenti	1	1	1	2
		D	Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	1	1	1	2
MASSIMO PUNTEGGIO RAGGIUNGIBILE DAI SOLI INDICATORI				77			

ALLEGATO 5

Esempio di calcolo per l'applicazione del presente documento

				OBIETTIVO 1	OBIETTIVO 2	OBIETTIVO 3	OBIETTIVO 4	PROGETTO/GARA				CANTIERE					
				Contenimento delle emissioni	Tutela e salvaguardia degli elementi naturali e storici	Riuso e riciclo	Riduzione Impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno										
N.	Strategie	Indicatori		Unità di misura	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	CLASSI DI RILEVANZA OBIETTIVO	DIGITALIZZAZIONE SUGGERITO	DIGITALIZZAZIONE	Approccio Digitalizzazione - Progettazione	DP Suggestito	BONUS	DIGITALIZZAZIONE SUGGERITO	DIGITALIZZAZIONE	Approccio Digitalizzazione - Realizzazione	DR Suggestito
1	Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Coefficiente di riutilizzo interno	%	3		3	1			DP1, DP3, DP4, DP6, DP10	DP3	0,6			DR1, DR2	DR2
		B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia	%	3		3	1			DP1, DP3, DP4, DP6	DP3	0,6			DR1, DR2	DR2
		C	Efficienza di riutilizzo	%	2		3	1			DP1, DP3, DP4, DP6, DP10	DP3	0,2			DR1, DR2, DR9	DR2
2	Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A	Caratteristiche mezzi e attrezzature	/	2			2			DP1, DP3, DP6, DP7, DP9	DP1				DR1, DR6, DR8	DR1
		B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	%	1			2			DP1, DP3, DP6	DP1				DR1	DR1
3	Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno	%	3	1	2	3			DP1, DP3, DP4, DP6, DP10	DP10	0,6			DR1	DR1
		B	Controllo delle polveri in cantiere	/	3	2	1	3			DP1, DP3, DP5, DP6, DP7, DP8, DP9	DP9		0,1		DR1, DR3, DR5, DR6	DR3
4	Ottimizzazione della localizzazione e della logistica del cantiere (aree, tempi, modalità)	A	Piano dei trasporti di cantiere	/	3	1	1	3			DP1, DP2, DP5, DP7, DP9	DP9				DR1, DR4, DR5, DR6, DR9	DR6
		B	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	/	2	1	1	3	0,2	0,1	DP1, DP2, DP3, DP4, DP5, DP6, DP7, DP8, DP9	DP6		0,2		DR1, DR4, DR5, DR6, DR7	DR5
		C	Coefficiente di impermeabilizzazione aree di cantiere	%	2	2	2	2			DP1, DP2, DP3, DP4, DP6, DP8	DP8				DR1, DR3, DR5	DR5
		D	Filtering up	%	1	2	1	2			DP1, DP2, DP3, DP4, DP6, DP8	DP8				DR1, DR3, DR5	DR5
5	Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	Piano Gestione Emergenze ambientali	/	1	1	1	2			DP1, DP5, DP7, DP8, DP9	DP9				DR1, DR4, DR5, DR6, DR7	DR6
		B	Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	%	1	2	3	3			DP1, DP4	DP4				DR1, DR3	DR3
		C	Utilizzo di verde autoctono	%	1	3	2	3			DP1, DP3, DP6, DP7, DP8	DP8				DR1, DR2, DR7	DR2
		D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico	/	1	2	1	3	0,2		DP1, DP2, DP3, DP5, DP6, DP7, DP8	DP7		0,2		DR1, DR2, DR5, DR7	DR5
6	Sinergia con cantieri/opere/interventi/impianti esterni	A	Coefficiente di riutilizzo esterno	%	3		3				DP1, DP3, DP6, DP10	DP10	0,6			DR1	DR1
		B	Capacità di recupero	%	3		3				DP1, DP3, DP6, DP10	DP10	0,6			DR1	DR1
7	Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	A	Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto	%	2	1	1	2			DP1, DP3, DP6, DP10	DP10				DR1	DR1
		B	Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato	/	2	1	3	1			DP1, DP3, DP6, DP10	DP10				DR1, DR8	DR8
		C	Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione del prodotto	%	3	1	2	1			DP1, DP3, DP6, DP10	DP10	0,6	0,2		DR1, DR8	DR8
		D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità	/	1	1	2	2			DP1, DP3, DP6, DP10	DP10	0,4			DR1, DR8	DR8
8	Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	Diagnosi Energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento	/	1	1	1	1			DP1, DP4, DP10	DP4				DR1, DR3	DR3
		B	Approvvigionamento del vettore Energia Elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale	%	3	1	3	3			DP1, DP10	DP10				DR1	DR1
		C	Produzione di rinnovabili in cantiere	%	3	1	3	3			DP1, DP10	DP10				DR1, DR3	DR3
9	Comunicazione	A	Segnalazioni/criticità	/	2	3	1	2			DP1, DP5, DP9	DP1		0,2	0,1	DR1, DR3, DR5, DR6, DR7, DR8, DR10	DR1
		B	Informativa/info point	/	1	3	1	3			DP1, DP5, DP9	DP1				DR1, DR6, DR7, DR8, DR10	DR1
		C	Visite/incontri	/	1	1	1	3			DP1, DP5, DP9	DP1		0,2		DR1, DR6, DR7, DR8, DR10	DR1
		D	Protocolli d'intesa	/	2	2	2	3			DP1	DP1				DR1	DR1
10	Integrazione degli aspetti sociali	A	Utilizzo di maestranze locali	%	2	1	1	3			DP1	DP1				DR1	DR1
		B	Coinvolgimento di fornitori locali	%	3	1	1	3			DP1	DP1				DR1	DR1
		C	Diversità tra i dipendenti	%	1	1	1	2			DP1	DP1				DR1	DR1
		D	Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	/	1	1	1	2			DP1, DP9	DP9				DR1, DR6	DR6
		INDICATORI P			41	0,40,14,210,2											
		CLASSE DI SOTENIBILITA' P			41,5	FATTORE BONUS0,2											
		MASSIMO PUNTEGGIO RAGGIUNGIBILE DAGLI INDICATORI			77												
		INDICATORI R			23												
		CLASSE DI SOTENIBILITA' R			69,9												

