



UNIONE EUROPEA
Fondo Sociale Europeo
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



ENEA
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

POIN GOVERNANCE
E CAPACITÀ
ISTITUZIONALE
2014-2020



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ PER LA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

RASSEGNA DELLE METODOLOGIE/TECNOLOGIE PER TRASFORMARE LO STOCK DI MATERIALI IN PRODOTTI RIUTILIZZABILI E RICICLABILI

Autori

Antonella Luciano, Paola Altamura, Roberto Carletti, Laura Cutaia

INDICE

<u>1</u>	<u>INTRODUZIONE</u>	7
1.1	URBAN MINING E EDIFICI COME STOCK DI MATERIE PRIME	7
1.2	LE FASI DEL PROCESSO DI RECUPERO IN OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE	9
<u>2</u>	<u>LA PIANIFICAZIONE: AUDIT PRE-DEMOLIZIONE E STIMA DEI MATERIALI RECUPERABILI</u>	11
2.1	DESCRIZIONE E FINALITÀ	11
2.2	METODOLOGIA E CONTENUTI DELL'AUDIT PRE-DEMOLIZIONE	12
2.3	BENEFICI E POTENZIALITÀ	19
<u>3</u>	<u>DEMOLIZIONE SELETTIVA</u>	21
3.1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO	21
3.2	ELENCO E DESCRIZIONE DELLE FASI	23
3.3	ORGANIZZAZIONE DELLE RESPONSABILITÀ NEL PROCESSO DI DEMOLIZIONE SELETTIVA	25
3.4	TECNICHE E ATTREZZATURE	29
3.5	CASI REALI (APPLICAZIONI, BEST PRACTICES)	32
3.5.1	ESEMPIO DI DEMOLIZIONE SELETTIVA PER UN EDIFICIO REALIZZATO CON TECNICHE COSTRUTTIVE INNOVATIVE	32
3.6	FATTIBILITÀ E SOSTENIBILITÀ TECNICA ECONOMICA E AMBIENTALE	36
<u>4</u>	<u>DECOSTRUZIONE, SMONTAGGIO SELETTIVO E PREPARAZIONE AL RIUTILIZZO</u>	37
4.1	DESCRIZIONE DEL PROCESSO	37
4.2	PIANIFICAZIONE DELLO STOCCAGGIO E LOGISTICA DI CANTIERE	40
4.3	SPECIFICHE TECNICHE PER IL RIUTILIZZO	41
4.4	ASPETTI ECONOMICI E SOCIALI	58
4.5	VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELLE OPERAZIONI VOLTE AL RIUTILIZZO	59

4.6 STATUS GIURIDICO DEI MATERIALI	62
4.7 CASI REALI (APPLICAZIONI, BEST PRACTICES).....	67
4.7.1 L'ESPERIENZA DEL GRUPPO BELGA ROTOR E DELLO SPIN-OFF ROTOR DC	67
4.7.2 L'ESPERIENZA DELLA HARVEST MAP DEGLI OLANDESI SUPERUSE STUDIOS	68
<u>5 TRATTAMENTO, RECUPERO E VALORIZZAZIONE</u>	<u>69</u>
5.1 RECUPERO IN IMPIANTI FISSI	70
5.1.1 L'ESEMPIO DELLA TECNOLOGIA R.O.S.E.	72
5.2 RECUPERO IN CANTIERE (IMPIANTI MOBILI)	78
5.3 INNOVAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI TECNICHE E AMBIENTALI	81
5.3.1 RECUPERO DI LEGANTE E AGGREGATI TRAMITE FRAMMENTAZIONE ELETTRODINAMICA DEL CALCESTRUZZO	81
5.3.2 PRODUZIONE DI UN AGGREGATO LEGGERO DAL RICICLO DEL LATERIZIO.....	85
5.4 CARATTERISTICHE DEGLI AGGREGATI RICICLATI IN FUNZIONE DEI DIVERSI RIUTILIZZI	88
5.4.1 LA CERTIFICAZIONE DEGLI AGGREGATI RICICLATI	88
5.4.2 NORME TECNICHE E PROVE IN RELAZIONE A TIPO DI UTILIZZO DELL'AGGREGATO	90
<u>6 VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA E BENEFICI AMBIENTALI DI RIUSO E RICICLO ___92</u>	
6.1 UN QUADRO DI RIFERIMENTO PER LA SCELTA DELL'OPZIONE TECNICA PIÙ APPROPRIATA	92
<u>7 BIBLIOGRAFIA</u>	<u>106</u>

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Comparazione attività di sfruttamento giacimenti minerari e giacimenti urbani	9
Tabella 2: Ripartizione delle competenze nel processo di demolizione selettiva. [Fonte: Regione Veneto, 2012]	25
Tabella 3: Tecniche di demolizione più idonee al recupero di alcuni componenti e materiali da costruzione. [Fonte: Longo, 2007]	30
Tabella 4: Risultati dell'audit pre-demolizione per la Creo House. [Fonte: Gilli Hobbs, Resource Efficiency Director, BRE]	34
Tabella 5: Stato di conservazione e prestazione residua per trave in legno, tavolato in legno	43
Tabella 6: Stato di conservazione e prestazione residua per travella in laterizio	43
Tabella 7: Stato di conservazione e prestazione residua per matone in laterizio	44
Tabella 8: Stato di conservazione e prestazione residua per concio in pietra	45
Tabella 9: Stato di conservazione e prestazione residua per trave in ferro	45
Tabella 10: Stato di conservazione e prestazione residua per coppo e tegole in laterizio	46
Tabella 11: Stato di conservazione e prestazione residua per scandola in legno	47
Tabella 12: Stato di conservazione e prestazione residua per lastre ondulate	47
Tabella 13: Stato di conservazione e prestazione residua per comignolo in laterizio	48
Tabella 14: Stato di conservazione e prestazione residua per canale di gronda	48
Tabella 15: Stato di conservazione e prestazione residua per piastrelle in ceramica smaltate	49
Tabella 16: Stato di conservazione e prestazione residua per piastrelle in ceramica	49
Tabella 17: Stato di conservazione e prestazione residua per pavimentazione	50
Tabella 18: Stato di conservazione e prestazione residua per listoni, listelli, doghe in legno da parquet	51
Tabella 19: Stato di conservazione e prestazione residua per caminetto in pietra naturale	51
Tabella 20: Stato di conservazione e prestazione residua per battiscopa in legno	52
Tabella 21: Stato di conservazione e prestazione residua per davanzale, soglia, gradino marmo/ pietra	52
Tabella 22: Stato di conservazione e prestazione residua per ante, persiane oscuranti	53
Tabella 23: Stato di conservazione e prestazione residua per finestre e porte finestre	53
Tabella 24: Stato di conservazione e prestazione residua per porte esterne e portoni	54
Tabella 25: Stato di conservazione e prestazione residua per porte interne	55
Tabella 26: Stato di conservazione e prestazione residua per lucernari	55
Tabella 27: Stato di conservazione e prestazione residua per parapetti, balaustre, inferriate	56

Tabella 28: Stato di conservazione e prestazione residua per apparecchi sanitari	56
Tabella 29: Stato di conservazione e prestazione residua per rubinetterie	57
Tabella 30: Stato di conservazione e prestazione residua per corpo scaldante	57
Tabella 31: Check list per la fattibilità e sostenibilità delle operazioni di preparazione per il riutilizzo e riuso. [Fonte: CMB, 2019].....	60
Tabella 32- Valutazione della fattibilità e dei benefici ambientali delle opzioni di riuso e riciclo applicate ai principali elementi tecnici e componenti edili. [Fonte: Altamura, 2015 traduzione e adattamento da Addis, 2005].....	95

Indice delle Figure

Figura 1: Materiali da recuperare dalle miniere urbane.....	7
Figura 2: Il processo di demolizione selettiva. [Fonte: Altamura, 2015].....	22
Figura 3: Fasi del processo di demolizione selettiva [Fonte: Altamura, 2015]	23
Figura 4: La Creo House è un'abitazione sperimentale realizzata con casseforme isolanti a perdere in EPS nell'Innovation Park del BRE, Watford (UK). [Fonte: Adams et. Al., 2013].....	33
Figura 5: Il processo dello smontaggio selettivo. [Fonte: Altamura, 2015].....	38
Figura 6: Fase di <i>strip out</i> : in primo piano, moduli per controsoffitto a quadrotti, guarnizioni in plastica, porte e mostre in legno, scarti di legno riciclabili. [Fonte: Barcella C. (Comitato Tecnico European Demolition Association), "L'attività delle imprese europee e italiane di demolizione per il recupero dei rifiuti", Atti del Convegno Inertia 2012, XVI INTERFORUM Il ruolo dei criteri di cessazione del rifiuto nel riciclaggio dei rifiuti da C&D, Ferrara, 19 settembre 2012]	39
Figura 7: Documento di sintesi della Ricerca "Edilizia e infrastrutture verso l'Economia circolare" e proposte di modifica della normativa finalizzate a definire il cantiere conferendogli la qualità di processo di produzione. [Fonte: Centro Materia Rinnovabile, 2017].....	64
Figura 8: Il negozio virtuale della società Rotor DC. [Fonte: https://rotordc.com/].....	67
Figura 9: Il portale Harvest Map dei Superuse Studios. [Fonte: https://www.oogstkaart.nl/]	68
Figura 10: Un esempio di impianto di recupero fisso. [Fonte: https://www.coreine.it/recupero-inerti-roma/impianti-di-riciclaggio/857].....	71
Figura 11: : Immagine di uno degli impianti fissi a tecnologia R.O.S.E. e sintesi delle caratteristiche prestazionali. [Fonte: Toschi A., "Tecnologie e pianificazione per il recupero di risorse da rifiuti C&D.....ma non solo", Atti del convegno XVI INTERFORUM. Il ruolo dei criteri di cessazione del rifiuto nel riciclaggio dei rifiuti da C&D, INERTIA 2012 Ferrara, 19-20-21 Settembre 2012]	73

