

PRASSI DI RIFERIMENTO

UNI/PdR 172

27 FEBBRAIO 2025

Cantiere sostenibile per le opere infrastrutturali - Strategie, indicatori e buone pratiche

Sustainable construction site for infrastructure works - Strategies, indicators and best practices

TESTO ITALIANO

ICS 91.040.01

SOMMARIO

La prassi di riferimento definisce, attraverso il perseguimento degli obiettivi ambientali, economici e sociali, le strategie e gli indicatori qualitativi e quantitativi utili alla valutazione della sostenibilità del cantiere di un'opera infrastrutturale, sia nella fase progettuale che realizzativa.

Essa propone l'utilizzo di uno strumento funzionale di indirizzo, utile a creare sinergie operative, che coinvolge gli attori del processo per attuare una visione sistemica della sostenibilità, mettendo a disposizione una metodologia di valutazione e un nuovo mezzo comunicativo che sintetizzi in modo chiaro e qualificato la sostenibilità del cantiere.

PREMESSA

La presente prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo UNI/PdR

Cantiere sostenibile per le infrastrutture

La presente prassi di riferimento è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed entra in vigore il 27 febbraio 2025.

© UNI

Riproduzione vietata ai sensi della Legge 22 aprile 1941 N° 633 e ss.mm.ii.

I contenuti del documento possono essere riprodotti o diffusi solo previa autorizzazione scritta di UNI.

Le prassi di riferimento UNI sono documenti tutelati da copyright pur essendo liberamente disponibili (in quanto preventivamente finanziate dalle parti interessate) previa registrazione.

Con l'utilizzo di questo documento (e con l'associazione a UNI) si partecipa al mantenimento e alla crescita di un sistema di autoregolamentazione che crea e tiene aggiornato lo stato dell'arte, a garanzia di una qualità disponibile e diffusa.

Le prassi di riferimento UNI sono prodotti della normazione elaborati grazie al contributo di coloro che hanno partecipato ai lavori, tutti i dettagli sull'iter sono riportati nella regolamentazione applicabile, disponibile sul sito www.uni.com (Chi Siamo - Documenti).

Si richiama l'attenzione sulla possibilità che alcuni degli elementi del presente documento possano essere oggetto di diritti di brevetto. UNI non deve essere ritenuto responsabile dell'identificazione di tali diritti di brevetto.

Le prassi di riferimento UNI sono riesaminate periodicamente e possono essere superate da nuove norme, pertanto è importante che l'utente si accerti di essere in possesso dell'edizione in vigore.

PREMESSA

La prassi di riferimento UNI/PdR 172:2025 non è una norma nazionale, ma è un documento pubblicato da UNI, come previsto dal Regolamento UE n.1025/2012, che raccoglie prescrizioni relative a prassi condivise all'interno del seguente soggetto firmatario di un accordo di collaborazione con UNI:

**AIS - Associazione Italiana per la Sostenibilità delle Infrastrutture -
INFRASTRUTTURE SOSTENIBILI**

Via Numa Pompilio, 2
20123 Milano

La prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo “ Cantiere sostenibile per le infrastrutture” condotto da UNI, costituito dai seguenti esperti:

Patrizia VIANELLO – Project Leader (ambiente S.p.A.)

Silvia CIRACI (ICMQ S.p.A. Società Benefit)

Angelo CIRIBINI (Università degli Studi di Brescia)

Sara FRISIANI (TECNE – Gruppo Autostrade per l'Italia)

David GIRALDI (ambiente S.p.A.)

Alfredo MARTINI (AIS)

Marco MONTESI (RFI S.p.A.)

Daniela Franca PUTZU (Italferr S.p.A.)

Roberto REDAELLI (Harpaceas srl)

SOMMARIO

INTRODUZIONE	6
1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	8
2 RIFERIMENTI NORMATIVI	8
3 TERMINI E DEFINIZIONI	9
4 PRINCIPIO	10
4.1 IL VALORE DELLA SOSTENIBILITÀ NELLA GESTIONE DEI CANTIERI INFRASTRUTTURALI	11
4.2 IL CONTRIBUTO DELLA DIGITALIZZAZIONE	12
5 IL MODELLO DI CANTIERE SOSTENIBILE	13
6 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI AMBIENTALI PER MISURARE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	16
6.1 MASSIMIZZAZIONE DEL RIUTILIZZO DELLE RISORSE NELL'AMBITO DEL CANTIERE	17
6.1.1 A - COEFFICIENTE DI RIUTILIZZO INTERNO	17
6.1.2 B - COEFFICIENTE DI AUTOSUFFICIENZA/AUTONOMIA	18
6.1.3 C - EFFICIENZA DI RIUTILIZZO	18
6.2 UTILIZZO DI MEZZI E ATTREZZATURE BASSO EMISSIVE	18
6.2.1 A - CARATTERISTICHE MEZZI E ATTREZZATURE	19
6.2.2 B - RAPPORTO MEZZI D'OPERA E/O ATTREZZATURE	19
6.3 MINIMIZZAZIONE E MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI DA AGENTI FISICI	20
6.3.1 A - COEFFICIENTE DI RIDUZIONE DI CO2 IN FUNZIONE DEL RIUTILIZZO INTERNO	20
6.3.2 B - CONTROLLO DELLE POLVERI IN CANTIERE	21
6.4 OTTIMIZZAZIONE DELLA LOCALIZZAZIONE E DELLA LOGISTICA DEL CANTIERE (AREE, TEMPI, MODALITÀ)	21
6.4.1 A - PIANO DEI TRASPORTI DI CANTIERE	22
6.4.2 B - DEFINIZIONE DI UN LAYOUT DI CANTIERE OTTIMIZZATO	22
6.4.3 C - COEFFICIENTE IMPERMEABILIZZAZIONE AREE DI CANTIERE	23
6.4.4 D - FILTERING UP	24

6.5	TUTELA, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DELLE RISORSE TERRITORIALI LOCALI.....	24
6.5.1	A - PIANO GESTIONE EMERGENZE AMBIENTALI.....	24
6.5.2	B - OTTIMIZZAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE DEI SISTEMI DI TRATTAMENTO.....	25
6.5.3	C - UTILIZZO DI VERDE AUTOCTONO PER INTERVENTI DI RINATURAZIONE.....	26
6.5.4	D - EFFICIENZA DELL'INSERIMENTO PAESAGGISTICO	27
6.6	SINERGIA CON CANTIERI/OPERE/INTERVENTI/IMPIANTI ESTERNI.....	28
6.6.1	A - COEFFICIENTE DI RIUTILIZZO ESTERNO.....	28
6.6.2	B - CAPACITÀ DI RECUPERO	28
6.7	UTILIZZO DI PRODOTTI E TECNOLOGIE A BASSO IMPATTO	29
6.7.1	A - COEFFICIENTE DI UTILIZZO DI PRODOTTI A BASSO IMPATTO	29
6.7.2	B - UTILIZZO DI PRODOTTI CON CERTIFICAZIONE SUL CONTENUTO DI RICICLATO	30
6.7.3	C - COEFFICIENTE DI RIDUZIONE CO ₂ EQ IN FUNZIONE DELLA PRODUZIONE DEL PRODOTTO.....	30
6.7.4	D - OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI MATERIALI/PRODOTTI RISPETTO A MANUTENIBILITÀ E DURABILITÀ	31
6.8	DECARBONIZZAZIONE E RAZIONALIZZAZIONE DELLE FONTI ENERGETICHE.....	32
6.8.1	A - DIAGNOSI ENERGETICA VOLTA A DEFINIRE IL LIVELLO ENERGETICO DEL CANTIERE RISPETTO A UNA BASELINE DI RIFERIMENTO.....	32
6.8.2	B - APPROVVIGIONAMENTO DEL VETTORE ENERGIA ELETTRICA CON SOGLIA % DI RINNOVABILI MAGGIORE RISPETTO MIX ENERGETICO NAZIONALE.....	33
6.8.3	C - PRODUZIONE DI RINNOVABILI IN CANTIERE	34
6.9	COMUNICAZIONE.....	34
6.9.1	A - SEGNALAZIONI/CRITICITÀ.....	35
6.9.2	B - BOLLETTINI INFORMATIVI	35
6.9.3	C - VISITE/INCONTRI.....	36
6.9.4	D - PROTOCOLLI D'INTESA.....	36
6.10	INTEGRAZIONE DEGLI ASPETTI SOCIALI	37
6.10.1	A - UTILIZZO DI MAESTRANZE LOCALI	37
6.10.2	B - COINVOLGIMENTO DI FORNITORI LOCALI	37
6.10.3	C - DIVERSITÀ TRA I DIPENDENTI.....	38

6.10.4	D - ELEMENTI DI SOSTENIBILITÀ PER LA SALUTE E LA SICUREZZA	38
7	APPROCCI DIGITALI	39
7.1	APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE PER LA FASE DI PROGETTAZIONE (DPN)	40
7.1.1	DP1 - UTILIZZO DI DATABASE INFORMATIVI E AMBIENTI DI CONDIVISIONE DATI	40
7.1.2	DP2 - RILIEVO DELLO STATO DI FATTO TRAMITE TECNOLOGIE INNOVATIVE	40
7.1.3	DP3 - MODELLAZIONE INFORMATIVA E CONTENUTO INFORMATIVO DEI MODELLI	40
7.1.4	DP4 - POTENZIALITÀ DI ANALISI E CALCOLO DEGLI STRUMENTI SOFTWARE	41
7.1.5	DP5 - SVILUPPO DI SIMULAZIONI, TRAINING E CREAZIONE SCENARI DEDICATI.....	41
7.1.6	DP6 - VALIDAZIONE MODELLI INFORMATIVI TRAMITE MODEL & CODE CHECKING.....	41
7.1.7	DP7 - RENDERING E MODELLI DI PRESENTAZIONE PER CONDIVISIONE DELLE SCELTE PROGETTUALI CON GLI STAKEHOLDER	42
7.1.8	DP8 - PIATTAFORME PER LA CONDIVISIONE TRA GLI STAKEHOLDER DELLE INFORMAZIONI ASSOCIATE AL CANTIERE (PER ESEMPIO WEBGIS, GEODIGITALTWIN) COMPRENSIVE DI STORICIZZAZIONE E ANALISI DEI DATI	42
7.1.9	DP9 - PIATTAFORMA PER LA PREDISPOSIZIONE E GESTIONE DEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO (PSC) E DI ALTRA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE	43
7.1.10	DP10 - SOFTWARE SPECIFICI PER LE ANALISI DI SOSTENIBILITÀ, COME IL SUPPORTO A LCA E LCC	43
7.2	APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE PER LA FASE DI REALIZZAZIONE (DRN)	44
7.2.1	DR1 - UTILIZZO DI DATABASE INFORMATIVI E AMBIENTI DI CONDIVISIONE DATI.....	44
7.2.2	DR2 - RILIEVO DELL'AVANZAMENTO DELLE LAVORAZIONI TRAMITE TECNOLOGIE INNOVATIVE E STRUMENTI DI ANALISI/CONFRONTO RILIEVO AS-BUILT CON LA PROGETTAZIONE	45
7.2.3	DR3 - TECNOLOGIE PER MONITORAGGIO REAL-TIME E SMART MONITORING	45
7.2.4	DR4 - UTILIZZO DI APPLICATIVI GIS PER FUNZIONALITÀ QUALI IL GEOFENCING	45
7.2.5	DR5 - PIATTAFORME PER LA CONDIVISIONE TRA GLI STAKEHOLDER DELLE INFORMAZIONI ASSOCIATE AL CANTIERE E DELLE SEGNALAZIONI (ES. WEBGIS, GEODIGITALTWIN) COMPRENSIVE DI STORICIZZAZIONE E ANALISI DEI DATI	46
7.2.6	DR6 - PIATTAFORMA PER LA PREDISPOSIZIONE E GESTIONE DEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO (PSC) E DI ALTRA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE	46
7.2.7	DR7 - TECNOLOGIE DI REALTÀ MISTA E AUMENTATA PER IL CONTROLLO DEGLI AVANZAMENTI IN SITO	47

7.2.8	DR8 - UTILIZZO DI QR CODE, RFID E SIMILI PER TRACCIAMENTO MATERIALI E ATTREZZATURE NEI CANTIERI.....	47
7.2.9	DR9 - UTILIZZO DELLE MODELLAZIONI E/O DELLE RELATIVE INFORMAZIONI ALL'INTERNO DEI MACCHINARI DI COSTRUZIONE	48
7.2.10	DR10 - TECNOLOGIE MOBILE E WEARABLE PER DIALOGO IN TEMPO REALE CON GLI OPERATORI	49
8	DEFINIZIONE DELLA MODALITÀ DI CALCOLO DELLA SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE	49
8.1	IMPLICAZIONI TRA OBIETTIVI E STRATEGIE	50
8.2	CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE IN FASE PROGETTUALE	50
8.3	CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE IN FASE REALIZZATIVA	53
8.4	CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE NELLA SOLA FASE REALIZZATIVA	55
	APPENDICE A (INFORMATIVA) MATRICE OBIETTIVI/STRATEGIE/INDICATORI	57
	APPENDICE B (INFORMATIVA) MATRICE DI CALCOLO DELLE CLASSI DI SOSTENIBILITÀ.....	59
	APPENDICE C (INFORMATIVA) CRITERI DI PREMIALITÀ RELATIVI AL D.M. N. 312 E AL D.LGS. N. 36	62
	BIBLIOGRAFIA	64

INTRODUZIONE

È nel cantiere che tutte le fasi precedenti di pianificazione e progettazione di un'opera trovano la loro piena realizzazione. Il che vuol dire che, rispetto alla sostenibilità, nel cantiere si concretizza quanto presente e rilevante è contenuto nel progetto, così come si misura la possibilità reale nel perseguire e raggiungere gli obiettivi prefissati.