I gruppi di lavoro costituiscono il laboratorio dell'Associazione, dove le posizioni e le esperienze dei diversi protagonisti della filiera trovano il loro punto di incontro per condividere proposte in grado di contribuire ad orientare il mercato e i decisori verso una sostenibilità concreta e misurabile delle nostre infrastrutture.

Fanno parte del Gruppo di Lavoro:

COORDINAMENTO GENERALE

Patrizia Vianello | Ambiente spa

ADR-AEROPORTI DI ROMA

Rossella Bozzini
Paolo Cambula

AMBIENTE spa

Andrea Lucioni
David Giraldi
Francesca Tamburini
Gabriele Bertelloni
Giorgio Cardinali
Paolo Pipeschi
Paqui Moschini
Patrizia Vianello

CALZONI SPA

Giacomo Calzoni

EXENET SRL

Andrea Saralvo
Emanuela Marchi
Laura Racalbuto
Paolo Del Fabbro

FERALPI HOLDING SPA

Elia Zuin
Maurizio Fusato

**FERRIERE NORD SPA
(GRUPPO PITTINI)**

Giovanni Bairo

FS ITALIANE/ITALFERR

Carlo Marcucci
Daniela Putzu
Isabella Selmi
Elena Caci
Franco Nigro
Giuseppe Lalla

Marcantonio Germanà
Riccardo Di Prete
Sara Padulosi
Vito D'Addario

FS ITALIANE/RFI

Nicoletta Antonias
Alessio Aluffi
Andrea Tocci
Antonio Ranucci
Carlo Sinisi
Marco Fantozzi
Leonardo Mostocotto
Stefano Meuti
Chiara Gualtieri
Silvia Rapinesi
Raffaele Sciacca
Daniela Policriti

FUNZIONARIO PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Pietro Farinati (Comune di Padova)

GHELLA SPA

Francesca Lavorgna
Francesca Paracini
Francesco Mazzeo
Giovanna Bruni
Letizia Mazzeo
Michele Poli
Raffaella de Cupis
Cecilia Ravalli

HARPACEAS

Roberto Redaelli

HILTI

Alice Matteucci

ICMQ SPA

Silvia Ciraci

ICOP

Giacomo Petrucco

IMPRESA PIZZAROTTI SPA

Alessandro Zurlo

IRIDE

Antonella Santilli
Antonella Santilli
Daniela Silvestre
Ermelinda Cosenza
Filippo Tifi
Giacomo Pettinelli
Mauro Di Prete
Valerio Marconi
Valerio Veraldi

ITINERA SpA

Stafano Pesce
Giuliano Colli
Paola Desideri

ONE TEAM

Riccardo Perego
Elisa Colombo

PESARESI

Federico Angelini

POLICREO

Giovanni Brianti
Luca Cattani

POLITECNICA

Daniela Corsini
Francesco Fatichi

PROGER

Camilla Desideri
Emanuela Marra
Francesca Brunazzi
Francesca Di Girolamo
Francesca Mazza
Francois Salomone
Michele Napolitano
Monica Agostinone
Monica di Prinzio
Paola Di Nardo

SAIPEM

Maurizia Contu
Chiara Petrella
Maria Josè Scalia
Marco Micheli
Pierluigi Nunzi
Riccardo Vatta

SPEKTRA

Elena Piantelli

T.EN ITALY SOLUTIONS S.P.A.

Vincenzo Pellegrino
Marco Paoluzzi
Walter Bambara
Laura D'Andrea

TECNE

Evelin Giovannini
Fabio Occulti
Francesca Magnelli
Francesco Cipolli
Giovanni Inzerillo

TECNOSTRUTTURE

Giulia Daniele
Laura Ferrigo

WEBUILD

Margherita Santamicone

COORDINATORI SOTTOGRUPPI

Suolo e terre

Francesco Cipolli

Gestione acque e rifiuti

Giorgio Cardinali e Francesca Tamburini

Gestione dei rifiuti

Daniela Putzu e Vito D'Addario

Energia (gare RFI)

Riccardo Di Prete

Aria e clima

Evelin Giovannini

Gli agenti fisici

Vito D'Addario e Franco Nigro

Elementi biotici

Giorgio Cardinali

Ciclo di vita

Giovanni Brianti

Mobilità

Pietro Farinati

Ambiente sociale

Nicoletta Antonias

Sicurezza

Giulia Daniele

Digitalizzazione e Informatizzazione

Roberto Redaelli

**AIS - Associazione Infrastrutture
Sostenibili**

Alfredo Martini | Direttore



*infrastrutturesostenibili.org
info@infrastrutturesostenibili.org*

SEGRETERIA OPERATIVA

c/o FAST - Piazzale Morandi 2 - 20121 - Milano
TEL. +39. 379. 21 99 693

SEDE LEGALE

Via Numa Pompilio 2 - 20123 - Milano