Figura 12: Composizione tipica degli aggregati in ingresso nell'impianto R.O.S.E. di Villa Musone, Ancona. [Fonte: http://www.anpar.org/documentazione/Recycling-SAlE.pdf]	74
Figura 13: Schema di flusso di un impianto R.O.S.E. tipo. [Fonte: Longo, 2007]	77
Figura 14: Schema di flusso degli impianti mobili tradizionali. [Fonte: Diotti A., Baronio S. (2018), "Indicazioni e criteri per l'utilizzo degli aggregati riciclati nel settore edile, stradale e ambientale", Rapporto Finale Collaborazione tra l'Associazione Regionale dei Costruttori Edili Lombardi (ANCE Lombardia) e l'Università degli Studi di Brescia]	80
Figura 15: Impianto mobile tipo per il trattamento dei rifiuti inerti da C&D in cantiere. [Fonte: http://www.rinacsrl.com/processo.php]	80
Figura 16: : I primi esperimenti condotti dal Fraunhofer-Institut applicati a piccoli provini di calcestruzzo.. [Fonte: http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Forschung_im_Fokus/Archiv/Blitz_im_Buero.html] ...	83
Figura 17: Impianto mobile di trattamento dei rifiuti inerti, dotato di un vaglio, di un frantoio ad urto di un nastro magnetico per la separazione della frazione metallica. [Fonte: www.aufbaukoernungen.de/ziele.html]	84
Figura 18: Aggregato leggero prodotto con l'aggiunta di diverse quantità di agenti espandenti. [Fonte: http://www.abw-recycling.de/art/publik/Veroeffentlichungen_2013/2013_02_BFT_Ulm_Aufbaukoernung.pdf]	86
Figura 19: Assorbimento d'acqua e resistenza meccanica dei singoli granuli di aggregato leggero riciclato a confronto con le prestazioni dell'argilla espansa convenzionale. [Fonte: http://www.abw-recycling.de/art/publik/Veroeffentlichungen_2013/2013_02_BFT_Ulm_Aufbaukoernung.pdf]	86
Figura 20: Norme UNI EN di riferimento e Prove da effettuare sui materiali	90

1 INTRODUZIONE

1.1 URBAN MINING E EDIFICI COME STOCK DI MATERIE PRIME

Le città e le attività produttive ed industriali rappresentano una preziosa fonte di risorse, attraverso i flussi di residui e rifiuti prodotti e gli stock di materiali in esse immagazzinati, e possono essere considerate vere e proprie “miniere urbane” di materie prime (Brunner, 2011; Baccini and Brunner, 2012).

Diversi sono i flussi di particolare interesse dai quali poter ricavare “materie prime seconde”: i rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE), che contengono elevate percentuali di metalli preziosi, terre rare e plastiche; i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), che rappresentano una quota considerevole dei rifiuti speciali prodotti in Italia, gli Pneumatici fuori uso, le varie frazioni della raccolta differenziata dei Rifiuti solidi urbani, etc. (Figura 1).

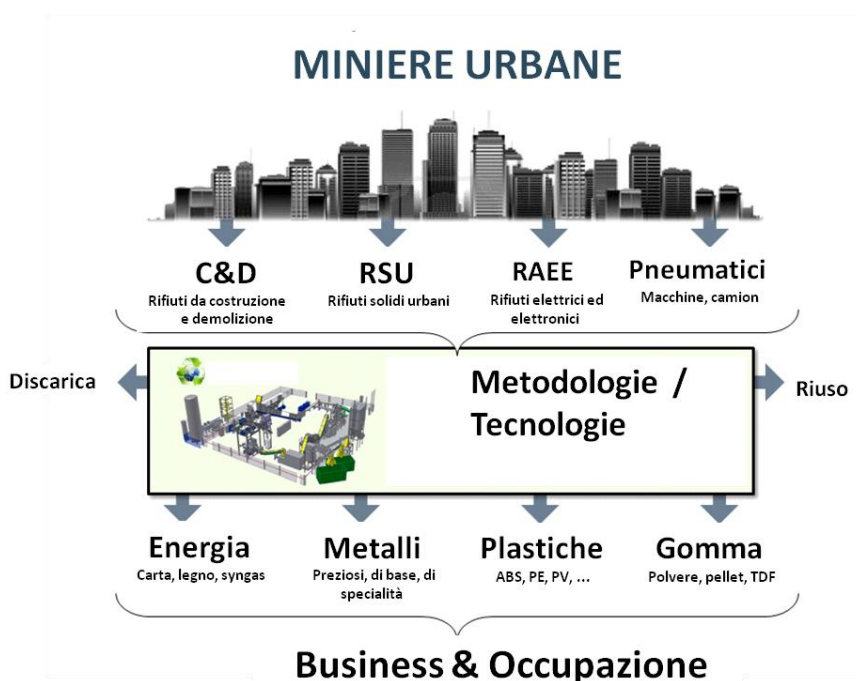


Figura 1: Materiali da recuperare dalle miniere urbane

Il settore delle costruzioni e l'intera filiera ad esso correlata, rappresenta tutt'oggi un motore trainante per l'economia Italiana, ma è responsabile di un consumo massiccio di risorse, notevoli emissioni di CO₂ e della produzione di ingenti quantitativi di rifiuti lungo l'intero ciclo di vita dei prodotti. La Commissione Europea considera questo settore tra i "prioritari"¹, sia per indirizzare politiche ed iniziative volte ad un uso più efficiente delle risorse sia attraverso il miglioramento delle prestazioni energetiche sia attraverso il riutilizzo dei materiali, che può contribuire alla decarbonizzazione e quindi al raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica fissati a livello comunitario (ENEA et al., 2020).

L'Italia, in questo contesto, ha agito concretamente per la promozione dell'approccio circolare in edilizia attraverso lo strumento strategico del Green Public Procurement (GPP). Primo ed unico Paese in Europa, l'Italia ha reso obbligatoria l'implementazione dei processi di economia circolare in edilizia, introducendo l'obbligatorietà nel 100% delle gare della P.A. dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) del "Piano d'azione nazionale per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (PAN GPP, D.M. 10.04.2013) per l'edilizia (D.M. 24.12.2015 e aggiornamento D.M. 11.10.2017)².

Attraverso i CAM, dal 2016 nei progetti di edilizia pubblica sono stati quindi resi obbligatori diversi criteri/processi che promuovono l'approccio circolare alla gestione dei materiali da costruzione e dei rifiuti da costruzione e demolizione: l'audit pre-demolizione; la demolizione selettiva; il recupero dei rifiuti da C&D per almeno il 70%; uso di materiali con contenuto di riciclato o di recupero; la progettazione finalizzata alla decostruzione

In questo contesto l'urban mining, inteso come l'insieme di azioni e tecnologie volte al recupero di materie prime secondarie ed energia da qualsiasi tipo di stock antropogenico

¹ Si vedano le Comunicazioni "A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe" (COM/2020/98 final), "The European Green Deal" (COM/2019/640 final), e "A New Industrial Strategy for Europe" (COM/2020/102 final), "Resource efficiency opportunities in the building sector"(COM 445/2014), "Roadmap to a resourceefficient Europe" (COM 571/2011)

² Il Nuovo Codice Appalti (D.lgs. 50/2016) all'Art. 34 ("Criteri di sostenibilità energetica ed ambientale") prevede l'obbligatorietà dell'adozione dei CAM GPP nella totalità degli appalti «relativamente alle categorie di appalto con le quali si può conseguire l'efficienza energetica negli usi finali quali [...] l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione».

immagazzinato negli edifici e nelle infrastrutture assume importanza strategica (Koutamanis et al. 2017).

Inoltre il concetto di *building as material bank* (Rose and Stegemann, 2019; Gepts et al., 2019) (edificio concepito come stoccaggio temporaneo di materiali) dà un nuovo valore ai materiali e prodotti da costruzione. Di conseguenza lo stock racchiuso negli edifici residenziali ed industriali dovrà essere gestito nello stesso modo in cui si estraggono i minerali dai giacimenti naturali e sempre considerando la gerarchia nella gestione dei rifiuti. Dovranno quindi essere messe in atto attività in analogia con le attività di esplorazione e sfruttamento dei giacimenti naturali (Tabella 1).

Tabella 1: Comparazione attività di sfruttamento giacimenti minerari e giacimenti urbani

Fasi di coltivazione dei giacimenti naturali	Fasi di estrazione dagli edifici
Valutazione dell'estensione e della concentrazione del giacimento (Prospezione)	Valutazione della tipologia e della quantità dei materiali riusabili e delle frazioni riciclabili (Audit pre-demolizione)
Scavo selettivo	Decostruzione, smontaggio selettivo e preparazione per il riutilizzo
Estrazione minerale grezzo	Demolizione selettiva
Raffinazione	Trattamento e recupero
	Produzione di materie prime seconde e materiali per l'edilizia

1.2 LE FASI DEL PROCESSO DI RECUPERO IN OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE

Gli organismi edilizi dovrebbero essere concepiti in modo da facilitare lo smontaggio di materiali e componenti ai fini del loro recupero. Gli edifici esistenti, tuttavia, sono raramente costruiti tenendo conto di questi obiettivi rendendo di fatto più complicato e difficile il recupero ed il riciclo. A ciò si aggiungono le difficoltà di carattere prestazionale e normativo che riguardano i materiali riutilizzabili e i prodotti derivanti dal riciclo.