Sulla scorta delle politiche di transizione ecologica - dai 17 Goals dell'ONU al Green Deal dell'Unione europea 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 capacità di "praticare" concretamente la sostenibilità.

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, per esempio puntando al raggiungimento della Carbon Neutrality o alla riduzione della Carbon Footprint.

Tematiche ambientali molto sensibili, quali l'utilizzo di energie rinnovabili, la gestione delle acque, il recupero dei rifiuti, la massimizzazione dell'uso dei sottoprodotti, solo per fare qualche esempio, 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. In una visione ampia e comprensiva che considera tutte le componenti ambientali, come acque profonde e di superficie, aria, suolo e sottosuolo, biodiversità, clima e paesaggio.

La presente prassi di riferimento colma un vuoto di indirizzo e vuole essere una risposta all'assenza di metriche comuni per declinare la sostenibilità nell'ambito del cantiere, 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 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.

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 a disposizione di progettisti e imprese edili che consente loro di individuare gli obiettivi di sostenibilità e definire le strategie, rispetto sia a singoli aspetti, grazie alla mappa degli indicatori e ai valori ad essi collegati, che più in generale 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 può essere rivestito dalla digitalizzazione, in grado di alzare l'asticella sia degli obiettivi che dei risultati finali.

Un approccio e una metodologia come quella qui proposta lega strettamente progetto e costruzione, creando le premesse perché in entrambe le fasi si guardi alla sostenibilità come a un'opportunità di rendere l'opera più sostenibile anche in una logica di "upgrade" da parte delle imprese che possono alzare l'asticella delle prestazioni anche attraverso la scelta e l'applicazione della digitalizzazione aumentando i livelli di sostenibilità così da raggiungere una valutazione maggiore acquisendo una classe di sostenibilità più elevata.

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.

In quest'ottica la prassi di riferimento così strutturata permette di fornire un contributo innovativo a tutti gli attori della filiera delle infrastrutture, così da consentire di dare concretezza ai principali target globali di sviluppo sostenibile definiti con l'adozione dei Sustainable Development Goals (SDGs) delle Nazioni Unite e indicati dall'Unione Europea, recepiti a livello nazionale e sollecitati dallo stesso mercato, oltre che raccolti dai principali protocolli di sostenibilità (come per esempio Envision) o dagli standard internazionali in tema di Carbon Footprint e Life Cycle Assessment o dalle norme ISO sui Sistemi di Gestione.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente prassi di riferimento definisce, attraverso il perseguimento degli obiettivi ambientali, economici e sociali, le strategie e gli indicatori qualitativi e quantitativi utili alla valutazione della sostenibilità del cantiere di un'opera infrastrutturale, sia nella fase progettuale che realizzativa.

La prassi di riferimento propone l'utilizzo di uno strumento funzionale di indirizzo, utile a creare sinergie operative, che coinvolge gli attori del processo per attuare una visione sistemica della sostenibilità, mettendo a disposizione una metodologia di valutazione e un nuovo mezzo comunicativo che sintetizzi in modo chiaro e qualificato la sostenibilità del cantiere.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente prassi di riferimento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi e legislativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

UNI 11337-1 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 1: Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

UNI/TR 11337-2 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 2: Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza

UNI/TS 11337-3 Edilizia e opere di ingegneria civile - Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Parte 3: Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione

UNI 11337-4 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 4: Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti

UNI 11337-5 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati

UNI/TR 11337-6 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 6: Linea guida per la redazione del capitolato informativo

UNI 11337-7 Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 7: Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

UNI EN 397 Elmetti di protezione per l'industria

UNI EN ISO 7817-1:2024 Building Information Modelling - Livello di fabbisogno informativo - Parte 1: Concetti e principi

UNI EN ISO 16739-1 Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del facility management - Parte 1: Schema di dati

UNI EN ISO 19650-1 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 1: Concetti e principi

UNI EN ISO 19650-2 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili

UNI EN ISO 19650-3 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 3: Fase gestionale dei cespiti immobili

UNI EN ISO 19650-4 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 4: Scambio di informazioni

UNI EN ISO 19650-5 Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling - Parte 5: Approccio orientato alla sicurezza per la gestione informativa

UNI/PdR 74:2019 Sistema di Gestione BIM - Requisiti

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento valgono i termini e definizioni seguenti:

3.1 cantiere infrastrutturale: Qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile (rif. [15]) intendendo sia gli interventi puntuali (per esempio la realizzazione di una stazione ferroviaria, di un impianto fotovoltaico o di trattamento rifiuti, ecc.), che le opere a rete (quali per esempio la realizzazione di strade, autostrade, reti ferroviarie, pipeline, reti di trasmissione elettrica, ecc.).

3.2 classe di rilevanza indicatore: Per ogni indicatore considerato, identifica il reale contributo che uno specifico indicatore apporta al raggiungimento dell'obiettivo di riferimento.

NOTA Può essere espresso in termini di contributo qualitativo o quantitativo. La classe di rilevanza di ogni indicatore è espressa da un numero variabile da uno a tre, dove "1" indica "bassa rilevanza"; "2" indica "media rilevanza"; "3" indica "alta rilevanza".

3.3 classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto: Livello di sostenibilità del cantiere raggiunto in fase progettuale, sulla base della regola degli scacchi, attraverso la somma dei punteggi della classe di rilevanza degli indicatori e dei relativi approcci di digitalizzazione afferenti alla fase progettuale. La classe di sostenibilità può essere: adeguata, migliorata, avanzata.

3.4 classe di sostenibilità del cantiere in fase di realizzazione: Livello di sostenibilità finale del cantiere raggiunto in fase realizzativa, sulla base della regola degli scacchi, attraverso la somma dei punteggi della classe di sostenibilità del progetto a cui si sommano quelli relativi alla classe di rilevanza degli indicatori e dei relativi approcci di digitalizzazione afferenti alla fase di realizzazione e dei punteggi bonus. La classe di sostenibilità può essere: adeguata, migliorata, avanzata.

3.5 indicatore primario: Indicatore che viene scelto in via prioritaria al fine del perseguimento di ognuna delle strategie primarie.

3.6 opera infrastrutturale: Tutte quelle opere non ad uso esclusivo dell'uomo (per esempio infrastrutture di trasporti quali ferrovie, aeroporti, strade, autostrade, ecc., infrastrutture energetiche, idriche, relative al trattamento dei rifiuti, infrastrutture legate al paesaggio e all'informazione).

3.7 regola degli scacchi: Metodo di scelta che permette di selezionare in maniera univoca le strategie e i relativi indicatori ai fini dell'identificazione della classe di rilevanza associata che confluisce nel calcolo della classe di sostenibilità.

3.8 strategia primaria: Strategia che viene scelta in via prioritaria al fine del perseguimento di ognuno dei 4 obiettivi di sostenibilità come identificati nella presente prassi di riferimento.

3.9 sostenibilità: Stato del sistema globale, compresi gli aspetti ambientali, sociali ed economici, in cui i bisogni del presente sono soddisfatti senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni [18].

NOTA 1 Gli aspetti ambientali, sociali ed economici interagiscono, sono interdipendenti e sono spesso indicati come le tre dimensioni della sostenibilità.

NOTA 2 Nella costruzione di edifici e opere di ingegneria civile, si riferisce al modo in cui le caratteristiche delle attività, dei prodotti o dei servizi utilizzati nelle costruzioni, o l'utilizzo delle opere di costruzioni, contribuiscono alla manutenzione dei componenti e delle funzioni dell'ecosistema per le generazioni future.

NOTA 3 Mentre la sfida della sostenibilità è globale, le strategie per contribuire alla sostenibilità nel settore delle costruzioni sono locali e differiscono per contesto e contenuto da regione a regione.

NOTA 4 La sostenibilità è l'obiettivo dello sviluppo sostenibile.

3.10 sviluppo sostenibile: Proposizione di soddisfare le esigenze del presente senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le loro [19].

NOTA Lo sviluppo sostenibile include la sostenibilità in maniera integrata in termini sociali, economici e ambientali.

4 PRINCIPIO

Considerato il 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, la presente prassi di riferimento ha lo scopo di mettere a fattor comune gli strumenti operativi utili a delineare il profilo del cantiere sostenibile ed essere parte attiva della transizione in atto contribuendo alla genesi di un nuovo modo di costruire sostenibile.

4.1 IL VALORE DELLA SOSTENIBILITÀ NELLA GESTIONE DEI CANTIERI INFRASTRUTTURALI

Per realizzare infrastrutture sostenibili è necessario integrare la sostenibilità 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 e inclusione sociale.

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 cantierizzazione 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.

4.2 IL CONTRIBUTO DELLA DIGITALIZZAZIONE

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, nel rispetto delle esigenze di ognuna delle fasi di un'opera e mirando costantemente all'implementazione 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 integrati con l'ecosistema digitale in tutto il suo ciclo vita, dalla definizione alla progettazione, dalla costruzione alla gestione operativa, fino alla dismissione.

Rispetto al contesto normativo, si possono citare i lavori a livello internazionale ISO/TC 59/SC 13 (e in particolare la serie UNI EN ISO 19650), europeo (CEN/TC 442) e italiano nell'Organo Tecnico UNI/CT 033/SC 05 (norme tecniche della serie UNI 11337). Operare secondo il Building Information Modelling (BIM) significa 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 ricordano a titolo informativo la UNI/PdR 74:2019, così come gli esperti BIM previsti dalla serie UNI 11337, in particolare BIM Specialist, BIM Coordinator, BIM Manager e CDE Manager.

Con la pubblicazione del Nuovo Codice dei Contratti Pubblici [17] (Decreto Legislativo n. 36, 31 marzo 2023) il ricorso al Building Information Modelling è un tema affrontato innanzitutto nell'Articolo 43 (Metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni). Per l'introduzione obbligatoria del BIM, il medesimo articolo indica il termine unico del 1° gennaio 2025.

Inoltre, nell'Allegato I.9 vengono definite le regole relative a modalità e termini con i quali sono adottati i metodi e gli strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, compreso il tema dell'interoperabilità aperta mediante l'utilizzo di formati aperti non proprietari (per "...non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti") come, per esempio, Industry Foundation Classes IFC - UNI EN ISO 16739-1.

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 gestione, manutenzione e successiva dismissione di un'infrastruttura.

Nell'intero ciclo di 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).

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 la serie 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 di esercizio 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.

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.

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.

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.

5 IL MODELLO DI CANTIERE SOSTENIBILE

La presente prassi di riferimento definisce la metodologia per il calcolo della sostenibilità sociale, ambientale ed economica di ogni specifico cantiere infrastrutturale, attraverso la definizione di obiettivi, strategie e indicatori funzionali alla valutazione della sostenibilità correlata alla fase di costruzione dell'opera infrastrutturale.

UNI/PdR 172:2025

La metodologia prevede la valutazione della sostenibilità nelle seguenti due fasi:

1. fase di progettazione;
2. fase di realizzazione;

attraverso il coinvolgimento di tre tipologie di attori:

- imprese;
- progettisti;
- stazioni appaltanti.

Il modello e l'approccio descritti nella presente prassi di riferimento permettono la misurazione della sostenibilità del cantiere attraverso la definizione di **4 obiettivi di sostenibilità** (vedere prospetto 1) il cui perseguimento è legato all'implementazione di **10 diverse strategie** (vedere prospetto 2).

Prospetto 1 - Obiettivi di sostenibilità

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

Prospetto 2 - Strategie di sostenibilità

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

Ognuna delle 10 strategie racchiude una serie di azioni/buone pratiche usualmente adottate nella progettazione e nella realizzazione di un'infrastruttura, e sono perseguibili attraverso l'implementazione di specifici **indicatori** identificati per ognuna di esse, concorrendo, in questo modo, al raggiungimento della sostenibilità complessiva dei cantieri infrastrutturali.

In totale gli indicatori individuati sono 32 (vedere prospetto 3) e hanno le seguenti caratteristiche:

- identificano la misura qualitativa o quantitativa del perseguimento delle strategie (UdM - Unità di Misura);
- rappresentano lo strumento di implementazione delle strategie;
- definiscono la metodologia di calcolo specifica da utilizzare per ogni singola strategia;
- individuano azioni specifiche.

Prospetto 3 - Indicatori di sostenibilità

STRATEGIE		INDICATORI	
1	Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Coefficiente di riutilizzo interno
		B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia
		C	Efficienza di riutilizzo
2	Utilizzo di mezzi e attrezzature basso emissive	A	Caratteristiche mezzi e attrezzature
		B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature
3	Minimizzazione e mitigazione degli impatti dagli agenti fisici	A	Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno
		B	Controllo delle polveri in cantiere
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 di impermeabilizzazione aree di cantiere
		D	Filtering up
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 ridurre uso di pesticidi e fertilizzanti
		D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico

6	Sinergia con cantieri/opere/interventi/ impianti esterni	A	Coefficiente di riutilizzo esterno
		B	Capacità di recupero
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	Coefficiente di riduzione CO ₂ eq in funzione della produzione del prodotto
		D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità
8	Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	Diagnosi energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento
		B	Approvvigionamento del vettore energia elettrica con soglia % di rinnovabili maggiore rispetto mix energetico nazionale
		C	Produzione di rinnovabili in cantiere
9	Comunicazione	A	Segnalazioni/criticità
		B	Informative/info point
		C	Visite/incontri
		D	Protocolli d'intesa
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 DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI AMBIENTALI PER MISURARE IL RAGGIUNGIMENTO DEGLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ

Per ciascuna strategia individuata si riporta di seguito l'elenco degli indicatori funzionali a raggiungere gli obiettivi di sostenibilità, che possono essere di tipo quantitativo o qualitativo.

Gli indicatori quali-quantitativi identificati all'interno della presente prassi di riferimento possono essere valutati/calcolati sia nella fase progettuale del cantiere che nella sua fase realizzativa; a seconda della specificità dell'opera infrastrutturale, la valutazione degli indicatori è effettuata in coerenza con gli eventuali manuali di progettazione e capitolati tecnici indicati dalla Stazione Appaltante.

6.1 MASSIMIZZAZIONE DEL RIUTILIZZO DELLE RISORSE NELL'AMBITO DEL CANTIERE

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

Gli indicatori quantitativi individuati per la strategia in questione, infatti, sono volti a definire la gestione ottimizzata delle diverse risorse prodotte:

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

Laddove uno specifico indicatore è potenzialmente applicabile a diverse matrici ambientali, lo stesso può essere calcolato in maniera distinta per ogni componente ambientale interessata; la possibilità di calcolare un indicatore per diverse risorse ambientali non comporta, tuttavia, il raggiungimento di un punteggio maggiore associato allo stesso ma rappresenta un'opportunità di attuazione della strategia in questione a diversi contesti progettuali/realizzativi.

Tale approccio può essere adottato anche laddove in fase di cantiere si ritenga opportuno integrare/modificare gli indicatori con l'applicazione a componenti ambientali non precedentemente valutate in fase di progetto. In ogni caso, il progetto deve contenere la modalità di calcolo da utilizzare in funzione della matrice ambientale cui l'indicatore è riferito.

6.1.1 A - COEFFICIENTE DI RIUTILIZZO INTERNO

L'indicatore misura il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, ecc.)¹, attraverso il riutilizzo delle stesse nell'ambito dell'appalto.

Il riutilizzo interno delle risorse prodotte nell'ambito del cantiere, infatti, consente 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.

Prospetto 4 - Indicatore 1.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
1.A	Coefficiente di riutilizzo interno	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo totale di risorsa prodotta.

¹ Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo.

6.1.2 B - COEFFICIENTE DI AUTOSUFFICIENZA/AUTONOMIA

L'indicatore valuta il contenimento degli impatti ambientali connessi alla gestione delle principali risorse prodotte dalla realizzazione delle opere in progetto (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, ecc.)², attraverso il riutilizzo delle stesse 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.

Prospetto 5 - Indicatore 1.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
1.B	Coefficiente di autosufficienza/ autonomia	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il fabbisogno totale della stessa.

6.1.3 C - EFFICIENZA DI RIUTILIZZO

L'indicatore fornisce una misura dell'ulteriore ottimizzazione del contenimento degli impatti ambientali attraverso la massimizzazione del riutilizzo delle risorse prodotte (terre, acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, ecc.), nell'ambito dell'appalto in funzione delle caratteristiche tecniche delle stesse nonché in riferimento alle peculiarità del sistema di cantierizzazione posto in essere.

Prospetto 6 - Indicatore 1.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
1.C	Efficienza di riutilizzo	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata internamente e il quantitativo di risorsa potenzialmente utilizzabile.

6.2 UTILIZZO DI MEZZI E ATTREZZATURE BASSO EMISSIVE

La strategia valuta l'impiego di mezzi a basso impatto, secondo le indicazioni del Progettista e le eventuali richieste della Stazione Appaltante.

Nella presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori volti a identificare i mezzi e le attrezzature utilizzate per la realizzazione del cantiere al fine di garantire il corretto funzionamento degli stessi e, conseguentemente, la riduzione dei consumi.

² Le categorie di risorse riportate si intendono elencate a solo titolo esemplificativo ma non esaustivo.

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

Tali indicatori sono connessi tra loro in quanto dalla definizione del primo indicatore qualitativo può essere sviluppato il secondo indicatore quantitativo.

6.2.1 A - CARATTERISTICHE MEZZI E ATTREZZATURE

L'indicatore valuta l'efficienza, in termini emissivi, individuata mediante la classe ambientale o categoria emissiva, dei mezzi e delle attrezzature utilizzati in fase di realizzazione del cantiere.

Prospetto 7 - Indicatore 2.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
2.A	Caratteristiche mezzi e attrezzature (compresa la manutenzione)	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

In caso di valutazione dell'indicatore in fase di progettazione, la check-list contiene le indicazioni dei mezzi e delle attrezzature che si prevede di impiegare in cantiere: in fase di realizzazione la check-list è aggiornata sulla base dei mezzi e delle attrezzature effettivamente presenti in situ.

La check-list, compilata con riferimento all'intera durata del cantiere, è composta dalle peculiari informazioni relative ai mezzi utilizzati nell'ambito del cantiere quali marca, modello, targa, tipologia di alimentazione, data di immatricolazione, categoria emissiva indicata sul libretto di circolazione del mezzo, piano di manutenzione dei mezzi, ecc.

6.2.2 B - RAPPORTO MEZZI D'OPERA E/O ATTREZZATURE

L'indicatore valuta il contenimento degli impatti ambientali correlato all'impiego in cantiere di mezzi d'opera e/o attrezzature basso emissivi a parità di prestazioni rispetto ai mezzi tradizionali, sulla base della check-list compilata per l'indicatore 2.A.

Prospetto 8 - Indicatore 2.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
2.B	Rapporto mezzi d'opera e/o attrezzature	%	Rapporto tra il numero di mezzi e/o attrezzature basso emissive impiegate in cantiere e il numero complessivo di mezzi e/o attrezzature utilizzati per la realizzazione dell'opera.

La definizione delle caratteristiche basso emissive è valutata caso per caso, sulla base delle tipologie di mezzi necessari per l'esecuzione delle lavorazioni (leggeri, commerciali, pesanti, ecc.), della dimensione di scala del cantiere, della distribuzione delle classi emissive del parco mezzi circolante nell'area

geografica interessata dall'intervento (per esempio la provincia o la 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 e delle eventuali evoluzioni tecnologiche presenti sul mercato (per esempio mezzi ibridi, elettrici, ecc.).

La definizione delle caratteristiche basso emissive è delineata dal Progettista o dalla Stazione Appaltante e la valutazione deve essere effettuata con riferimento all'intera durata del cantiere.

6.3 MINIMIZZAZIONE E MITIGAZIONE DEGLI IMPATTI DA AGENTI FISICI

La strategia valuta il contenimento degli impatti da agenti fisici sul territorio attraverso i seguenti indicatori quali-quantitativi per 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.

6.3.1 A - COEFFICIENTE DI RIDUZIONE DI CO2 IN FUNZIONE DEL RIUTILIZZO INTERNO

L'indicatore valuta la minimizzazione e la mitigazione degli impatti dagli agenti fisici attraverso il calcolo della riduzione della CO2eq in funzione del riutilizzo interno delle terre e rocce da scavo e/o delle eventuali ulteriori risorse considerate (acque, materiali dismessi, energia, sfalci, terreno vegetale, ecc.) e individuate dal Progettista.

Nel caso delle terre, infatti, la massimizzazione del riutilizzo interno dei materiali di scavo consente 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 e degli impatti associati alle emissioni di CO2eq.

Prospetto 9 - Indicatore 3.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
3.A	Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno	%	Rapporto tra le t di CO2eq risparmiate col riutilizzo interno e le t di CO2eq associate alle terre complessivamente movimentate (comprese quelle riutilizzate internamente).

L'indicatore in questione può essere calcolato in maniera distinta per ogni componente ambientale riutilizzata internamente; la possibilità di calcolare l'indicatore per diverse risorse ambientali non comporta, tuttavia, il raggiungimento di un punteggio maggiore associato allo stesso ma rappresenta un'opportunità di attuazione della strategia in questione a diversi contesti progettuali/realizzativi.

Tale approccio può essere adottato anche laddove, in fase di cantiere, si ritenga opportuno integrare/modificare l'indicatore con il riutilizzo di componenti non precedentemente valutate in fase

di progetto. In ogni caso, il Progettista dovrà indicare la modalità di calcolo da utilizzare in funzione della matrice ambientale cui l'indicatore è riferito.

6.3.2 B - CONTROLLO DELLE POLVERI IN CANTIERE

L'indicatore valuta la redazione di idonea documentazione per il controllo delle polveri in fase di cantiere, i cui contenuti dovranno essere tarati in funzione della tipologia e della dimensione del cantiere oggetto di valutazione, con lo scopo di ottimizzare l'efficacia degli interventi di monitoraggio sulle attività operative maggiormente significative in termini di impatti sulla qualità dell'aria.

Prospetto 10 - Indicatore 3.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
3.B	Controllo delle polveri in cantiere	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

La documentazione prodotta costituisce un supporto per l'applicazione di buone pratiche di cantiere mirate a ridurre le emissioni in atmosfera, in base alla situazione specifica o alla particolare sensibilità dell'area interessata.

All'interno della documentazione/relazione descrittiva sono pertanto definiti 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; quali elementi chiave della relazione descrittiva devono essere riportati – laddove presenti - indicazioni di progetto e di capitolato, eventuali prescrizioni indicate dagli enti in fase di approvazione, l'indicazione delle idonee misure di mitigazione e contenimento necessarie in ambito urbanizzato/residenziale, in aree agricole/rurali/extraurbane a seconda della presenza di ricettori nelle vicinanze delle aree di cantiere o del fronte di avanzamento lavori.

6.4 OTTIMIZZAZIONE DELLA LOCALIZZAZIONE E DELLA LOGISTICA DEL CANTIERE (AREE, TEMPI, MODALITÀ)

La strategia valuta gli effetti indotti dai flussi, dalla logistica e dalla riqualifica delle superfici interessate dalla presenza del cantiere attraverso i seguenti indicatori quali-quantitativi per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità:

- 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*

6.4.1 A - PIANO DEI TRASPORTI DI CANTIERE

L'indicatore valuta gli aspetti tecnici correlati ai flussi di materiali, dei mezzi e delle attrezzature sia all'interno del cantiere che in entrata e in uscita dallo stesso, attraverso la redazione di idonea documentazione tecnica.

Prospetto 11 - Indicatore 4.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
4.A	Piano dei trasporti di cantiere	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

All'interno della documentazione/relazione descrittiva e/o di eventuali allegati grafici alla stessa possono essere pertanto riportati elementi rappresentativi dell'operatività del cantiere, quali:

- analisi dei flussi connessi all'approvvigionamento esterno dei materiali e attrezzature necessari a soddisfare il fabbisogno delle opere;
- analisi dei flussi connessi alla movimentazione dei materiali e 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 acustico e atmosferico che il cantiere produce sulla rete in relazione alle tipologie di ricettori presenti;
- adozione di misure di prevenzione e/o mitigazione degli impatti potenzialmente indotti (per esempio 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);
- l'output dell'eventuale condivisione con gli enti locali e dell'eventuale ottemperanza a specifiche prescrizioni impartite dagli stessi.

6.4.2 B - DEFINIZIONE DI UN LAYOUT DI CANTIERE OTTIMIZZATO

L'indicatore valuta gli aspetti tecnici funzionali all'ottimizzazione del sistema di cantierizzazione quali tipologia di aree disponibili, caratteristiche territoriali e ambientali delle stesse, logistica interna del cantiere, contesto socio-economico di riferimento, eventuali altri elementi di valutazione correlati ad altri indicatori definiti dalla presente prassi di riferimento attraverso la redazione di idonea documentazione tecnica.

Prospetto 12 - Indicatore 4.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
4.B	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

All'interno della documentazione/relazione descrittiva possono essere pertanto riportati 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 e antropico tenuto conto di eventuali situazioni critiche di compromissione preesistenti (per esempio la qualità dell'aria);
- riduzione al minimo delle interferenze con il patrimonio culturale esistente;
- l'output dell'eventuale condivisione con gli enti territorialmente competenti.

6.4.3 C - COEFFICIENTE IMPERMEABILIZZAZIONE AREE DI CANTIERE

L'indicatore valuta il contenimento degli impatti ambientali su suolo/sottosuolo correlato all'impermeabilizzazione delle superfici di cantiere, quali aree logistiche, depositi sostanze pericolose, aree tecniche, ecc.

Prospetto 13 - Indicatore 4.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
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.

UNI/PdR 172:2025

In caso di particolari contesti territoriali e morfologici, il Progettista può valutare l'opportunità di correlare il calcolo dell'indicatore anche alla permeabilità dei terreni in cui il cantiere si inserisce, alla ricarica della falda acquifera e alla possibilità di contaminazione della falda.

6.4.4 D - FILTERING UP

L'indicatore valuta 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.

Prospetto 14 - Indicatore 4.D

ID	Indicatore	UdM	Criterio
4.D	Filtering up: indice di riqualificazione	%	Rapporto tra le aree oggetto di interventi di miglioramento (mq) e la superficie complessiva interessata dal sistema di cantierizzazione (mq).

6.5 TUTELA, MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE DELLE RISORSE TERRITORIALI LOCALI

Questa 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 presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori 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*

6.5.1 A - PIANO GESTIONE EMERGENZE AMBIENTALI

Questo indicatore è di tipo qualitativo e presuppone l'elaborazione di un Piano delle Emergenze Ambientali di cantiere, individuato quale strumento di analisi delle potenziali criticità e delle relative modalità operative di intervento e di risoluzione delle emergenze ambientali che si dovessero presentare durante le operazioni di cantiere. Il Piano di gestione delle emergenze deve essere inquadrato quale contributo alla tutela delle risorse territoriali e ambientali e deve comprendere l'analisi di tutte le attività previste e svolte, per tutta la durata del cantiere.