Per massimizzare il recupero di componenti e materiali durante la dismissione degli edifici ed il riciclo virtuoso delle componenti non riusabili direttamente è necessario dunque che vengano messe in essere le migliori procedure di analisi, gestione e progettazione durante

tutte le fasi del “ciclo di vita” delle attività di demolizione e recupero a partire quindi dalla stima preliminare delle quantità riutilizzabili e riciclabili fino alla destinazione finale dei materiali recuperati e riciclati passando per tutte le fasi intermedie di progettazione. Ciò comporta il coinvolgimento attivo di tutti i soggetti che, a vario titolo, intervengono nelle varie fasi (Luciano et al., 2020a): i) la pubblica amministrazione e gli Enti locali (in qualità di gestori e/o controllori); ii) i professionisti (in qualità di progettisti) e le imprese (che intervengono nelle fasi di riuso e riciclo) e un’attenta pianificazione delle risorse a livello territoriale (Luciano et al. 2020b).

La metodologia di analisi e progettazione finalizzata a massimizzare il recupero di componenti e materiali durante la dismissione degli edifici esistenti dovrebbe articolarsi in fasi precise e tra loro correlate.

Lo scopo del presente documento è dunque quello di fornire un quadro olistico delle metodologie e delle tecnologie finalizzate alla massimizzazione del recupero degli stock immagazzinati negli edifici analizzando anche i benefici ambientali economici e sociali evidenziando ove esistenti le principali criticità che ostacolano o rallentano la realizzazione di una vera “circularità delle risorse”.

In particolare verranno approfonditi i seguenti aspetti:

- La pianificazione finalizzata alla stima dei materiali recuperabili e riciclabili e alla loro destinazione (Cap. 2)
- La demolizione selettiva finalizzata alla massimizzazione (quantitativa e qualitativa) delle diverse frazioni da avviare a riuso o riciclo (Cap. 3)
- Lo smontaggio selettivo finalizzato al recupero delle componenti riusabili (Cap. 4)
- Il trattamento ed il recupero (Cap. 5)
- La valutazione comparata della fattibilità tecnica e dei vantaggi ambientali delle opzioni tecniche di riuso e riciclo (Cap. 6).

2 LA PIANIFICAZIONE: AUDIT PRE-DEMOLIZIONE E STIMA DEI MATERIALI RECUPERABILI

2.1 DESCRIZIONE E FINALITÀ

Sia nel caso di interventi di notevole complessità, sia nel caso di interventi edilizi convenzionali, il massimo recupero di materiali e componenti dal patrimonio costruito esistente può avvenire solo grazie ad un'attenta pianificazione che, grazie all'ausilio di strumenti di analisi, previsione e monitoraggio, fornisca una stima, quanto più precisa possibile, della tipologie e della quantità di materiali presenti all'interno degli edifici e delle quantità e tipologie di materiali (rifiuti e componenti riutilizzabili) derivabili dalle demolizioni. Tra questi, un ruolo determinante lo svolgono gli **audit pre-demolizione** finalizzati al riuso o al riciclo, che consentono una ricognizione dei materiali e componenti disponibili nell'edificio, ed un'analisi delle relative potenzialità di riuso/riciclo/smaltimento, che può indirizzare il progettista anche nella scelta delle tecniche di demolizione da adottare. Grazie al suo potenziale ruolo nella concreta implementazione dei processi di economia circolare nel settore dell'edilizia, l'audit pre-demolizione sta diventando una metodologia strategica, tanto da essere stata inserita come obbligatoria nell'ambito dei Criteri Ambientali Minimi del Piano Nazionale d'Azione per il GPP per l'Edilizia³ e da essere stata oggetto della definizione di una Linea Guida dedicata a livello comunitario⁴.

L'audit pre-demolizione è un'analisi da condurre su un edificio o un'infrastruttura al fine di stimare le quantità e tipologie di materiali presenti in vista di un intervento di demolizione o riqualificazione. Pertanto, il suo scopo è identificare i principali materiali che verranno rimossi e quantificarne il volume ed il peso, in modo da consentire la pianificazione delle opzioni di gestione dei rifiuti che si produrranno ben prima dell'inizio dei lavori. In questo

³ D.M. 11/10/2017, 2.5.1 "Demolizioni e rimozione dei materiali".

⁴ Commissione Europea (2018), "Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings".

senso, l'audit risponde ad esigenze di sostenibilità sia economica sia ambientale, permettendo di ridurre al minimo il volume di rifiuti da conferire in discarica.

Il *pre-demolition audit* può avvenire sia in parallelo con un'analisi del potenziale di recupero dei materiali, sia separatamente. L'audit ha maggiore utilità se, oltre a fornire una quantificazione del volume di materiali che saranno disponibili al termine della demolizione, valuta anche il potenziale di recupero dei materiali ai fini del riuso/riciclo. Nel contesto dell'approccio eco-efficace, è imprescindibile inserire nell'audit almeno l'indicazione dei possibili scenari di riuso/riciclo dei materiali principali, i quali dovranno poi essere attentamente valutati dal progettista e dall'appaltatore in relazione alle specifiche condizioni dell'intervento. La descrizione che segue è riferita a questo tipo di audit più completo e funzionale rispetto all'obiettivo della riduzione del volume di rifiuti da conferire in discarica.

2.2 METODOLOGIA E CONTENUTI DELL'AUDIT PRE-DEMOLIZIONE

L'audit può essere condotto in modo astratto, analizzando disegni e documentazione fotografica dell'edificio, calcolando le quantità e tipologie di materiali che si otterrebbero con la demolizione ed individuando le possibili alternative di gestione dei diversi tipi di rifiuto. Se l'analisi viene condotta in modo più approfondito, invece, con sopralluoghi sul campo per testare direttamente lo stato di conservazione dei materiali, si può fornire una più documentata prospettiva di riuso/riciclo/valorizzazione energetica/conferimento in discarica del materiale, in modo da poter definire dei target, ossia degli obiettivi effettivamente raggiungibili. L'analisi preliminare, effettuata con rilievi in sito, identifica anche l'eventuale presenza di materiali contaminati e pericolosi, consentendone un'accurata rimozione.

L'analisi deve essere strutturata di volta in volta in funzione delle caratteristiche dell'intervento. Le stime dei materiali derivanti dalla demolizione possono essere espresse in volume o peso, mentre le soglie di recupero previste vengono di solito espresse in percentuale. Per effettuare la stima delle quantità di rifiuti da C&D che possono derivare da un intervento di demolizione, ristrutturazione o costruzione, si possono utilizzare linee guida

e tool online prodotti da organizzazioni come WRAP e il BRE (rispettivamente, *Designing out Waste Tool* e *SMARTWaste*).

L'output dell'audit fornisce informazioni dettagliate sulle potenzialità di recupero, riuso e riciclo dei principali materiali derivanti dalla demolizione, permettendo così di individuare strategie atte a ridurre gli impatti ambientali e il costo del conferimento in discarica dei rifiuti, quali:

- il trattamento speciale nel caso di rifiuti pericolosi;
- il riuso nel caso di componenti o materiali con buone prestazioni residue;
- il riciclo per materiali capaci di offrire prestazioni equivalenti ad un materiale nuovo una volta riprocessati;
- la valorizzazione energetica o il conferimento in discarica per materiali non riutilizzabili né nel loro uso originario né a seguito di un trattamento.

Se realizzato in modo completo, l'audit permette di quantificare anche il risparmio ottenibile riusando in loco i componenti e materiali recuperati e/o l'eventuale guadagno ricavabile vendendoli a terzi, attraverso una stima del loro valore di mercato. Al report è possibile associare, inoltre, la stima dell'energia incorporata nei diversi materiali, dando così una visione completa dei possibili risparmi economici e di CO₂ ottenibili attraverso la gestione eco-efficace dei materiali che si produrranno dalla demolizione, totale o parziale che sia.

Per poter offrire questo quadro, chi produce l'audit deve:

- Offrire indicazioni tecniche e operative per la separazione dei materiali durante la demolizione, e quindi sulle tecniche di demolizione stesse;
- Identificare il potenziale di recupero e riuso nel medesimo cantiere o in altri siti;
- Identificare l'eventuale mercato per il materiale recuperato o riciclato;
- Fornire una stima del valore di mercato del componente a livello locale e nazionale.

In sintesi, l'audit pre-demolizione e pre-riqualificazione dovrà, pertanto, contenere e rendere chiari e leggibili per il committente:

- L'analisi dettagliata del risparmio di materie prime, costi ed emissioni di CO₂ che può essere ottenuto salvando i materiali derivanti dalla demolizione dalla discarica;

- Le strategie proposte per massimizzare il riuso e il riciclaggio dei materiali derivanti dalla demolizione, sia in cantiere che in altri siti;
- Le opportunità individuate per il reimpiego dei materiali da demolizione nello stesso sito, nel caso di interventi di riqualificazione, o le possibilità di collocamento dei materiali in idonei mercati locali;
- L'individuazione della potenzialità di acquisire crediti in protocolli di certificazione ambientale attraverso l'implementazione delle strategie individuate;
- L'impostazione, attraverso i risultati dell'audit, degli obiettivi di recupero massimi e minimi (in termini percentuali), da utilizzare nella gara d'appalto per la demolizione per selezionare gli appaltatori e per verificare le prestazioni dell'impresa durante la demolizione;
- L'impostazione del *Piano di Gestione dei rifiuti*.

Di seguito si illustrano i principali step per la redazione dell'audit pre-demolizione. L'audit si può articolare⁵ infatti nei seguenti step (Altamura P., 2015) che rappresentano i passaggi chiave di una verifica finalizzata a massimizzare il riuso/riciclo dei componenti e materiali:

- *Fase preliminare* – Indagini sull'edificio per l'individuazione di eventuali materiali pericolosi
- *Step 1* - Sopralluogo per rilievo di dimensioni e materiali degli elementi tecnici e componenti visibili
- *Step 2* - Restituzione grafica del rilievo dell'edificio con attribuzione dei materiali
- *Step 3* – Computo dei componenti e materiali in termini di volume/peso
- *Step 4* - Individuazione dei Key Demolition Products (KDP)
- *Step 5* - Analisi delle potenziali opzioni di riuso/riciclo per i KDP
- *Step 6* - Indicazioni sui potenziali canali per la vendita/donazione dei componenti di riuso e sulle possibili soluzioni per i materiali da riciclare

⁵ La metodologia qui descritta è stata sviluppata dal team *Resource Efficiency* del centro di ricerca BRE (Watford, UK); per un esempio di applicazione in un edificio scolastico ad Hull, Yorkshire, in Inghilterra, cfr. Altamura P. (2015), *Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, FrancoAngeli, Milano.