Prospetto 15 - Indicatore 5.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
5.A	Piano delle Emergenze Ambientali di cantiere	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

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

Il Piano di gestione delle emergenze ha pertanto lo scopo di:

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

6.5.2 B - OTTIMIZZAZIONE DELLA PREDISPOSIZIONE DEI SISTEMI DI TRATTAMENTO

Questo indicatore presuppone che le attività poste in atto prevedano il riutilizzo, ove possibile, di tutte le tipologie di acque il cui uso è previsto in cantiere e che, ai fini dell'ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento, l'acqua depurata venga riutilizzata anche negli eventuali cicli di produzione.

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 e 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 dipende ad ogni modo dalla specifica tipologia presente in cantiere.

Prospetto 16 - Indicatore 5.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
5.B	Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	%	Rapporto tra i volumi di acque recuperate sul totale utilizzato.

6.5.3 C - UTILIZZO DI VERDE AUTOCTONO PER INTERVENTI DI RINATURAZIONE

Questo 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, calcolato mediante rapporto sul numero di specie autoctone rispetto al totale di specie utilizzate negli interventi a verde previsti nell'ambito degli interventi di ripristino delle aree di cantiere. Questi comprendono sia i ripristini vegetazionali ante operam, dovuti a 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.

Prospetto 17 - Indicatore 5.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
5.C	Utilizzo di verde autoctono	%	Numero specie autoctone/numero specie totali utilizzate per gli interventi di rinaturazione.

6.5.4 D - EFFICIENZA DELL'INSERIMENTO PAESAGGISTICO

Questo 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 (inclusa la ricognizione dei beni del patrimonio culturale e del paesaggio) 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.

Prospetto 18 - Indicatore 5.D

ID	Indicatore	UdM	Criterio
5.D	Efficienza dell'inserimento paesaggistico	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

Per l'individuazione delle aree in cui è necessario intervenire si propone il seguente schema:

Fisico-biologiche ed ecologiche ambientali:

caratteri morfologici (lettura dell'assetto morfologico, perimetrazione delle aree a carattere prevalentemente naturale e semi naturale con specifiche sulla tipologia e qualità delle associazioni vegetazionali).

Antropiche:

tipologie di contesto specifico (caratterizzazione della tipologia di insediamento, caratterizzazione del paesaggio agricolo, ecc.).

Percettive:

assi e punti di fruizione visiva (da cui è possibile godere di beni paesaggisticamente rilevanti e a quanto espressamente previsto dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12 dicembre 2005 [16])

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.

6.6 SINERGIA CON CANTIERI/OPERE/INTERVENTI/IMPIANTI ESTERNI

Questa 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 presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori, 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.

6.6.1 A - COEFFICIENTE DI RIUTILIZZO ESTERNO

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

Prospetto 19 - Indicatore 6.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
6.A	Coefficiente di riutilizzo esterno di risorse	%	Rapporto tra il quantitativo di risorsa riutilizzata esternamente e il quantitativo totale di risorsa in esubero.

6.6.2 B - CAPACITÀ DI RECUPERO

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

Prospetto 20 - Indicatore 6.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
6.B	Capacità di recupero delle risorse	%	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.

6.7 UTILIZZO DI PRODOTTI E TECNOLOGIE A BASSO IMPATTO

Questa 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 e utilizzati in cantiere le cui caratteristiche devono rispondere a requisiti di basso impatto ambientale.

Per la presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori 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*

6.7.1 A - COEFFICIENTE DI UTILIZZO DI PRODOTTI A BASSO IMPATTO

Questo 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.

Prospetto 21 - Indicatore 7.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
7.A	Coefficiente di utilizzo dei 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).

6.7.2 B - UTILIZZO DI PRODOTTI CON CERTIFICAZIONE SUL CONTENUTO DI RICICLATO

Il presente indicatore prevede la compilazione di un documento esplicativo relativo a materiali e forniture, utilizzati in cantiere, dotati di certificazioni ambientali.

Questo 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, per esempio), EPD (Environmental Product Declaration), Carbon Footprint, o altre certificazioni equivalenti che evidenzino l'attenzione al contenimento dell'impatto ambientale.

Prospetto 22 - Indicatore 7.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
7.B	Utilizzo di prodotti con certificazione sul contenuto di riciclato (rif. EPD, PdR 88, o altre certificazioni di prodotto equivalenti)	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.7.3 C - COEFFICIENTE DI RIDUZIONE CO2EQ IN FUNZIONE DELLA PRODUZIONE DEL PRODOTTO

Questo 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, come per esempio nella valutazione di alternative progettuali.

Inoltre, anche in fase di realizzazione delle opere è possibile monitorare l'indicatore seguendone 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 ([20] - [21]) 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".

Prospetto 23 - Metodo di calcolo LCA

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 è 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 devono 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 da ritenersi adeguati a caratterizzare i processi in esame.

Prospetto 24 - Indicatore 7.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
7.C	Coefficiente di riduzione CO ₂ eq in funzione della produzione del prodotto	%	Riduzione di CO ₂ eq.

In ambito infrastrutturale è opportuno includere nel sistema i materiali che rappresentano le quantità principali previste a computo, tipicamente acciai, calcestruzzi e conglomerati bituminosi, o altri materiali caratterizzati da fattori d'impatto significativi (per esempio vernici, materie plastiche, ecc.).

6.7.4 D - OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI MATERIALI/PRODOTTI RISPETTO A MANUTENIBILITÀ E DURABILITÀ

Questo indicatore è qualitativo e presuppone l'elaborazione e compilazione di un documento esplicativo 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) devono rispondere alle pertinenti normative UNI e ISO, ma risultano essere elementi necessari alla valutazione

UNI/PdR 172:2025

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.

Prospetto 25 - Indicatore 7.D

ID	Indicatore	UdM	Criterio
7.D	Ottimizzazione della scelta dei materiali/prodotti rispetto a manutenibilità e durabilità	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.8 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 attraverso la valutazione del consumo di energie rinnovabili e della relativa produzione all'interno del medesimo cantiere.

Per la presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori 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*

6.8.1 A - DIAGNOSI ENERGETICA VOLTA A DEFINIRE IL LIVELLO ENERGETICO DEL CANTIERE RISPETTO A UNA BASELINE DI RIFERIMENTO

Questo indicatore intende implementare la redazione di un'analisi energetica preliminare al fine di stimare e 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, deve 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 deve 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.

Prospetto 26 - Indicatore 8.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
8.A	Diagnosi energetica volta a definire il livello energetico del cantiere rispetto a una baseline di riferimento	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

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:

- definizione del perimetro d'analisi (con descrizione del contesto del cantiere, delle utenze poste sotto analisi, della tipologia di lavorazioni svolte, dei mezzi e delle apparecchiature utilizzati, del campo base, ecc., anche mediante planimetrie o tabelle di riepilogo);
- censimento delle utenze e dei centri di consumo (ricompresi i mezzi di trasporto e di cantiere, nonché tutte le utenze elettriche e termiche fisse), con l'obiettivo di fornire una stima dei fabbisogni del cantiere più accurati possibile;
- modello energetico teorico e ripartizione dei consumi per ogni vettore energetico (elettrico, termico, combustibili, ecc.) tra le diverse utenze presenti nel sito stesso. La ripartizione dei consumi deve essere eseguita almeno per: usi (per esempio civile/attività di cantiere/trasporto/ecc.) e servizi (per esempio climatizzazione, illuminazione, ecc.);
- sviluppo KPI con lo scopo di individuare valori di riferimento tali da permettere di pianificare in modo appropriato una politica energetica e individuare dei livelli di efficienza ritenuti idonei. Il KPI assume solitamente la forma di un consumo specifico, avendo come denominatore l'energy driver e come numeratore il consumo di energia (per esempio per l'illuminazione KW/mq). Le performance energetiche devono essere confrontate con i valori di benchmark di letteratura, per esempio banca dati ENEA [12].

Individuare eventuali interventi di razionalizzazioni dell'energia al fine di ricondurre i valori dei KPI alle soglie di baseline stabilite, qualora uno o più indicatori (KPI) dovessero evidenziare un livello prestazionale non in linea con il valore di benchmark, con indicazione dei livelli raggiunti.

6.8.2 B - APPROVVIGIONAMENTO DEL VETTORE ENERGIA ELETTRICA CON SOGLIA % DI RINNOVABILI MAGGIORE RISPETTO MIX ENERGETICO NAZIONALE

Questo indicatore intende valutare l'incidenza di energia rinnovabile rispetto all'energia elettrica complessivamente consumata in cantiere. La componente di energia rinnovabile può derivare dall'auto consumo in cantiere dell'energia rinnovabile prodotta in sito o attraverso l'acquisto da rete di energia

UNI/PdR 172:2025

elettrica prodotta da fonti rinnovabili tramite comprovati Certificati di Attribuzione dell'Energia (EAC), quali garanzie d'origine (GO), REC, ecc.. Entrambe le componenti dovranno essere certificate, per esempio mediante report forniti da GSE/Distributore di energia elettrica, contratti o fatture di acquisto.

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

Prospetto 27 - Indicatore 8.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
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).

6.8.3 C - PRODUZIONE DI RINNOVABILI IN CANTIERE

Questo 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 deve 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, per esempio, anche la produzione di energia termica derivante da eventuali impianti solari termici.

Prospetto 28 - Indicatore 8.C

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

I valori devono essere espressi in TEP (tonnellate di petrolio equivalente).

6.9 COMUNICAZIONE

Questa strategia valuta la capacità di promuovere e valorizzare una efficace strategia di comunicazione sulla sostenibilità del cantiere.

Gli indicatori individuati per questa strategia sono qualitativi e possono essere ricondotti alle informazioni/rilevazioni raccolte in un sistema di gestione del cantiere. Il carattere di questi indicatori è informativo e ha lo scopo di dare evidenza della gestione del cantiere, non solo in termini di avanzamento lavori, ma in relazione soprattutto alle iniziative di comunicazione intraprese e al grado di "coinvolgimento" del territorio e degli stakeholder.

Per la presente prassi di riferimento sono stati individuati i seguenti indicatori principalmente applicabili per misurare il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità dei cantieri:

- 9.A *Segnalazioni/criticità*
- 9.B *Bollettini informativi*
- 9.C *Visite/incontri*
- 9.D *Protocolli di intesa*

6.9.1 A - SEGNALAZIONI/CRITICITÀ

L'indicatore è qualitativo e presuppone la compilazione (per esempio con cadenza trimestrale) di un documento informativo contenente, per esempio, a) numero di segnalazioni ricevute in cantiere, b) numero di criticità rilevate in cantiere, c) analisi dei fattori scatenanti, d) indicazione circa l'individuazione di azioni correttive. La sintesi di questi rapporti periodici può restituire agli stakeholder l'andamento delle criticità rilevate, l'analisi degli eventuali fattori da cui scaturiscono e l'eventuale miglioramento ottenuto dalle azioni correttive.

Prospetto 29 - Indicatore 9.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
9.A	Segnalazioni/criticità	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.9.2 B - BOLLETTINI INFORMATIVI

Questo indicatore, di tipo qualitativo, prevede la compilazione di documenti informativi e l'implementazione di sistemi/presidi/strumenti per la comunicazione verso l'esterno. A titolo esemplificativo, le informative potranno riguardare non solo lo stato di avanzamento delle lavorazioni, ma più in generale informazioni legate agli aspetti di sostenibilità del cantiere utilizzando anche altri indicatori sia qualitativi che quantitativi (per esempio quantità di rifiuti prodotti, massa di CO2 prodotta, numero di mezzi "sostenibili" utilizzati, ecc.) considerati nell'ambito del perseguimento di altre strategie.

Il presente indicatore può essere valorizzato anche attraverso differenti modalità di informazione prevedendo, per esempio, l'implementazione di appositi sistemi/presidi/strumenti (info point, sito internet dedicato, ecc.).

Prospetto 30 - Indicatore 9.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
9.B	Informativa/Infopoint	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.9.3 C - VISITE/INCONTRI

Questo indicatore è qualitativo e prevede la compilazione di un documento informativo i cui contenuti, a titolo esemplificativo, possono essere:

- numero di visite di personale non direttamente coinvolto nelle lavorazioni (per esempio 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’impiego di personale durante specifiche fasi dell’Appalto (chiusura lavori, collaudi, audit, verifiche preliminari, ecc.);
- numero di incontri con lo staff di cantiere, con le rappresentanze sindacali, con gli stakeholder locali, ecc.

L’indicatore permette di dare evidenza delle iniziative di coinvolgimento degli stakeholder e della cittadinanza e degli strumenti di informazione e sensibilizzazione implementati per lo specifico progetto, anche durante l’avanzamento dei lavori in fase di realizzazione (es. sessioni di incontro ad hoc con i cittadini, istituzioni e comitati; open day per cittadini e studenti; ecc.).

Prospetto 31 - Indicatore 9.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
9.C	Visite/incontri	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.9.4 D - PROTOCOLLI D’INTESA

Questo indicatore, di tipo qualitativo, prevede la compilazione di un documento esplicativo e ha l’obiettivo di promuovere l’implementazione di “Protocolli d’intesa” per valorizzare l’effettivo impegno del proponente, del progettista e dell’impresa nel coinvolgimento di soggetti terzi anche attraverso la stipula di specifici accordi.