- *Step 7* - Target di riduzione del volume di rifiuti da conferire in discarica ed indicazioni per la stesura del Piano di Gestione dei rifiuti di cantiere.

Fase preliminare

Prima dell'audit è opportuno svolgere specifiche indagini preliminari per l'individuazione di potenziali materiali pericolosi. Questa fase può essere evitata solo qualora si disponga di informazioni sufficientemente dettagliate sul fabbricato, tali da poter far escludere la presenza di materiali pericolosi o comunque da consentirne una precisa localizzazione. Qualora si individuino componenti con materiali pericolosi, l'audit dovrà rimandare al *Report* per le opportune procedure di rimozione e trattamento, che dovranno avvenire prima delle fasi di smontaggio e demolizione settiva.

Step 1 – Sopralluogo per rilievo dimensioni e materiali di elementi tecnici e componenti visibili

Al fine di una più dettagliata e realistica quantificazione dei materiali presenti nell'edificio, in luogo di una semplice stima realizzata a mano o con strumenti di supporto basati su dati statistici, è necessario effettuare un rilievo il più possibile accurato di tutti i materiali e componenti visibili nell'edificio destinato a demolizione, ivi inclusi eventualmente gli arredi ancora presenti. Per i diversi ambienti devono essere rilevati i componenti appartenenti ai diversi elementi tecnici, annotando per ciascuno le dimensioni ed il materiale costitutivo.

Gli arredi e gli impianti dovrebbero essere rilevati per tipologia e numero di esemplari, allo scopo di poterli valorizzare e potenzialmente destinare a riuso.

Il rilievo dovrà riguardare, oltre agli spazi interni e all'involucro dell'edificio, anche le eventuali aree pavimentate esterne a ridosso del fabbricato ed eventuali spazi esterni di pertinenza.

L'operazione di rilievo dovrà essere possibilmente coadiuvata dalla disponibilità di elaborati grafici, i più dettagliati possibili, sul fabbricato, ed essere corredata dalla produzione di

documentazione fotografica, al fine di raccogliere il maggior numero possibile di informazioni sullo stato di conservazione dei componenti.

Step 2 – Restituzione grafica del rilievo dell'edificio con attribuzione dei materiali

Ai fini di fornire un buon livello di approfondimento e precisione nella quantificazione dei volumi di materiali destinati ad essere rimossi nella demolizione, è opportuno poi restituire il rilievo sviluppando un modello digitale, possibilmente tridimensionale o ancora meglio un digital twin in BIM, dell'edificio. Ciò permetterà una modellazione completa e un'accurata stima dei diversi componenti/materiali presenti, inclusi quelli non visibili che potrebbero non essere stati inclusi nel rilievo sul campo, arrivando così a quantificare tutti i materiali che si produrranno durante la demolizione.

Step 3 – Computo dei componenti e dei materiali in termini di volume e peso

Si procederà dunque al computo di tutti i principali componenti degli elementi tecnici dell'edificio, conteggiando le dimensioni rilevate o calcolate dal modello digitale. Mediante l'utilizzo di dati di riferimento sul peso specifico dei diversi materiali, i volumi devono essere poi convertiti in peso, in modo da poter individuare i principali prodotti che si genereranno durante la demolizione, sia in termini di volume sia in termini di peso. I due dati devono essere sempre confrontati all'interno di un audit pre-demolizione, per il loro diverso impatto sulle scelte di gestione dei rifiuti.

Va prodotto quindi un elenco di tutti gli elementi rilevati con indicazione della relativa:

- Localizzazione
- Elemento tecnico di appartenenza
- Materiale
- Numero elementi
- Dimensioni (superfici/volumi)
- Peso specifico

– Peso.

I componenti devono poi essere raggruppati per materiale, sommandone separatamente i pesi e i volumi, così da disporre di un dato complessivo di peso/volume per ciascun materiale, oltre che di un peso/volume di insieme dei materiali e componenti presenti, destinati a demolizione.

Step 4 – Individuazione dei Key Demolition Products (KDP)

Dal confronto tra le tabelle di sintesi di pesi e volumi complessivi, devono poi essere selezionati i *Key Demolition Products* (KDP) ovvero i potenziali prodotti principali della demolizione, individuati in base alla quantità di materiale in termini di peso e in base al potenziale di riciclo. Il numero dei KDP può variare, in base alle caratteristiche costruttive dell'edificio oggetto di demolizione, ma deve ricomprendere le frazioni quantitativamente più consistenti.

Step 5 – Analisi delle potenziali opzioni di riuso/riciclo per i singoli KDP

In questo step si esaminano i singoli KDP, riportando per ciascuno la sintesi degli elementi e componenti dalla cui demolizione deriverà il materiale in esame. Questa indicazione è essenziale per comprendere il potenziale di riuso/riciclo del KDP.

Per ogni KDP è necessario poi fornire delle raccomandazioni per la riduzione del volume di rifiuto da conferire in discarica attraverso l'indicazione delle possibili opzioni tecniche di riuso o riciclo *on-site/off-site*. Tra i diversi scenari, nell'ottica di rispettare la “gerarchia dei rifiuti”, è opportuno sempre indicare come preferenziali le potenziali opzioni di riuso in sito/riciclo in sito, se l'intervento edilizio lo consente, oppure individuare soluzioni per il riuso (compatibilmente con i limiti di natura normativa) o impianti a cui poter destinare i materiali per il riciclo. Nell'individuare lo scenario di “fine vita” più idoneo per ciascun componente/materiale, vanno esaminati quindi attentamente sia le caratteristiche e le prestazioni residue degli stessi, sia le condizioni al contorno, quali le opere previste in

cantiere dopo la demolizione ma anche, sul territorio, la disponibilità di siti per lo stoccaggio temporaneo, la preparazione per il riutilizzo, il recupero degli scarti da demolizione.

Step 6 – Indicazioni sui potenziali canali per la vendita/donazione dei componenti di riuso e sulle possibili soluzioni per i materiali da riciclare

Per alcuni prodotti, come le attrezzature interne e gli eventuali arredi, si può suggerire di fare riferimento alle reti di operatori specializzati nel recupero di specifici materiali, quali ad esempio la rete dei centri Ecolegno del gruppo Saviola⁶, che recuperano legno post-consumo per la produzione del Pannello Ecologico per il settore dell'arredo.

Rispetto agli arredi, si può considerare inoltre l'opportunità di offrire i prodotti di recupero a delle organizzazioni no-profit dedite a questo tipo di raccolta.

Per alcuni componenti di recupero riutilizzabili tal quali, è possibile individuare commercianti specializzati del settore del recupero, rintracciabili ad esempio tramite la l'uso della *directory* degli operatori della rete internazionale Salvo⁷, disponibile anche per l'Italia.

Step 7 – Target di riduzione dei rifiuti e indicazioni per il Piano di Gestione dei rifiuti

Il report dell'audit pre-demolizione dovrà dunque stabilire i target di riduzione del volume di rifiuti da destinare a discarica, ottenibili tramite l'implementazione delle opzioni tecniche valutate al punto 5 e 6. Si andrà così a stabilire target generali di riduzione del volume di materiali da destinare a discarica e soglie specifiche stimate per i singoli materiali, in particolare per i KDP.

Sempre nel rispetto della “gerarchia dei rifiuti”, sarà importante tentare di massimizzare la quantità di componenti destinabili a riuso, considerando tuttavia che le potenzialità potrebbero essere limitate a causa di più fattori:

- età e stato di conservazione di alcuni componenti;
- scarsa qualità dei materiali impiegati, che non rende praticabile il recupero se non ai fini del riciclo;

⁶ <https://www.legnoriciclato.com/#/!/>.

⁷ <https://www.salvoweb.com/salvo-directory/category/all/location/italy/region/all>

- impossibilità di riutilizzare i componenti recuperabili in loco o destinarli ad altro cantiere/alla vendita
- ristrettezza dei tempi dell'intervento edilizio.

Per quanto attiene le potenzialità di riciclo, invece, è importante vagliare lo scenario del riciclo on-site, pur nell'attenta considerazione dei volumi, degli spazi, dei tempi a disposizione e dei costi/tempi del processo autorizzativo delle campagne per il riciclo on-site con impianto mobile.

Una volta stimato il massimo livello di recupero raggiungibile nell'audit pre-demolizione, è importante fornire anche indicazioni operative che favoriscano un efficace raggiungimento di tali soglie, quali ad esempio la necessità di dotarsi di idonei cassoni scarrabili in cantiere, per differenziare correttamente i materiali a mano a mano che vengono rimossi.

Sulla base del target massimo stimato, è opportuno infine suggerire di individuare un obiettivo quantitativo di recupero condiviso tra committente ed appaltatore prima di cominciare i lavori di demolizione, affinché le attività in cantiere siano tutte orientate al raggiungimento dello stesso, evitando operazioni che possano danneggiare/mischiare i materiali, impedendo il previsto recupero. In conclusione, l'audit pre-demolizione può essere presentato come un documento essenziale ai fini della successiva progettazione della demolizione e della predisposizione di un Piano di Gestione dei Rifiuti di cantiere.

2.3 BENEFICI E POTENZIALITÀ

Fare ricorso ad uno strumento efficace come l'audit pre-demolizione o pre-riqualificazione consente di ridurre gli sprechi e massimizzare il risparmio economico, e in taluni casi anche il guadagno, trasferendo al contempo delle soluzioni tratte da *best practice* attraverso l'apporto di consulenti specializzati. Una quantificazione così specifica può essere inoltre utile se si intende adottare un protocollo di certificazione ambientale.

Il *pre-demolition audit*, dunque, è un passo importante nel processo progettuale e di valutazione degli impatti ambientali e dei costi di un intervento edilizio, dato che stabilisce il

potenziale di recupero dei materiali nel cantiere stesso oppure in impianti specializzati per il riciclo. È importante affiancarlo con un documento che descriva l'utilizzo previsto per i vari materiali, sia in loco che altrove, elencando anche quanti e quali operatori dovranno essere coinvolti nella gestione dei rifiuti e nel loro trasporto. Oltre a queste considerazioni, l'audit potrebbe includere anche una mappa del futuro cantiere con l'individuazione delle aree dove avverrà lo stoccaggio e il trattamento dei materiali per il riuso o riciclo.

Gli *audit* sono generalmente realizzati per singolo materiale, mentre un'articolazione per classi di unità tecnologiche ed elementi tecnici consentirebbe un'efficace classificazione ed archiviazione dei materiali in vista del possibile riuso o riciclo: i maggiori ostacoli per il riuso, in effetti, sono la necessità di spazio e tempo utili a consentire l'emergere di interesse per i materiali stoccati, e dunque lo scambio o la vendita.

3 DEMOLIZIONE SELETTIVA

3.1 DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Ai fini di massimizzare il recupero di materiali e componenti da destinare a riuso o riciclo, è indispensabile compiere un processo di demolizione selettiva mirata. La demolizione selettiva deve avvenire in seguito alle necessarie indagini preliminari sul fabbricato oggetto della dismissione, essenziali per la valutazione delle sue caratteristiche e di eventuali fattori che possono orientare la scelta delle tecnologie di demolizione oltre che di determinare i flussi di materiali interessati dall'intervento individuando le possibilità di riduzione del volume di rifiuti da destinare alla discarica (audit pre-demolizione, cfr. cap. 2). Il recupero della massima quantità possibile di residui dipende poi sia dalle tecniche di demolizione adottate sia dall'organizzazione del processo e del cantiere, come verrà descritto in dettaglio più avanti.

L'implementazione della demolizione selettiva è divenuta obbligatoria a livello nazionale attraverso i Criteri Ambientali Minimi del Piano Nazionale d'Azione per il GPP per l'Edilizia, sia negli interventi di demolizione e di riqualificazione⁸, sia come previsione a fine vita dell'edificio di nuova costruzione, da includere in "piano per il disassemblaggio e la demolizione selettiva dell'opera a fine vita che permetta il riutilizzo o il riciclo dei materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati"⁹.

Si segnala inoltre che a livello nazionale è stata pubblicata la nuova Prassi di Riferimento UNI/PdR 75:2020 "Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare". Il documento, frutto della collaborazione tra UNI e RPT (Rete Professioni Tecniche), definisce una metodologia operativa "volontaria" per la decostruzione selettiva che favorisce il recupero, ai fini di riciclo e riuso, dei rifiuti derivanti dalla costruzione e demolizione in un'ottica di economia circolare.

⁸ D.M. 11/10/2017, 2.5.3 "Prestazioni ambientali".

⁹ D.M. 11/10/2017, 2.3.7 "Fine vita".

La metodologia descritta nel documento è orientata alla compatibilità con la gestione digitale del processo e delle informazioni. La descrizione del processo prende in considerazione sia gli edifici esistenti (costruito) da ristrutturare o da demolire, sia quelli di nuova realizzazione (nuova costruzione): per i primi (edifici esistenti) deve essere utilizzato il database dei materiali destinabili al riciclo e al riuso costruito in fase di indagine (audit pre-demolizione); per i secondi (edifici di nuova costruzione) si deve compilare il database dei materiali previsti da progetto. La prassi di riferimento si completa con l'Appendice A relativa al piano di gestione dei rifiuti di cantiere.

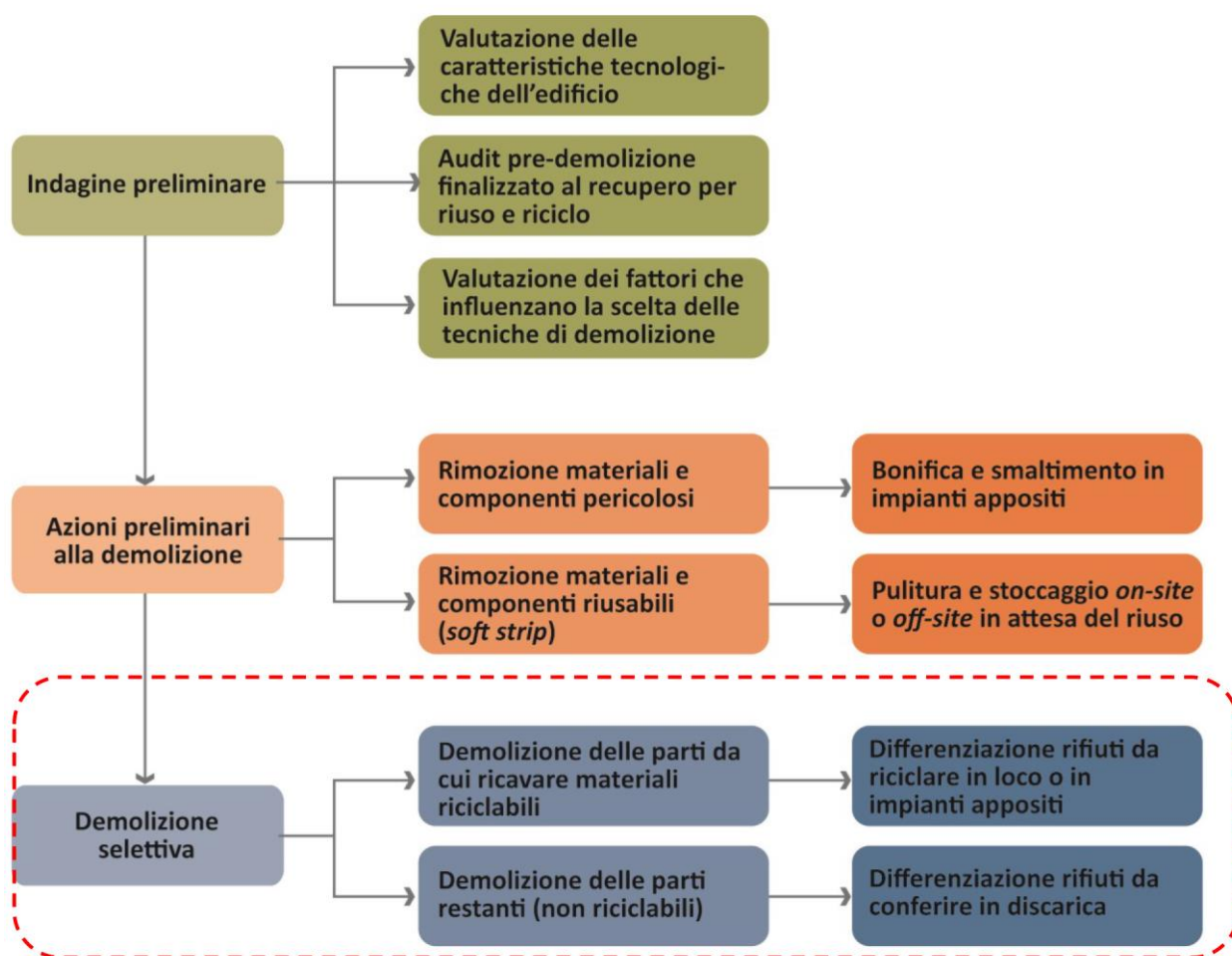


Figura 2: Il processo di demolizione selettiva. [Fonte: Altamura, 2015]

3.2 ELENCO E DESCRIZIONE DELLE FASI

La demolizione selettiva, negli esempi più avanzati, avviene con una sequenza di fasi distinte (Figura 2), grazie alle quali si riesce a massimizzare la differenziazione e il recupero dei materiali, sia a livello di componente sia di materiale. Le fasi da prevedere nel progetto della demolizione selettiva mirano al recupero di materiali e componenti raggruppabili in quattro categorie, come illustrato dall'immagine sottostante (Figura 3).

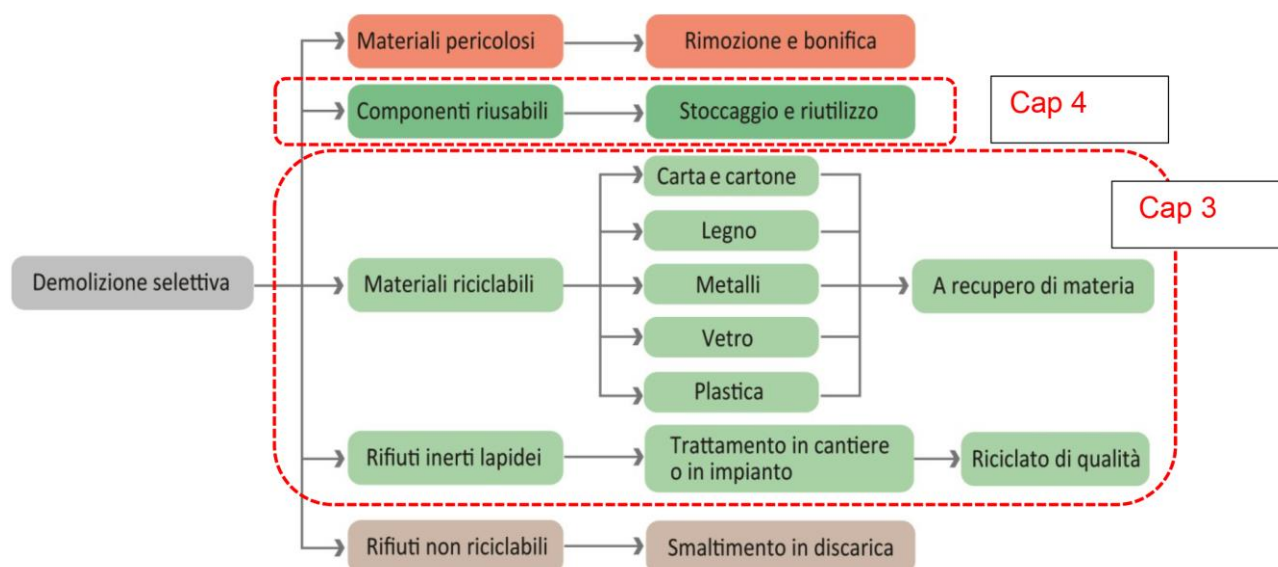


Figura 3: Fasi del processo di demolizione selettiva [Fonte: Altamura, 2015]

La demolizione selettiva consiste infatti nella separazione e stoccaggio di:

- **Materiali e componenti pericolosi:** per evitare di inquinare e per proteggere gli operatori del cantiere dal rischio di manipolare in modo improprio sostanze nocive, è indispensabile prima di tutto verificare se nell'edificio siano presenti materiali e componenti pericolosi (ad es. materiali contenenti amianto, trasformatori contenenti PCB, etc.). Una volta identificati e localizzati questi materiali (che il progettista o tecnici esperti devono aver precedentemente individuato), si procederà a bonificare l'edificio, rimuovendoli per poi smaltirli, nel rispetto delle modalità previste dalle specifiche norme.