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

Prospetto 32 - Indicatore 9.D

ID	Indicatore	UdM	Criterio
9.D	Protocolli d'intesa	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

6.10 INTEGRAZIONE DEGLI ASPETTI SOCIALI

Questa strategia intende misurare l'impatto positivo del cantiere nel territorio attraverso l'impiego di risorse e fornitori locali, nonché l'implementazione di specifiche misure per favorire le pari opportunità di genere e generazionali e per promuovere la cultura della sostenibilità e della sicurezza.

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 e 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*

6.10.1 A - UTILIZZO DI MAESTRANZE LOCALI

Questo 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 di riferimento 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" deve essere esplicitata, in termini di distanza, direttamente in fase di progettazione in funzione della scala dell'intervento.

Prospetto 33 - Indicatore 10.A

ID	Indicatore	UdM	Criterio
10.A	Utilizzo di maestranze locali	%	N° maestranze locali impiegate/ n° maestranze totali impiegate.

6.10.2 B - COINVOLGIMENTO DI FORNITORI LOCALI

Questo indicatore, di tipo quantitativo, si pone l'obiettivo di rappresentare il grado di coinvolgimento di fornitori locali nella realizzazione dell'infrastruttura e si misura mediante il rapporto tra il numero di aziende fornitrici presenti nel territorio di riferimento per l'intervento infrastrutturale in un raggio

UNI/PdR 172:2025

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” deve essere esplicitata, in termini di distanza, direttamente in fase di progettazione in funzione della scala dell’intervento.

Prospetto 34 - Indicatore 10.B

ID	Indicatore	UdM	Criterio
10.B	Utilizzo di fornitori locali	%	N° fornitori locali/n° fornitori totali.

6.10.3 C - DIVERSITÀ TRA I DIPENDENTI

Questo indicatore fa riferimento alla misura della “diversità” all’interno dell’organizzazione dell’impresa esecutrice e può essere combinato con benchmark a livello settoriale o regionale.

La misura può essere riferita alle categorie di genere e fascia di età (per esempio 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, per esempio, 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.

Prospetto 35 - Indicatore 10.C

ID	Indicatore	UdM	Criterio
10.C	Diversità tra i dipendenti	%	N° dipendenti rientranti delle categorie individuate/n° dipendenti totali.

6.10.4 D - ELEMENTI DI SOSTENIBILITÀ PER LA SALUTE E LA SICUREZZA

Questo indicatore, di tipo qualitativo, prevede la redazione di un documento esplicativo sugli 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, nel documento possono essere considerati 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, per esempio, nome e cognome del lavoratore, qualifica, età, fotografia, impresa di appartenenza, ecc.

Prospetto 36 - Indicatore 10.D

ID	Indicatore	UdM	Criterio
10.D	Elementi di sostenibilità per la salute e la sicurezza	/	Compilazione documentazione rappresentativa (per esempio relazione descrittiva, check-list, foglio di calcolo, elaborato grafico, ecc.).

7 APPROCCI DIGITALI

Nel presente punto 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 punto 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 rispettivamente dall’Art. 7-bis del Decreto Ministeriale n. 312 [7] e dall’Allegato I.9, comma 12 del Decreto Legislativo n. 36 [17]. Per approfondimenti si rimanda all’Appendice D.

Per una maggiore facilità di lettura della presente prassi di riferimento, 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 le due fasi. 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 tale prassi intende 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.

Il dettaglio relativo ai diversi approcci digitali, sia per la fase di progettazione che di realizzazione, è riportato nell’Appendice B della presente prassi di riferimento.

7.1 APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE PER LA FASE DI PROGETTAZIONE (DPN)

7.1.1 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. La serie UNI 11337 introduce tre concetti relativi alla condivisione delle informazioni: Ambiente di condivisione dati (ACDat), Archivio di condivisione documenti (ACDoc) e Piattaforma collaborativa digitale.

I maggiori vantaggi derivanti dal loro utilizzo si possono 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.

7.1.2 DP2 - RILIEVO DELLO STATO DI FATTO TRAMITE TECNOLOGIE INNOVATIVE

Il rilievo dello stato di fatto con tecnologie innovative (quali per 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 (per 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.

7.1.3 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. La modellazione si lega strettamente al tema del livello di fabbisogno informativo o *Level Of Information Need* così come indicato dalla serie UNI EN ISO 19650 e dalla UNI EN ISO 7817-1:2024.

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 (per esempio 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.

7.1.4 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 la composizione degli elementi progettuali. Tale approccio supporta i progettisti nella stesura di progetti il più possibile coordinati e ottimizzati. Ad oggi gli strumenti più utilizzati sono quelli che permettono, in un flusso 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 e il trasferimento dei dati tra i vari software nelle situazioni in cui il dialogo tra questi non risulti diretto.

7.1.5 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 è 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 è 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.

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.

7.1.6 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*.

UNI/PdR 172:2025

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. Ai fini delle attività di coordinamento e validazione dei modelli è possibile utilizzare formati aperti (metodologia openBIM) come per esempio il formato Industry Foundation Classes (IFC) in conformità alla UNI EN ISO 16739-1, dedicato al trasferimento di geometrie e informazioni dei modelli, e il formato BCF (BIM Collaboration Format), dedicato per tracciare le comunicazioni inerenti alle criticità, problematiche, commenti, richieste di informazioni associate ai modelli oggetto della validazione.

Su questo tema vedere anche quanto suggerito dalla serie UNI 11337.

7.1.7 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 per esempio alla prevenzione di fenomeni quali la sindrome NIMBY (acronimo inglese per *Not In My Back Yard*, "Non nel mio cortile").

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.

7.1.8 DP8 - PIATTAFORME PER LA CONDIVISIONE TRA GLI STAKEHOLDER DELLE INFORMAZIONI ASSOCIATE AL CANTIERE (PER ESEMPIO WEBGIS, GEODIGITALTWIN) COMPRENSIVE DI STORICIZZAZIONE E 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.

7.1.9 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 e un conseguente innalzamento del livello medio della sicurezza.

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 [4].

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, ecc.). 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 formato 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.

7.1.10 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 e informazioni da gestire (per esempio materiali, produzione, processi, ecc.).

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.

UNI/PdR 172:2025

Dal punto di vista della sostenibilità ambientale e delle analisi LCA, i dati variano notevolmente in base alle norme di riferimento 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. 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; 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 topologici che alimenta i modelli informativi.

7.2 APPROCCI DI DIGITALIZZAZIONE PER LA FASE DI REALIZZAZIONE (DRN)

7.2.1 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, che progressivamente arricchiscono i vari database anche attraverso maschere di input e output come avviene per le ricerche full text.

7.2.2 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 e attributi di un modello As-Built vengono elaborati e integrati per ottenere una quantità di informazioni e una qualità molto più esaustive e dettagliate rispetto a 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.

7.2.3 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, ecc.), 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 tipi di monitoraggio real-time possono essere condotti grazie all'utilizzo di modelli BIM collegati ad architetture *IoT (Internet of Things)*.

7.2.4 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 per 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.

7.2.5 DR5 - PIATTAFORME PER LA CONDIVISIONE TRA GLI STAKEHOLDER DELLE INFORMAZIONI ASSOCIATE AL CANTIERE E DELLE SEGNALAZIONI (ES. WEBGIS, GEODIGITALTWIN) COMPRENSIVE DI STORICIZZAZIONE E ANALISI DEI DATI

Riprendendo quanto riportato al punto 7.1.8, le piattaforme di condivisione WebGIS e i GeoDigital-Twin 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.

7.2.6 DR6 - PIATTAFORMA PER LA PREDISPOSIZIONE E GESTIONE DEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO (PSC) E DI ALTRA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE

Riprendendo l'approccio di cui al punto 7.1.9, la piattaforma per la gestione del PSC in fase di esecuzione aumenta ulteriormente l'efficacia in termini di prevenzione del modello di cantiere sostenibile.

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, oltre che dall'utilizzo di tecnologie citate nella presente prassi di riferimento quali il QR Code, RFID, Ultra Wide Band, GPS, GIS con specifico riferimento all'ambito della sicurezza.

La piattaforma per la gestione del PSC è alimentata da elaborati informativi documentali e grafici anche derivanti dai modelli informativi, quali per 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.

7.2.7 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 dispositivi elettronici 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 specificatamente pensate per il cantiere: esse unificano i visori di realtà mista con i dispositivi di protezione individuale certificati (per esempio secondo UNI EN 397). 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.

7.2.8 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.

UNI/PdR 172:2025

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 protocollo *NFC* (*Near Field Communication*).

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 (per esempio 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.

7.2.9 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 e 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 per esempio l'utilizzo nelle macchine per il movimento terra: compattatori, escavatori e altri mezzi che basano le operazioni di scavo, compattazione, 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 per esempio 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.

7.2.10 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 senza che sia necessario l'intervento umano.

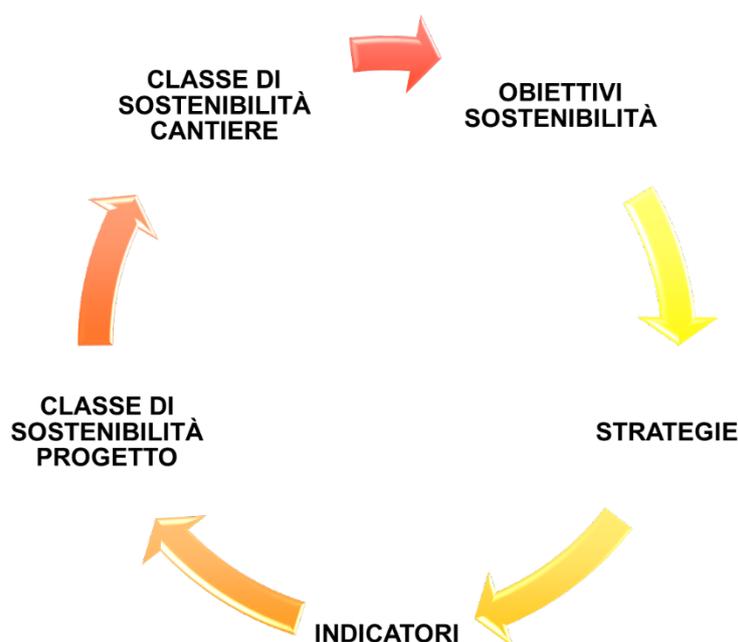
Grazie ad opportuni sensori integrati è possibile rilevare dati quali la temperatura corporea interna, la pressione, con il fine di valutare le capacità lavorative dell'operatore. Inoltre, questo tipo di approccio permette una migliore comunicazione tra le varie squadre presenti in cantiere così come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

8 DEFINIZIONE DELLA MODALITÀ DI CALCOLO DELLA SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE

Nella valutazione della sostenibilità, l'obiettivo che deve essere perseguito è la **MASSIMIZZAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE IN FASE DI PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE**, ottenuto attraverso una specifica modalità di calcolo (vedere figura 1) che permette, quindi, di identificare i due seguenti aspetti:

1. CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL PROGETTO
2. CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE.

Figura 1 - Processo di valutazione della sostenibilità



8.1 IMPLICAZIONI TRA OBIETTIVI E STRATEGIE

Il modello di calcolo parte dal presupposto che la massimizzazione della sostenibilità si ottiene attraverso il perseguimento di tutti e quattro gli obiettivi, a prescindere dalla tipologia di progetto/cantiere infrastrutturale. Questo implica che nessuno dei quattro obiettivi può essere considerato non applicabile, per cui devono essere obbligatoriamente considerati tutti e 4.

Il prospetto 37 identifica le correlazioni tra le 10 strategie e i 4 obiettivi, evidenziando le seguenti implicazioni:

- le strategie possono essere comuni a più obiettivi;
- non tutti gli obiettivi presentano tutte e 10 le strategie;
- le strategie permettono il raggiungimento della sostenibilità secondo i tre diversi ambiti (economico, sociale e ambientale).

Prospetto 37 - Correlazioni Obiettivi-Strategie

CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI	TUTELA/SALVAGUARDIA DEGLI ELEMENTI NATURALI E STORICI	RIUSO E RICICLO	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			
9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione	9. Comunicazione
10. Integrazione degli aspetti sociali			

8.2 CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITA' DEL CANTIERE IN FASE PROGETTUALE

Il progettista, in funzione dello specifico progetto e/o cantiere infrastrutturale considerato, identifica le strategie applicabili che vuole perseguire per ognuno dei 4 obiettivi. Deve essere obbligatoriamente perseguita almeno una strategia per ogni obiettivo (che in tal senso può pertanto essere definita *primaria*), diversa da quella eventualmente già opzionata per il raggiungimento di un altro obiettivo, secondo quella che viene definita come *“Regola degli scacchi”*.

Tale regola implica che deve essere perseguita almeno una strategia per ogni obiettivo, diversa da quella eventualmente già opzionata per il raggiungimento di un altro obiettivo, e che deve essere

perseguito almeno un indicatore per ognuna delle strategie, diverso da quello eventualmente già opzionato per un altro obiettivo.

Il progettista definisce l'applicazione di una sola o più strategie per ogni obiettivo, in funzione di uno o più dei seguenti criteri di scelta:

- 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.

Successivamente, per ogni strategia identificata, il progettista deve selezionare quali e quanti indicatori utilizzare per misurare la sostenibilità del cantiere in fase di progetto, in base alle caratteristiche dello stesso. Deve essere obbligatoriamente perseguito almeno un indicatore (che in tal senso può pertanto essere definito *primario*) per ognuna delle strategie individuate, diverso da quello eventualmente già opzionato per un altro obiettivo, secondo la sopra menzionata "Regola degli scacchi".