- **Componenti riusabili** (cfr. Cap. 4): dopo la bonifica dagli eventuali materiali pericolosi, si passerà allo smontaggio di tutti gli elementi che possono essere riutilizzati (*strip out*). In molti casi, mattoni, coppi, tegole, travi, elementi di inferriate e parapetti, serramenti, etc., se smontati con cura e senza essere danneggiati, possono essere riutilizzati. Possono, cioè, andare a svolgere (nello stesso edificio da cui provengono o in un nuovo cantiere) le stesse funzioni che hanno assicurato fino alla demolizione. Questi componenti possono essere riutilizzati tal quali o dopo semplici trattamenti (pulitura, revisione del funzionamento, riparazione, verniciatura) che li adattano al un nuovo utilizzo. Un approfondimento della fase di smontaggio selettivo finalizzata al riuso/riutilizzo è riportata al cap.4.
- **Materiali riciclabili**: una volta asportati i materiali pericolosi e i componenti riusabili, si può passare a demolire la parti di edificio costituite da materiali o aggregati riciclabili. Si otterranno così materiali che, sottoposti a trattamenti adeguati, diverranno MPS per la produzione di nuovi materiali, con funzioni ed applicazioni anche diverse da quelle dei residui originari. I trattamenti di riciclo possono avvenire in cantiere, con impianti mobili autorizzati (o senza necessità di autorizzazione se i materiali sono omogenei e ne viene praticata solo la riduzione dimensionale) o in impianti specializzati. Ad esempio, i residui di legno possono essere conferiti in impianti industriali idonei che, attraverso triturazione, essiccamento e incollaggio, li trasformino in pannelli di truciolare. Analogamente, frammenti e macerie di laterizi o calcestruzzo, anche misti, a seguito di frantumazione, miscelazione, vagliatura o altri trattamenti, diventano aggregati riciclati idonei alla realizzazione di rilevati, re-interri, riempimenti, sottofondazioni, etc.
- **Rifiuti non riciclabili**: a seguito delle selezioni rimane l'insieme di quei materiali che tecnicamente o economicamente (o per la eventuale presenza di elementi estranei o eterogenei) non è possibile valorizzare. Tali materiali devono quindi necessariamente essere avviati allo smaltimento.

3.3 ORGANIZZAZIONE DELLE RESPONSABILITÀ NEL PROCESSO DI DEMOLIZIONE SELETTIVA

La notevole variabilità delle condizioni nelle quali il cantiere si insedia, legata alle dimensioni dell'opera oggetto di demolizione/costruzione, alla sua ubicazione e logistica, si riflette in una casistica operativa così ampia da rendere impossibile una schematizzazione univoca del processo di demolizione selettiva. In linea generale è possibile affermare che, per essere realizzata efficacemente, una demolizione selettiva richiede decisioni coerenti e coordinate da parte dei diversi soggetti che partecipano al processo edilizio. Nella Tabella 2 si riporta la **ripartizione di competenze tra committente, progettista e appaltatore**. Si noti il ruolo strategico del progettista, al quale il committente chiede di condurre il processo in tutti i suoi aspetti, dalle indagini preliminari al deposito in cantiere.

Tabella 2: Ripartizione delle competenze nel processo di demolizione selettiva. [Fonte: Regione Veneto, 2012]

Ruolo	Decisione	Destinatario	Strumenti - Indicazioni
Committente	Definire in modo esplicito le modalità di demolizione nella fase di progettazione	Progettista	Definire nel disciplinare di incarico al progettista tra gli obiettivi la demolizione selettiva e la riduzione dei rifiuti
			Prescrizione della ricognizione dei materiali e componenti pericolosi presenti nell'edificio e la loro corretta rimozione
			Individuazione delle specifiche da inserire nel capitolato di appalto finalizzate a regolare la demolizione selettiva
			Redazione di elaborato preliminare che preveda: 1. Analisi delle dimensioni e delle caratteristiche costruttive dell'edificio che possano avere rilievo in fase di demolizione 2. Ubicazione dell'edificio in relazione alla presenza di vincoli ed alla presenza di impianti di recupero nelle vicinanze

Ruolo	Decisione	Destinatario	Strumenti - Indicazioni
			3. individuazione della presenza di materiali pericolosi e relative indicazioni per la loro corretta rimozione 4. Individuazione dei materiali riutilizzabili 5. Individuazione delle diverse frazioni di rifiuti 6. Modalità di deposito in cantiere 7. Individuare le modalità di gestione delle terre e rocce da scavo
	Definire le modalità di esecuzione dei lavori nel capitolato di appalto e nel contratto	Impresa esecutrice dei lavori	Valutazione della possibilità di una demolizione selettiva (e qualora approvata, adottare gli accorgimenti idonei a renderla possibile) Sia raccomandata l'adozione delle possibili cautele per la riduzione della produzione di rifiuti Definire la gestione dei rifiuti prodotti dalle eventuali ditte subappaltatrici e delle opere collegate (rete elettrica, rete idraulica)

Si riporta di seguito una descrizione dei compiti specifici ai quali i tre attori devono assolvere nel processo della demolizione selettiva, come illustrati dalla Direttiva Tecnica emanata dalla Provincia di Bologna nell'Ambito dell'Accordo di Programma per il recupero dei residui da C&D (Antonini e Donati, 2004, pag. 43).

Compiti del committente

Spetta al **committente** impartire ai progettisti e alle imprese coinvolte nel processo istruzioni chiare ed esplicite riguardo le modalità di demolizione che egli intende che vengano adottate nell'esecuzione dell'intervento. In particolare, il committente dovrà inserire le seguenti prescrizioni nei documenti di gara e contrattuali.

Nel **disciplinare di incarico al progettista** il committente dovrà:



- indicare fra gli “obiettivi” che intende conseguire e che assegna al progettista la riduzione dei rifiuti prodotti dalla demolizione e la loro differenziazione in classi omogenee, tramite procedure di demolizione selettiva;
- prescrivere esplicitamente la ricognizione dei materiali e componenti pericolosi eventualmente presenti nell'edificio da demolire e la loro corretta rimozione e smaltimento, nel rispetto delle specifiche norme;
- includere esplicitamente come prestazioni facenti parte dell'incarico stesso sia l'attività di progettazione della demolizione, sia l'emanazione di apposite specifiche da includere nel capitolato di appalto, finalizzate a regolare l'esecuzione della demolizione selettiva, la differenziazione dei rifiuti in frazioni omogenee e la limitazione del conferimento in discarica;
- prescrivere la redazione, da parte del progettista, di almeno di un elaborato preliminare che definisca:
 - dimensioni e caratteristiche strutturali o legate alla tipologia costruttiva dell'edificio da demolire che ne possano influenzare la demolizione o che richiedano l'applicazione di tecniche particolari;
 - ubicazione dell'opera da demolire con particolare riferimento alla presenza di vincoli sul territorio e alla presenza di impianti di trattamento/riciclaggio con relative indicazioni su distanze/percorsi e modalità di conferimento;
 - individuazione della presenza di materiali pericolosi da sottoporre a trattamenti speciali e indicazione sulle cautele e le modalità di trattamento da adottare;
 - individuazione delle tecniche di demolizione e/o smontaggio dei principali elementi tecnici dell'edificio e delle tipologie di frazioni omogenee o rifiuti da esse derivanti;
 - elenco delle tipologie dei materiali da selezionare nel corso della demolizione e delle destinazioni a cui vanno avviati, suddivise in classi

relative a componenti riusabili, materiali riciclabili e frazione residua non valorizzabile da avviare allo smaltimento;

- modalità di deposito in cantiere delle diverse classi di materiali residui rifiuti e dei materiali e dei componenti riutilizzabili.

Nel **capitolato di appalto dei lavori** e nel **contratto dell'impresa esecutrice** il committente dovrà:

- escludere esplicitamente la pratica della demolizione distruttiva indifferenziata e prescrivere tassativamente l'esecuzione della demolizione secondo quanto indicato nel progetto;
- raccomandare l'adozione di tutte le possibili cautele e accorgimenti che limitano la produzione di rifiuti e favoriscono il loro recupero.

Compiti del progettista

Sarà responsabilità del **progettista**, poi, dare contenuto alle indicazioni impartite dal committente, operando in particolare per:

- formulare almeno un progetto di massima della demolizione che fissi i criteri da seguire per la sua esecuzione, in modo che sia evitata l'esecuzione della demolizione indifferenziata, siano individuate almeno le principali tipologie di rifiuti da separare e siano prescritte le modalità di demolizione idonee ad ottenere residui quanto più possibile riusabili o riciclabili;
- evitare di includere nel capitolato di appalto, e/o nell'elenco prezzi, voci che prescrivano o consentano la demolizione indifferenziata e il conferimento di tutto il materiale demolito in discarica senza separazione preventiva all'origine;
- includere invece nel capitolato e/o nell'elenco prezzi le voci che prevedono l'esecuzione della demolizione secondo i criteri fissati nel progetto e comunque prescrivere la differenziazione e il conferimento separato finalizzato al recupero di quante più frazioni possibili;

- nell'ambito del progetto degli allestimenti di cantiere, prevedere la localizzazione delle aree separate di deposito sia delle diverse tipologie di rifiuti di cui si prevede la produzione, sia dei materiali e componenti riutilizzabili.

Compiti delle imprese esecutrici

Sarà compito delle **imprese esecutrici**, infine, eseguire diligentemente le prescrizioni impartite, al fine di limitare la quantità di rifiuti ed aumentarne la riciclabilità, operando in particolare per:

- organizzare le fasi e le lavorazioni nel modo più adeguato, cercando di migliorare l'efficienza della demolizione selettiva grazie all'adozione delle tecniche e delle modalità esecutive più idonee allo scopo, dotandosi per tempo di quelle strumentazioni e competenze eventualmente non ancora disponibili presso l'impresa;
- prevedere e organizzare gli spazi di servizio del cantiere in modo da poter stoccare separatamente le diverse frazioni di residui e provvedere al posizionamento dei contenitori idonei, per caratteristiche e dimensioni, alle diverse tipologie di materiali;
- selezionare per tempo i recuperatori e/o smaltitori autorizzati a cui conferire le diverse frazioni separate, fissando per ciascuna di esse le modalità e le tempistiche di trasporto più convenienti e stipulando i necessari accordi per il trasporto e il conferimento.

3.4 TECNICHE E ATTREZZATURE

La scelta del metodo di demolizione da utilizzarsi viene condotta non solo in base alla struttura da demolire e al lavoro da eseguire, ma anche tenendo conto delle possibilità di riciclaggio del materiale di demolizione e dei successivi effetti ambientali. Il metodo di demolizione scelto può, quindi, costituire un efficace strumento per migliorare la qualità dei rifiuti e per aumentarne la quantità di frazione riciclabile.

Si riportano a titolo esemplificativo (Tabella 3) le tecniche di demolizione più idonee al recupero di alcuni componenti e materiali da costruzione.

Tabella 3: Tecniche di demolizione più idonee al recupero di alcuni componenti e materiali da costruzione. [Fonte: Longo, 2007]

Elemento da demolire	Tecniche possibili									
	martello demolitor e	pinze e cesole idrauliche	seghe da parete	altri tipi di sega	filo diamantato	carotatrice	spaccarocci a meccanici o chimici	smerigliatrici	lancia termica	ALTRO
Strutture di fondazione										
plinti	•	•			•		•			
travi rovesce	•	•			•		•			
a platea	•			da pavimento			•			
pali di fondazione	•						•			
Struttura portante										
a pilastri										
di calcestruzzo armato		•	•	a catena	•				•	acqua ad alta pressione
di acciaio (piane o tubolari)		•			•			•	•	smontaggio
a setti										
muratura di materiali lapidei	•		•	a tuffo a catena	•	•			•	
muratura di mattoni	•		•	a tuffo a catena	•	•				
muratura di calcestruzzo armato		•	•	a tuffo a catena	•	•	•		•	lancia idraulica tenaglia acqua ad alta pressione lama d'acqua lancia idraulica tenaglia
costruzione di blocchi leggeri			•	a tuffo a catena	•	•				
prefabbricato										
elementi isolati "smontabili"		•	•	da pavimento a tuffo a catena	•	•			•	smontaggio lancia idraulica
elementi isolati "cementati" (per esempio capriate)		•	•	da pavimento a tuffo a catena	•	•			•	smontaggio lancia idraulica
strutture di ferro										
elementi isolati "smontabili"		•	•	da pavimento a tuffo a catena	•	•			•	smontaggio lancia idraulica
elementi isolati "saldati" o "rivettati"		•			•				•	smontaggio
Tamponamenti										

Elemento da demolire	Tecniche possibili									
	martello demolitor e	pinze e cesole idrauliche	seghe da parete	altri tipi di sega	filo diamantato	carotatrice	spaccarocci a meccanici o chimici	smerigliatrici	lancia termica	ALTRO
muratura di materiali lapidei	•		•	a tuffo a catena	•	•				
muratura di mattoni	•		•	a tuffo a catena	•	•				
muratura di calcestruzzo armato		•	•	a tuffo a catena	•	•	•		•	acqua ad alta pressione lama d'acqua smontaggio
vetro cemento				a catena						smontaggio
pareti a "vela"										smontaggio
Strutture orizzontali										
solai di legno										smontaggio con seghe
solai di legno e laterizio	•									
solai a volta di laterizio	•		•	a tuffo		•				
solai di laterizio a voltino e travi di ferro	•								•	
solai di laterizio armato con travi prefabbricate di calcestruzzo armato	•	•		da pavimento a tuffo						
solai di laterizio armato con travi di calcestruzzo armato	•	•		da pavimento a tuffo						
solai di calcestruzzo armato		•	•	da pavimento a tuffo	•	•	•		•	sollevatore idraulico acqua ad alta pressione fresatrice bocciardatrice pallinatrice molassofitto lama d'acqua
solai di calc. armato con lamiera grecata		•	•	da pavimento a tuffo	•	•				
Collegamenti verticali										
di legno										smontaggio manuale
a mensola di pietra			•		•					smontaggio manuale
calcestruzzo armato a mensola		•	•	a catena	•				•	lama d'acqua
calcestruzzo armato autoportante		•	•	a catena	•				•	
calcestruzzo armato prefabbricato		•	•		•				•	smontaggio manuale lama d'acqua
di ferro								•		smontaggio manuale
Struttura copertura										
capriate di legno										smontaggio manuale
capriate di acciaio				diamantate						smontaggio manuale
capriate prefabbricate per solai di		•	•	diamantate	•				•	smontaggio

Elemento da demolire	Tecniche possibili									
	martello demolitor e	pinze e cesole idrauliche	seghe da parete	altri tipi di sega	filo diamantato	carotatrice	spaccarocci a meccanici o chimici	smerigliatrici	lancia termica	ALTRO
laterizio armato				a catena						
shed di calcestruzzo armato (struttura tipica industriale)		•		diamantata a catena	•				•	smontaggio
vetro cemento	•		•							
Copertura										
laterizio				a catena						smontaggio manuale
legno				•						
materiali lapidei				a catena					•	smontaggio manuale
cemento amianto										smontaggio da parte di ditta specializzata
profili di acciaio o alluminio								•	•	smontaggio manuale
profili di acciaio o alluminio rivestiti di materiali isolanti										smontaggio manuale
Rivestimenti										
orizzontali										
materiali lapidei	•		•	da pavimento a catena				•		
laterizio	•		•	da pavimento a catena				•		lama d'acqua
ceramica	•		•	da pavimento a catena				•		
piastrelle di cemento pressato	•		•	da pavimento a catena				•		
piastrelle di cemento e graniglia	•		•	da pavimento a catena				•		
grès	•		•	da pavimento a catena				•		
legno				•						smontaggio
cemento amianto										smontaggio da parte di ditta specializzata
asfalto				da pavimento a catena						lama d'acqua
rivestimenti di pasta (tipo cotto pesto)	•		•	da pavimento a catena				•		acqua ad alta pressione
sughero, moquette, linoleum, gomma, resina sintetica (pavimento di teli)				da pavimento						lama d'acqua
verticali										
materiali lapidei	•		•	a catena				•		
Impianti tecnologici										
impianto di riscaldamento a pavimento	•							•		
impianto di riscaldamento a termosifoni	•							•		
impianto di riscaldamento ad aria										smontaggio
Collegamenti elettrici, telefonici, ecc.										
Esterno										smontaggio
con tubi murati	•							•		smontaggio
senza tubi	•									

Nota: per martello demolitore si intende lo strumento anche montato sul braccio di macchine per il movimento terra

La buona riuscita delle attività di recupero e riciclo di materiale di demolizione attraverso demolizione selettiva è garantita qualora:

- tutti i prodotti di demolizione smantellati vengano collocati separatamente sul luogo con lo scopo di massimizzare il riciclaggio;

- ogni possibile danno all'ambiente venga minimizzato;
- il movimento dei macchinari e dei veicoli venga eseguito con particolare attenzione per evitare qualsiasi disturbo all'ambiente circostante;
- i temporanei accumuli di rifiuti presenti sul luogo vengano lasciati puliti e ordinati per quantitativi e tempi che rispettino le prescrizioni del D.lgs. 152/06.

Riguardo l'ultimo punto, appare necessario puntualizzare alcuni aspetti relativi allo stoccaggio di materiali e componenti riusabili.

3.5 CASI REALI (APPLICAZIONI, BEST PRACTICES)

3.5.1 *Esempio di demolizione selettiva per un edificio realizzato con tecniche costruttive innovative*

Il seguente esempio dimostra il potenziale della demolizione selettiva per la riduzione a zero del conferimento di rifiuti in discarica, applicato ad un edificio realizzato con una tecnica costruttiva innovativa¹⁰, di cui si indagano le ripercussioni a fine vita utile.