Il progettista definisce l'applicazione di uno o più indicatori per ogni strategia e obiettivo, in funzione di uno o più dei seguenti criteri di scelta:

- 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;
- classe di rilevanza dell'indicatore rispetto all'obiettivo considerato.

Si specifica che, nel caso in cui una strategia selezionata sia comune a più obiettivi, uno specifico indicatore relativo alla strategia identificata può avere classi di rilevanza differenti in funzione dello specifico obiettivo di sostenibilità cui fa riferimento (vedere figura 2).

Figura 2 - Esempio classi di rilevanza indicatori

1 - Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Coefficiente di riutilizzo interno
	B	Coefficiente di autosufficienza/autonomia
	C	Efficienza di riutilizzo

CLASSE DI RILEVANZA



UNI/PdR 172:2025

La classe di rilevanza di ogni singolo indicatore è stata considerata potenzialmente applicabile sia in fase di progettazione sia in fase di realizzazione.

Il progettista può anche definire, per uno o più indicatori, sia le caratteristiche soglie di riferimento progettuale, che dipenderanno dalla specificità del progetto, dalle strategie progettuali implementate e dalla tipologia dell'indicatore stesso, sia le modalità di misura e rendicontazione degli stessi indicatori, sulla base delle informazioni previste dalla presente prassi di riferimento.

Una volta definite le strategie e i relativi indicatori per il perseguimento dei 4 obiettivi di sostenibilità, sulla base di quanto sopra descritto, il progettista effettua la valutazione complessiva della sostenibilità del cantiere in fase di progetto, calcolando tutti i punteggi relativi agli indicatori considerati, secondo la seguente formula:

Classe di Sostenibilità del cantiere FASE PROGETTUALE = Indicatori P + Approcci DP

dove:

Indicatori P = somma dei punteggi relativi agli indicatori considerati in fase progettuale (P), identificati in funzione della classe di rilevanza associata. Il punteggio minimo raggiungibile è pari a 4 punti. Il punteggio maggiore raggiungibile, considerando i soli indicatori primari, è pari a 77.

Approcci DP = somma dei punteggi relativi all'applicazione degli APPROCCI DIGITALI (DP), descritti nell'Appendice B, agli indicatori di progetto (P) considerati. Il punteggio può essere pari a:

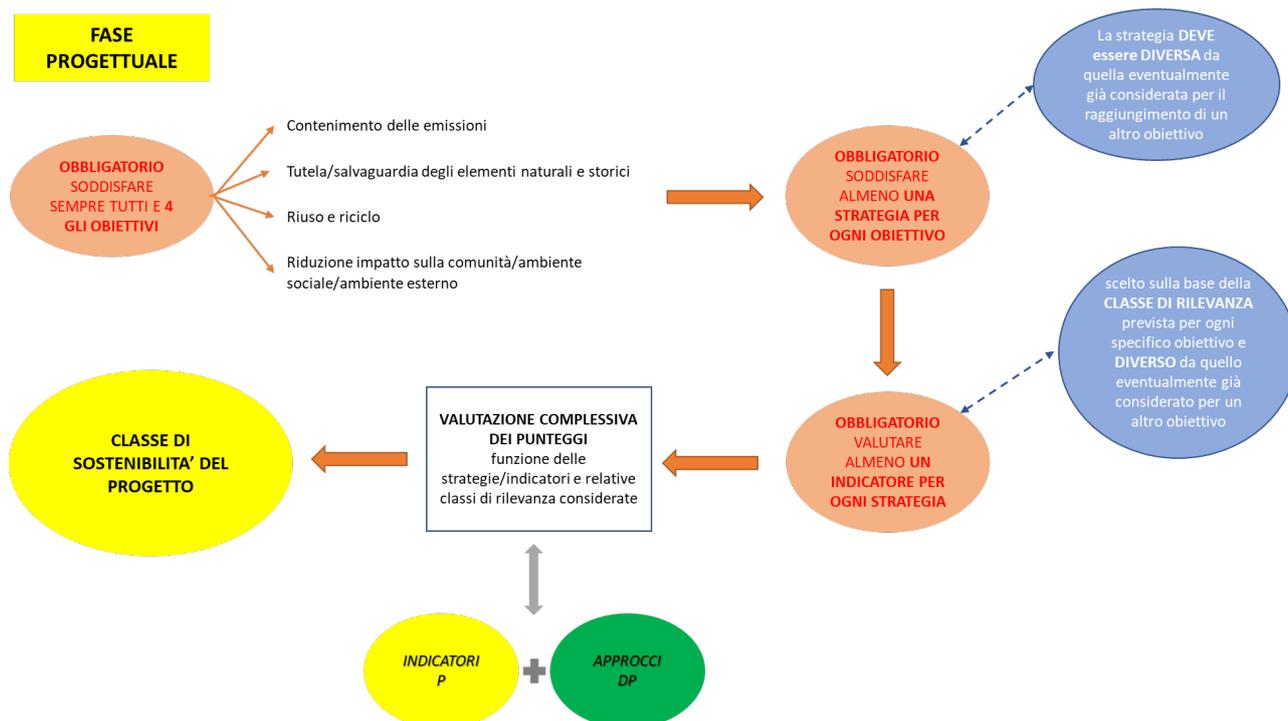
- 0,1 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali previsti per la fase di progetto e numerati da 1 a 10 (DP1-DP10);
- 0,2 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali suggeriti tra quelli previsti per la fase di progetto e numerati da 1 a 10 (DP1-DP10).

Il calcolo, di cui alla formula della Classe di Sostenibilità del cantiere FASE PROGETTUALE, permette di ottenere un punteggio complessivo della classe di sostenibilità del cantiere in fase progettuale, che può rientrare in una delle seguenti tre classi:

1. *ADEGUATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≤ 45 punti;
2. *MIGLIORATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 46 punti e ≤ 70 punti;
3. *AVANZATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 71 punti.

Il flusso schematico dell'applicazione della metodologia di calcolo della sostenibilità del cantiere in fase progettuale è evidenziato nella figura 3.

Figura 3 - Metodologia di calcolo Classe di sostenibilità del cantiere in fase di progettazione



8.3 CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE IN FASE REALIZZATIVA

A seguito del calcolo della sostenibilità del cantiere in fase progettuale, durante la realizzazione dell'opera, il cantiere traduce e trasforma le strategie identificate nella fase progettuale, in azioni concrete.

La presente prassi di riferimento quindi, 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.

Nell'ottica della massimizzazione della sostenibilità del cantiere, come descritto in precedenza al punto 8.1, l'Impresa può contribuire al miglioramento della classe di sostenibilità ottenuta dal progetto, ottenendo un nuovo punteggio che definirà il livello di sostenibilità finale del cantiere.

La valutazione in fase di realizzazione deve essere condotta 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 le caratteristiche soglie di riferimento degli indicatori identificati in fase progettuale, ottenendo, in tal modo, un punteggio *bonus*;
- l'Impresa può applicare gli Approcci Digitali legati alla fase di realizzazione (DR), di cui al punto 7, sia agli indicatori già valutati in fase di progetto dal progettista, sia agli ulteriori indicatori valutati in fase di realizzazione;
- la scelta dei nuovi indicatori R deve seguire la "Regola degli scacchi" menzionata al punto 8.2.

UNI/PdR 172:2025

Il calcolo della classe di sostenibilità del cantiere in fase di realizzazione deve essere effettuato secondo la seguente formula:

$$\text{Classe di sostenibilità del cantiere FASE REALIZZATIVA} \\ = \text{Classe Sostenibilità P} + \text{Indicatori R} + \text{Approcci DR} + \text{Bonus R}$$

dove:

Classe di sostenibilità del progetto P = punteggio ottenuto dal progetto. Come valutato dal punto 8.1.

Indicatori R = somma dei punteggi relativi agli indicatori considerati in fase realizzativa (R), funzione della classe di rilevanza associata.

Approcci DR = somma dei punteggi relativi all'applicazione degli APPROCCI DIGITALI (DR), descritti nell'Appendice B, agli indicatori della fase di realizzazione (R) considerati. Il punteggio può essere pari a:

- 0,1 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali previsti per la fase di realizzazione e numerati da 1 a 10 (DR1-DR10);
- 0,2 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali suggeriti tra quelli previsti per la fase di realizzazione e numerati da 1 a 10 (DR1-DR10).

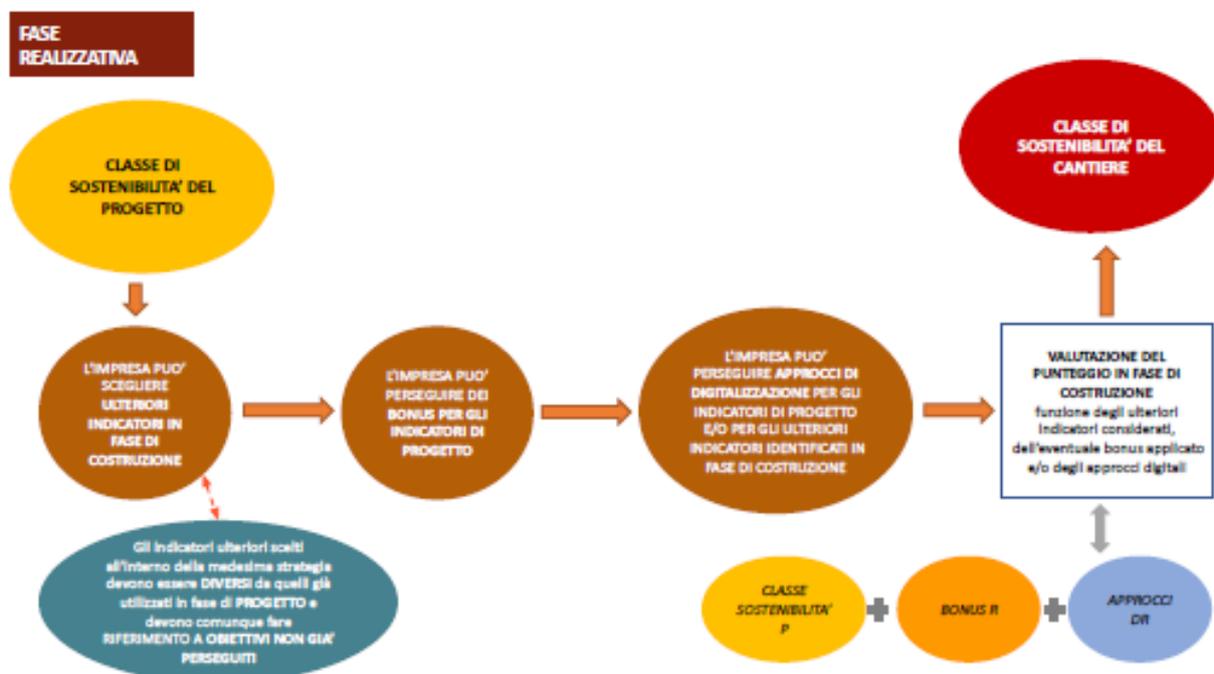
Bonus R = somma dei punteggi ottenuti moltiplicando il valore della classe di rilevanza dell'indicatore definito in fase progettuale (P) per un fattore pari a 0,2. Si ottiene solo se l'impresa migliora le caratteristiche soglie di riferimento dell'indicatore considerato, relativo alla fase progettuale.

Il calcolo, di cui alla formula Classe di sostenibilità del cantiere FASE REALIZZATIVA, permette di ottenere un punteggio complessivo della classe di sostenibilità finale del cantiere in fase realizzativa, che può rientrare in una delle seguenti tre classi:

1. *ADEGUATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≤ 45 punti;
2. *MIGLIORATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 46 punti e ≤ 70 punti;
3. *AVANZATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 71 punti.

Il flusso schematico dell'applicazione della metodologia di calcolo della sostenibilità del cantiere in fase realizzativa è evidenziato nella figura 4.

Figura 4 - Metodologia di calcolo Classe di sostenibilità finale del cantiere



8.4 CALCOLO DELLA CLASSE DI SOSTENIBILITÀ DEL CANTIERE NELLA SOLA FASE REALIZZATIVA

Nel caso in cui la presente prassi di riferimento sia applicata alla sola fase di realizzazione, la modalità di calcolo della classe di Sostenibilità del cantiere deve prendere in esame la sola fase realizzativa, secondo la seguente formula:

$$\text{Classe di sostenibilità del cantiere} = \text{Indicatori R} + \text{Approcci DR}$$

dove:

Indicatori R = somma dei punteggi relativi agli indicatori considerati in fase realizzativa (R), funzione della classe di rilevanza associata.

Approcci DR = somma dei punteggi relativi all'applicazione degli APPROCCI DIGITALI (DR), descritti nell'Appendice B, agli indicatori della fase di realizzazione (R) considerati. Il punteggio può essere pari a:

- 0,1 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali previsti per la fase di realizzazione e numerati da 1 a 10 (DR1-DR10);
- 0,2 punti: nel caso di applicazione di uno o più approcci digitali suggeriti tra quelli previsti per la fase di realizzazione e numerati da 1 a 10 (DR1-DR10).

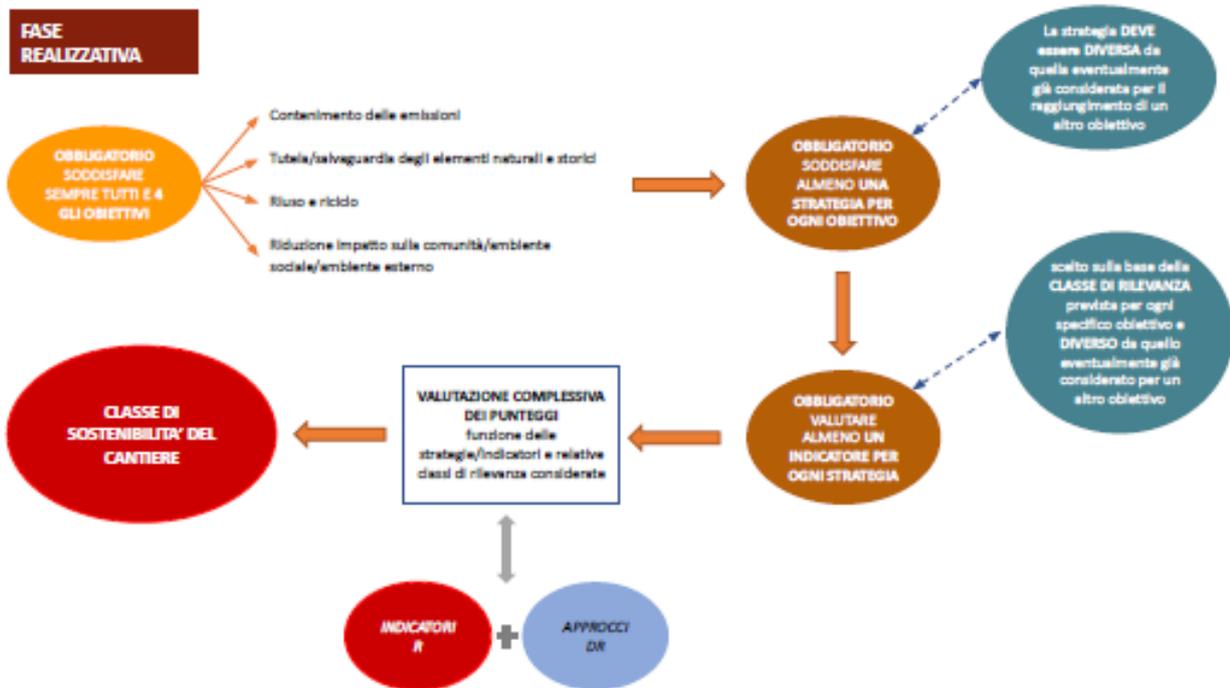
Il calcolo, di cui alla formula Classe di sostenibilità del cantiere, permette di ottenere un punteggio complessivo della classe di sostenibilità del cantiere, che può rientrare in una delle seguenti tre classi:

1. *ADEGUATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≤ 45 punti;
2. *MIGLIORATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 46 punti e ≤ 70 punti;
3. *AVANZATA*: se la somma dei punteggi risulta essere ≥ 71 punti.

Le modalità di scelta delle strategie in fase di realizzazione, e dei relativi indicatori, risultano comunque le medesime descritte nel punto 8.2, con esplicito riferimento alla fase di realizzazione e non a quella progettuale.

Il flusso schematico dell'applicazione della metodologia di calcolo della sostenibilità del cantiere alla sola fase realizzativa è evidenziato nella figura 5.

Figura 5 - Metodologia di calcolo Classe di sostenibilità del cantiere



APPENDICE A (informativa)
Matrice Obiettivi/Strategie/Indicatori

A.1 GENERALITÀ

La presente appendice mostra l'elenco e le interdipendenze individuate tra le strategie di sostenibilità e i relativi indicatori, e i 4 obiettivi di sostenibilità individuati:

- Contenimento delle emissioni
- Tutela e salvaguardia degli elementi naturali e storici
- Riuso e riciclo
- Riduzione impatto sulla comunità/ambiente sociale/ambiente esterno.

Prospetto A1 - Matrice Obiettivi/Strategie/Indicatori

OBBIETTIVO 1 - CONTENIMENTO DELLE EMISSIONI		OBBIETTIVO 2 - TUTELA/SALVAGUARDIA DEGLI ELEMENTI NATURALI E STORICI		OBBIETTIVO 3 - RIUSO E RICICLO		OBBIETTIVO 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. Coefficiente di riutilizzo interno	1- Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A. Coefficiente di riutilizzo interno	1- Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A. Coefficiente di riutilizzo interno	1- Massimizzazione del riutilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A. Coefficiente di riutilizzo interno
	B. Coefficiente di autoriduzione/autonomia						
2- Utilizzo di mezzi e attrezzature basso consumo	C. Efficienza di riutilizzo	2- Utilizzo di mezzi e attrezzature basso consumo	C. Efficienza di riutilizzo	2- Utilizzo di mezzi e attrezzature basso consumo	C. Efficienza di riutilizzo	2- Utilizzo di mezzi e attrezzature basso consumo	C. Efficienza di riutilizzo
	A. Caratteristiche mezzi e attrezzature						
3- Riduzione emissioni CO2 in funzione del riutilizzo interno	B. Rapporto mezzi/figura km ² /abitante	3- Riduzione emissioni CO2 in funzione del riutilizzo interno	B. Rapporto mezzi/figura km ² /abitante	3- Riduzione emissioni CO2 in funzione del riutilizzo interno	B. Rapporto mezzi/figura km ² /abitante	3- Riduzione emissioni CO2 in funzione del riutilizzo interno	B. Rapporto mezzi/figura km ² /abitante
	A. Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno		A. Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno		A. Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno		A. Coefficiente di riduzione CO2 in funzione del riutilizzo interno
4- Ottimizzazione della localizzazione e della logica del cantiere (area, tempi, modalità)	B. Controllo delle polveri in cantiere	4- Ottimizzazione della localizzazione e della logica del cantiere (area, tempi, modalità)	B. Controllo delle polveri in cantiere	4- Ottimizzazione della localizzazione e della logica del cantiere (area, tempi, modalità)	B. Controllo delle polveri in cantiere	4- Ottimizzazione della localizzazione e della logica del cantiere (area, tempi, modalità)	B. Controllo delle polveri in cantiere
	A. Piano dei trasporti di cantiere						
5- Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	B. Definizione di un layer di cantiere ottimizzato	5- Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	B. Definizione di un layer di cantiere ottimizzato	5- Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	B. Definizione di un layer di cantiere ottimizzato	5- Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	B. Definizione di un layer di cantiere ottimizzato
	C. Coefficiente di impermeabilizzazione area di cantiere		C. Coefficiente di impermeabilizzazione area di cantiere		C. Coefficiente di impermeabilizzazione area di cantiere		C. Coefficiente di impermeabilizzazione area di cantiere
6- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	D. Filtering up	6- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	D. Filtering up	6- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	D. Filtering up	6- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	D. Filtering up
	A. Piano Qualità Emergenza ambientale						
7- Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	7- Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	7- Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento	7- Utilizzo di prodotti e tecnologie a basso impatto	B. Ottimizzazione della predisposizione dei sistemi di trattamento
	C. Utilizzo di verde architetto						
8- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	E. Efficienza dell'investimento per aggiunto	8- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	E. Efficienza dell'investimento per aggiunto	8- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	E. Efficienza dell'investimento per aggiunto	8- Strategie con caratteristiche vantaggiate esterne	E. Efficienza dell'investimento per aggiunto
	A. Coefficiente di riutilizzo esterno						
9- Comunicazione	B. Capabilità di recupero						
	A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto		A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto		A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto		A. Coefficiente di utilizzo di prodotti a basso impatto
10- Integrazione degli aspetti sociali	B. Utilizzo di prodotti con certificazioni sul contenuto di riciclaggio dei prodotti	10- Integrazione degli aspetti sociali	B. Utilizzo di prodotti con certificazioni sul contenuto di riciclaggio dei prodotti	10- Integrazione degli aspetti sociali	B. Utilizzo di prodotti con certificazioni sul contenuto di riciclaggio dei prodotti	10- Integrazione degli aspetti sociali	B. Utilizzo di prodotti con certificazioni sul contenuto di riciclaggio dei prodotti
	C. Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione dei prodotti		C. Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione dei prodotti		C. Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione dei prodotti		C. Coefficiente di riduzione CO2eq in funzione della produzione dei prodotti
11- Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	D. Ottimizzazione della parte dei materiali/prodotti rispetto a caratteristiche ambientali (LCA, NTC, recupero del cantiere rispetto a una base di riferimento)	11- Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	D. Ottimizzazione della parte dei materiali/prodotti rispetto a caratteristiche ambientali (LCA, NTC, recupero del cantiere rispetto a una base di riferimento)	11- Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	D. Ottimizzazione della parte dei materiali/prodotti rispetto a caratteristiche ambientali (LCA, NTC, recupero del cantiere rispetto a una base di riferimento)	11- Decarbonizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	D. Ottimizzazione della parte dei materiali/prodotti rispetto a caratteristiche ambientali (LCA, NTC, recupero del cantiere rispetto a una base di riferimento)
	A. Separazione rifiuti						
12- Comunicazione	B. Bilancio ambientale						
	C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni
13- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	13- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	13- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	13- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa
	A. Utilizzo di materiali locali						
14- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	14- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	14- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	14- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali
	C. Diversità tra i dipendenti						
15- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	15- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	15- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	15- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza
	A. Separazione rifiuti						
16- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	16- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	16- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	16- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale
	C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni
17- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	17- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	17- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	17- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa
	A. Utilizzo di materiali locali						
18- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	18- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	18- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	18- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali
	C. Diversità tra i dipendenti						
19- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	19- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	19- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	19- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza
	A. Separazione rifiuti						
20- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	20- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	20- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale	20- Integrazione degli aspetti sociali	B. Bilancio ambientale
	C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni		C. Valutazioni
21- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	21- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	21- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa	21- Integrazione degli aspetti sociali	D. Protocolli d'intesa
	A. Utilizzo di materiali locali						
22- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	22- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	22- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali	22- Integrazione degli aspetti sociali	B. Coinvolgimento di fornitori locali
	C. Diversità tra i dipendenti						
23- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	23- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	23- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza	23- Integrazione degli aspetti sociali	D. Elementi di coesione per la salute e la sicurezza
	A. Separazione rifiuti						

APPENDICE B (informativa)

Matrice di calcolo delle classi di Sostenibilità

B.1 GENERALITÀ

La presente appendice rappresenta la matrice di calcolo generale della Classe di Sostenibilità del cantiere, sia per la fase progettuale, che per quella realizzativa, individuando le classi di rilevanza di ogni indicatore e l'elenco degli Approcci Digitali previsti per ognuno di essi.

Nello specifico la matrice riporta le seguenti indicazioni:

- **Classi di rilevanza** per ogni indicatore, espresse come valore numerico intero pari a “1” (bassa rilevanza), “2” (media rilevanza), “3” (alta rilevanza), funzionale dell'importanza che lo specifico indicatore assume per il perseguimento della strategia relativa all'obiettivo di riferimento.
- **Approcci digitali DP** relativi alla fase di progettazione (P). Esprimono sia l'elenco dei possibili approcci digitali previsti per il singolo indicatore (colonna denominata “Approccio digitale – Fase di Progettazione”), la cui scelta permette di incrementare la classe di rilevanza di un fattore pari a 0,1; sia l'approccio digitale suggerito (colonna denominata “Approccio DP Suggestito”), la cui scelta permette di incrementare la classe di rilevanza di un fattore pari a 0,2.
- **Approcci digitali DR** relativi alla fase di realizzazione (R). Esprimono sia l'elenco dei possibili approcci digitali previsti per il singolo indicatore (colonna denominata “Approccio digitale – Fase di Realizzazione”), la cui scelta permette di incrementare la classe di rilevanza di un fattore pari a 0,1; sia l'approccio digitale suggerito (colonna denominata “Approccio DR Suggestito”), la cui scelta permette di incrementare la classe di rilevanza di un fattore pari a 0,2.
- **Bonus** rappresenta la colonna relativa ai punteggi aggiuntivi ottenibili se l'Impresa migliora le caratteristiche soglie di riferimento definite in fase progettuale per quello specifico indicatore. Il punteggio è ottenuto moltiplicando il valore della classe di rilevanza dell'indicatore definito in fase progettuale per un fattore pari a 0,2.

Le celle colorate sono le celle che devono essere compilate per calcolare la Classe di Sostenibilità del cantiere, sia per la fase di progettazione che di realizzazione, oltre che la sola fase di realizzazione. Nello specifico:

- **Approccio DP suggerito** (celle verdi): deve essere inserito il valore pari a 0,2 nel caso in cui il progetto utilizzi l'approccio DP suggerito previsto per quello specifico indicatore.
- **Approccio DP** (celle verdi): deve essere inserito il valore pari a 0,1 nel caso in cui il progetto utilizzi uno o più approcci digitali previsti per quello specifico indicatore. La cella può essere compilata anche se è stata già compilata quella relativa all'approccio DP suggerito, poiché fa riferimento a un ulteriore approccio DP implementato.
- **Approccio DR suggerito** (celle celesti): deve essere inserito il valore pari a 0,2 nel caso in cui il cantiere utilizzi l'approccio DR suggerito previsto per quello specifico indicatore.
- **Approccio DR** (celle celesti): deve essere inserito il valore pari a 0,1 nel caso in cui il cantiere utilizzi uno o più approcci digitali previsti per quello specifico indicatore. La cella può essere compilata anche se è stata già compilata quella relativa all'approccio DR suggerito, poiché fa riferimento ad un ulteriore approccio DR implementato.

UNI/PdR 172:2025

- **Bonus** (celle arancioni): deve essere inserito il valore ottenuto moltiplicando il fattore pari a 0,2 per la classe di rilevanza relativa all'indicatore di progetto per il quale sono state migliorate le relative soglie caratteristiche di riferimento identificate in fase di progetto.

Alla fine del calcolo e in funzione della fase di riferimento, il foglio di calcolo restituisce le seguenti informazioni:

- **Classe di sostenibilità del cantiere in fase di progetto** (celle gialle): valore ottenuto dal calcolo di cui al punto 8.2 e relativa denominazione della classe ottenuta.
- **Classe di sostenibilità del cantiere in fase di realizzazione** (celle verdi): valore ottenuto dal calcolo di cui al punto 8.3 e relativa denominazione della classe ottenuta.
- **Classe di sostenibilità finale del cantiere** (celle blu): valore ottenuto dal calcolo di cui al punto 8.3 (oppure al punto 8.4) e relativa denominazione della classe ottenuta.

Prospetto B1 - Matrice di calcolo di classi di sostenibilità

NUM	STRATEGIE	INDICATORI	UNITÀ DI MISURA	OBiettivo 1			OBiettivo 2			OBiettivo 3			OBiettivo 4			CANTIERE				
				CLASSI DI SOSTENIBILITÀ OBIETTIVO	CLASSI DI SOSTENIBILITÀ OBIETTIVO	CLASSI DI SOSTENIBILITÀ OBIETTIVO	Tutte le prestazioni degli elementi e degli impianti	Ruolo e modo	Reduzione impatto sulla sostenibilità edificio	APPROCCIO IP SUGGERITO	APPROCCIO IP	APPROCCIO DIGITALE - FASE III PROGETTAZIONE	APPROCCIO IP SUGGERITO	BONUS	APPROCCIO IIR SUGGERITO	APPROCCIO IIR	APPROCCIO DIGITALE - FASE III REALIZZAZIONE	APPROCCIO IP SUGGERITO		
1	Massimizzazione del utilizzo delle risorse nell'ambito del cantiere	A	Conoscenza di numero interno	3	1	3	1	1	3	DP1, DP3, DP4, DP8, DP10	DP3				DR1, DR2	DR2				
		B	Conoscenza di area fabbricabile	3	1	3	1	1	3	DP1, DP3, DP4, DP8	DP3					DR1, DR2	DR2			
		C	Efficienza di utilizzo	2	1	3	1	1	3	DP1, DP3, DP4, DP8, DP10	DP3					DR1, DR2, DR9	DR2			
2	Utilizzo di mezzi e attrezzature basse emissioni	A	Capacità mezzi e attrezzature	2	2	2	2	2	2	DP1, DP3, DP8, DP7, DP9	DP1				DR1, DR6, DR8	DR1				
		B	Reporte mezzi di cantiere	1	1	2	1	1	2	DP1, DP3, DP8	DP1					DR1	DR1			
3	Mitigazione e mitigazione degli impatti degli Agenti Fisici	A	Conoscenza di riduzione CO2 in funzione del numero interno	3	1	2	1	2	3	DP1, DP3, DP4, DP8, DP10	DP10				DR1, DR3, DR5, DR6	DR1				
		B	Controllo delle polveri in cantiere	3	2	1	3	1	3	DP1, DP3, DP6, DP7, DP8, DP9	DP9					DR1, DR3, DR5, DR6	DR3			
		C	Planimetria di cantiere	3	1	1	3	1	3	DP1, DP2, DP5, DP7, DP9	DP9					DR1, DR4, DR5, DR6, DR8	DR6			
4	Ottimizzazione della localizzazione e della logica del cantiere (area, tempi, mobilità)	A	Definizione di un layout di cantiere ottimizzato	2	1	1	1	1	3	DP1, DP3, DP4, DP5, DP6, DP7, DP8, DP9	DP6				DR1, DR4, DR5, DR6, DR7	DR5				
		B	Conoscenza di impuntabilità area di cantiere	2	2	2	2	2	2	DP1, DP2, DP3, DP4, DP6, DP8	DP8					DR1, DR3, DR5	DR5			
		C	Flusso di cantiere	1	1	2	1	1	2	DP1, DP2, DP3, DP4, DP6, DP8	DP8					DR1, DR3, DR5	DR5			
5	Tutela, mitigazione e compensazione delle risorse territoriali locali	A	Planimetria di cantiere	1	1	1	1	1	2	DP1, DP4, DP7, DP8, DP8	DP8				DR1, DR4, DR5, DR6, DR7	DR6				
		B	Definizione della predisposizione del sistema di trattamento	1	2	3	3	3	3	DP1, DP4	DP4					DR1, DR3	DR3			
		C	Misura di verde all'interno	1	3	2	2	2	3	DP1, DP3, DP6, DP7, DP8	DP8					DR1, DR2, DR7	DR2			
		D	Efficienza di trattamento parassitario	1	2	1	1	1	3	DP1, DP2, DP3, DP5, DP6, DP7, DP8	DP7					DR1, DR2, DR5, DR7	DR5			
6	Rispetto con categorie vulnerabili (particolari)	A	Conoscenza di numero esterno	3	3	3	3	3	3	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10				DR1	DR1				
		B	Capacità di recupero	3	3	3	3	3	3	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10					DR1	DR1			
7	Inizio di prodotti tecnologici a basso impatto	A	Conoscenza di altezza di prodotto a basso impatto	2	1	1	2	1	2	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10				DR1	DR1				
		B	Misura di prodotti con verifiche sul consumo di modulo	2	1	3	1	1	3	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10				DR1, DR6	DR8				
		C	Conoscenza di riduzione CO2eq in funzione della posizione del cantiere	3	1	2	1	1	2	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10				DR1, DR8	DR8				
		D	Definizione della zona di installazione (spazio, inaccessibilità e paratia)	1	1	2	2	2	2	DP1, DP3, DP4, DP10	DP10				DR1, DR6	DR8				
8	Localizzazione e razionalizzazione delle fonti energetiche	A	Definizione di area a esterne (basse emissioni) di cantiere	1	1	1	1	1	1	DP1, DP4, DP10	DP4				DR1, DR3	DR3				
		B	Appropriazione del settore Energia Elettrica con sigla s di rinnovabili (migliore efficienza energetica nazionale)	3	1	3	3	3	3	DP1, DP10	DP10				DR1	DR1				
		C	Produzione di rinnovabili in cantiere	3	1	3	3	3	3	DP1, DP10	DP10				DR1, DR3	DR3				
9	Comunicazione	A	Segnalazione	2	3	1	2	1	2	DP1, DP5, DP9	DP1				DR1, DR3, DR5, DR7, DR8, DR10	DR1				
		B	Informazioni post	1	3	1	3	1	3	DP1, DP5, DP9	DP1				DR1, DR6, DR7, DR8, DR10	DR1				
		C	Informazioni	1	1	1	1	1	3	DP1, DP5, DP9	DP1				DR1, DR6, DR7, DR8, DR10	DR1				
		D	Procedure di cantiere	2	2	2	2	2	3	DP1	DP1				DR1	DR1				
10	Integrazione degli aspetti sociali	A	Misura di informazioni locali	2	1	1	1	1	3	DP1	DP1				DR1	DR1				
		B	Conoscenza di tecnici locali	3	1	1	1	1	3	DP1	DP1				DR1	DR1				
		C	Discrezionalità dei tecnici	1	1	1	1	1	2	DP1	DP1				DR1	DR1				
		D	Elementi di sostenibilità per la cassa da sicurezza	1	1	1	1	1	2	DP1, DP9	DP9				DR1, DR6	DR6				

APPENDICE C (informativa)
Criteria di premialità relativi al D.M. n. 312 e al D.Lgs. n. 36

La presente appendice informativa dettaglia quanto previsto dall'Art. 7-bis del Decreto Ministeriale n. 312 [7] e dall'Allegato I.9, comma 12 del Decreto Legislativo n. 36 [17].

In particolare, si riporta di seguito l'Art. 7-bis del Decreto Ministeriale n. 312 [7], 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 fini del controllo dei costi del ciclo di vita dell'opera;*
- f. proposte volte a utilizzare i **metodi e gli strumenti elettronici per raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientali** 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**".*

Inoltre, di seguito si riportano gli aspetti di premialità del Decreto Legislativo n. 36 [17], Allegato I.9, comma 12.

12. Nella formulazione dei requisiti informativi da parte delle stazioni appaltanti e degli enti concedenti possono essere definiti, per la loro successiva rigorosa attuazione nel corso dell'esecuzione dei contratti pubblici, usi specifici, metodologie operative, processi organizzativi e soluzioni tecnologiche, quali oggetti di valutazione ai fini della premialità, ove ammissibile, dei contenuti delle offerte dei candidati. In particolare, possono essere definiti requisiti e proposte:

- a. per l'integrazione della gestione delle informazioni con la **gestione del progetto e con la gestione del rischio**;
- b. per facilitare la **gestione dell'ambiente di condivisione dei dati nell'ambito della cyber security**;
- c. per incrementare il livello di **protezione, di riservatezza e di sicurezza dei dati**, con particolare riferimento all'**ambiente di condivisione dei dati**;
- d. per utilizzare i **metodi e gli strumenti elettronici** per raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientali anche attraverso i principi del green public procurement;
- e. per incrementare, in senso computazionale, attraverso il **piano di gestione informativa, la produzione e la consegna dei modelli informativi** e il loro collegamento con gli altri contenuti informativi presenti nell'ambiente di condivisione dei dati;
- f. 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**;
- g. con riferimento alla fase di progettazione, che consentano di **supportare digitalmente i processi autorizzativi**;
- h. con riferimento alla fase di progettazione, che consentano di **supportare digitalmente le attività di verifica e di validazione dei progetti**;
- i. per supportare la **formulazione e la valutazione di varianti migliorative** e di mitigazione del rischio;
- j. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, per incrementare la transizione dalla progettazione esecutiva alla progettazione costruttiva, a **dispositivi digitali relativi alla modellazione informativa multi-dimensionale** attinente al **monitoraggio** e al controllo **dell'avanzamento temporale** ed economico dei lavori, al ricorso a soluzioni tecnologiche di **realtà aumentata e immersiva**;
- k. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, per **incrementare digitalmente le condizioni di salute e di sicurezza nei cantieri**;
- l. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, per **incrementare digitalmente le condizioni relative alla gestione ambientale e circolare nei cantieri**;
- m. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, per **incrementare le condizioni di comunicazione e di interconnessione** tra le entità presenti in cantiere finalizzate a facilitare le relazioni intercorrenti tra le parti in causa;
- n. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, relative a **modalità digitali per la tracciabilità dei materiali e delle forniture** e per la tracciabilità dei processi di produzione e montaggio, anche ai fini del controllo dei **costi del ciclo di vita** dell'opera;
- o. con riferimento alla fase di esecuzione dei lavori, relative alla dotazione, al termine degli stessi, del **corredo informativo utile all'avvio del funzionamento del cespite** e delle attività a esso connesse;
- p. con riferimento alla fase di gestione delle opere, che permettano di **supportare digitalmente il governo delle prestazioni del cespite e i suoi livelli di fruibilità**.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI EN 17472:2022 Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione della sostenibilità delle opere di ingegneria civile - Metodi di calcolo
- [2] UNI/PdR 134:2022 Rating di sostenibilità per imprese di minori dimensioni - Modello di autovalutazione
- [3] Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137
- [4] Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro. (GU Serie Generale n.101 del 30-04-2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
- [5] Decreto Legislativo del 18 aprile 2016, n. 50 (1) Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.
- [6] Decreto ministeriale 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
- [7] Decreto Ministeriale 2 agosto 2021 n. 312 Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili - Modifiche al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 1° dicembre 2017, n. 560 che stabilisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione dei metodi e degli strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture
- [8] Direttiva 98/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 ottobre 1998 relativa alle misure da adottare contro l'inquinamento atmosferico da emissioni dei veicoli a motore e recante modificazione della direttiva 70/220/CEE del Consiglio
- [9] Direttiva 1999/96/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 dicembre 1999 sul ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da prendere contro l'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dai motori ad accensione spontanea destinati alla propulsione di veicoli e l'emissione di inquinanti gassosi prodotti dai motori ad accensione comandata alimentati con gas naturale o con gas di petrolio liquefatto destinati alla propulsione di veicoli e che modifica la direttiva 88/77/CEE del Consiglio
- [10] Direttiva 97/68/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 1997 concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai provvedimenti da adottare contro l'emissione di inquinanti gassosi e particolato inquinante prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali
- [11] UNI EN ISO 26000:2020 Guida alla responsabilità sociale
- [12] Linee Guida e Manuale Operativo ENEA

- [13] POSITION PAPER AIS NUM. 05 – Il Cantiere Sostenibile – Documento di indirizzo metodologico (2022)
- [14] Protocollo Envision - Protocollo per la valutazione della sostenibilità delle opere infrastrutturali
- [15] Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (GU Serie Generale n. 101 del 30-04-2008 - Suppl. Ordinario n. 108)
- [16] Decreto del presidente del consiglio dei Ministri del 12 dicembre 2005 - Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali del paesaggio di cui al D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42
- [17] Decreto legislativo 31 marzo 2023, n. 36 Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici
- [18] UNI EN 15643:2021 Sostenibilità delle costruzioni - Quadro di riferimento per la valutazione degli edifici e delle opere di ingegneria civile
- [19] Rapporto Brundtland del 1987 "Our common future" – Nazioni Unite
- [20] UNI EN ISO 14040:2021 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento
- [21] UNI EN ISO 14044:2021 Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida





UNI Ente Italiano di Normazione
Membro italiano ISO e CEN

Via Sannio, 2 - 20137 Milano
Via del Collegio Capranica, 4 - 00186 Roma

www.uni.com



[normeUNI](https://www.linkedin.com/company/normeUNI)



[@normeUNI](https://twitter.com/normeUNI)



[normeUNI](https://www.youtube.com/channel/UCnormeUNI)