In occasione dell'esposizione organizzata dal Centro di Ricerca BRE nel 2009 sul proprio sito principale a Watford (UK), è stata costruita la Creo House, un'abitazione sperimentale realizzata con il sistema ICF (*insulated concrete formwork*). Il BRE ospita, infatti, all'interno dell'*Innovation Park*¹¹, una serie di edifici realizzati con tecnologie costruttive innovative, dispositivi per l'efficienza energetica e soluzioni per la sostenibilità ambientale delle costruzioni. La Creo House dei MJP Architects (Figura 4) è stata realizzata allo scopo di dimostrare la possibilità di costruire abitazioni a basso impatto ambientale e a basso costo. Si è scelto così di sperimentare il sistema ICF su pareti perimetrali e solai, ottenendo una costruzione rapida ed economica con ottimi risultati dal punto di vista dell'isolamento termico ed acustico. Il sistema ICF prevede l'impiego come casseforme a perdere di grandi blocchi cavi di polistirene espanso, all'interno dei quali vengono disposte le barre di armatura per

¹⁰ L'esempio fa parte di uno studio sviluppato dal team *Resource Efficiency* del BRE che indaga le difficoltà di recupero per riuso e riciclo delle tecniche costruttive innovative (Adams et al., 2013).

¹¹ [Sito web BRE Innovation Park](#).

effettuare poi il getto di CLS. Le casseforme in EPS restano in opera dopo il getto e garantiscono uno strato di isolamento termico continuo su pareti e solai. La tecnologia costruttiva ICF si sta diffondendo nel Regno Unito e rappresenta l'1% del mercato, con circa 250-500 edifici realizzati all'anno. La *Green Guide to Specification* classifica questa tecnica costruttiva un punteggio molto alto (A o A+) e i produttori dichiarano che sia riciclabile al 100%, attraverso la demolizione distruttiva dei setti per separare CLS e polistirene, il recupero delle barre d'acciaio con magneti e il lavaggio finale dell'EPS per ottenere la differenziazione dal calcestruzzo. L'EPS, però, è da considerarsi un rifiuto difficile, a causa della bassa densità che ne abbassa il potenziale di riuso e, nella tecnica ICF, della potenziale contaminazione dovuta al calcestruzzo.

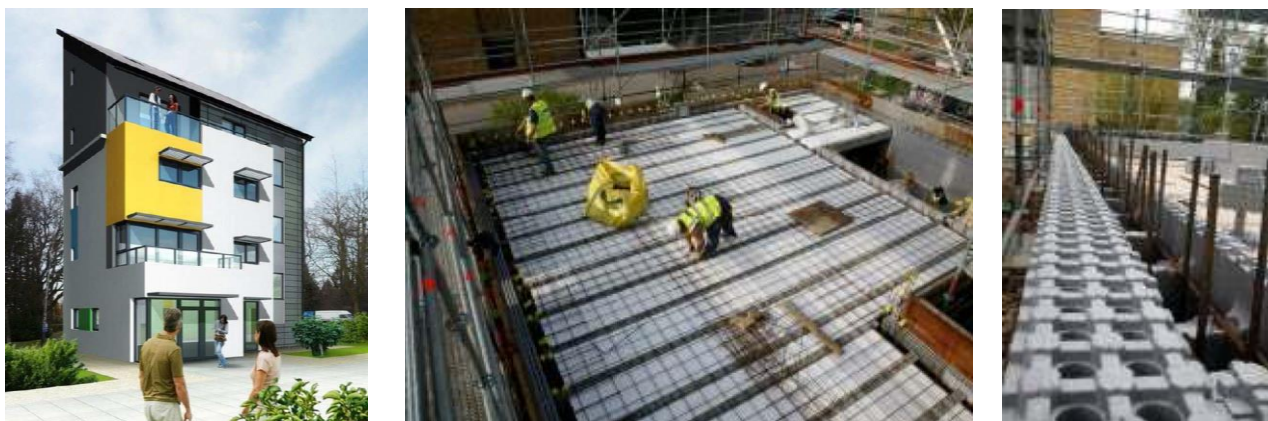


Figura 4: La Creo House è un'abitazione sperimentale realizzata con casseforme isolanti a perdere in EPS nell'Innovation Park del BRE, Watford (UK). [Fonte: Adams et. Al., 2013]

La Creo House era stata lasciata incompleta, con un piano in meno rispetto al progetto, per permettere ai visitatori dell'*Innovation Park* di comprendere il funzionamento del sistema ICF. Era stato previsto di terminare la costruzione dopo alcuni mesi, ma ciò non è stato possibile e pertanto nel 2011 si è deciso di procedere alla demolizione, per fare spazio a nuovi edifici sperimentali dell'*Innovation Park*. Sottoposta a demolizione selettiva a 2 anni dall'edificazione, è diventata un'occasione per sperimentare tecniche di demolizione per la riduzione dei rifiuti "difficili", come il polistirene espanso legato con il CLS.

Audit pre-demolizione e scelta delle tecniche di demolizione selettiva

La demolizione della Creo House ha consentito al team *Resource Efficiency* del BRE di indagare le implicazioni della tecnologia ICF a fine vita utile dell'edificio. Nel caso della Creo House, si è scelto di praticare la demolizione selettiva per verificarne l'efficacia in relazione ad una tecnologia costruttiva innovativa, per la quale non è mai stata sperimentata una dismissione che minimizzi il volume dei rifiuti da demolizione non recuperabili.

È stato quindi realizzato un audit pre-demolizione con il supporto dello *SMARTwaste*, un tool di previsione e monitoraggio dei rifiuti da C&D sviluppato dallo stesso team. La stima (Tabella 4) indica un volume complessivo di 250 mc di materiali da rimuovere. Il rifiuto principale in termini di peso è il CLS (278 tonnellate), mentre in termini di volume è il polistirene (131 mc). Tra gli altri rifiuti previsti troviamo:

- Le barre di armatura in acciaio;
- Viti di acciaio galvanizzato;
- Una piccola quantità di cartongesso derivata dalle finiture interne;
- Serramenti in legno adatti al riuso.

Tabella 4: Risultati dell'audit pre-demolizione per la Creo House. [Fonte: Gilli Hobbs, Resource Efficiency Director, BRE]

		Action			
Material	Data	Disposal	Recycle	Reused	Grand Total
Concrete	Sum of Weight (tonnes)		277.8		277.8
	Sum of VolumeBulked (m3)		115.7		115.7
Galvanised steel	Sum of Weight (tonnes)		2.1		2.1
	Sum of VolumeBulked (m3)		0.3		0.3
Iron/steel	Sum of Weight (tonnes)		8.3		8.3
	Sum of VolumeBulked (m3)		1.2		1.2
Plasterboard	Sum of Weight (tonnes)	3.8			3.8
	Sum of VolumeBulked (m3)	5.1			5.1
Polystyrene	Sum of Weight (tonnes)	2.6			2.6
	Sum of VolumeBulked (m3)	131.1			131.1
Total Sum of Weight (tonnes)		6.4	288.2		294.6
Total Sum of VolumeBulked (m3)		136.2	117.2		253.4

Tutti i rifiuti previsti possono essere sottratti alla discarica, ma solo se efficacemente differenziati durante la demolizione. Per la demolizione è stata sviluppata, dunque, una tecnica capace di garantire il maggior livello possibile di separazione tra CLS ed EPS, in modo da aumentare il potenziale di riciclo di entrambi i materiali. Si è proceduto prima di tutto a raschiare il polistirene dal CLS, sia da fuori sia all'interno dell'edificio. Poi si è demolito il calcestruzzo, frantumandolo poi in sito con un impianto mobile per produrre aggregati riciclati.

In particolare è stato calcolato che il riciclo del CLS frantumato, riutilizzabile sotto forma di aggregati, abbia evitato 15.000 £ di costi di smaltimento in discarica¹². Le barre e le viti in acciaio (complessivamente 4,44 tonnellate) sono state vendute ad un impianto di riciclaggio locale. Il riciclo dell'EPS, invece, ha rappresentato una sfida più difficile: essendo il materiale più leggero ma più voluminoso, per ridurre gli impatti del trasporto si è pensato di ricorrere al riciclo in un impianto che fosse il più possibile vicino al sito della demolizione. Purtroppo però, l'EPS può essere riciclato solo se è non è contaminato e se si può dimostrare che abbia una composizione simile al polistirene impiegato per il packaging. In questo caso, il riciclaggio per la produzione di nuovo EPS non è stato possibile, poiché nella demolizione le casseforme sono state frantumate, rendendo irriconoscibile il simbolo del riciclaggio e il numero del polimero stampato. Ciò ha reso impossibile l'accettazione da parte degli impianti di recupero.

Si è deciso così di stoccare il materiale sul sito in attesa di individuare un'opportunità di riutilizzo. L'EPS può essere, ad esempio, impiegato come aggregato nel CLS, ma deve essere preliminarmente sottoposto ad un trattamento superficiale che risolve il problema che, essendo impermeabile, il polistirene non lega con il cemento (tecnica piuttosto diffusa in Australia). L'EPS non rientra, però, negli standard europei per gli aggregati per CLS (EN 12620), poiché essendo molto voluminoso ha alti costi di trasporto e per la complessità dei processi di lavorazione. Nel Regno Unito esistono cinque impianti che accettano l'EPS

¹² Si consideri che nel Regno Unito vige una norma che incrementa annualmente le tasse sul conferimento in discarica. I costi per lo smaltimento dei rifiuti inerti sono attualmente circa il triplo di quelli medi in Italia.

proveniente da demolizioni ma non è chiaro quali livelli di contaminazione sono accettabili o possono limitare il suo riuso/riciclo/combustione. L'unica opzione di riuso praticabile è stata individuata dopo alcuni mesi: l'EPS è stato utilizzato per riempire dei cuscini per il salvataggio (teloni di sicurezza).

Questo esempio dimostra l'efficacia delle tecniche di demolizione selettiva, che possono massimizzare il recupero di materiali anche in presenza di tecniche costruttive *difficili*. D'altra parte dimostra che, nel concepire una soluzione tecnologica che offre benefici ambientali, come nel caso dell'ICF dal punto di vista dell'isolamento termico, è necessario valutare attentamente le ripercussioni sul fine vita del materiale.

3.6 FATTIBILITÀ E SOSTENIBILITÀ TECNICA ECONOMICA E AMBIENTALE

Il processo di demolizione selettiva comporta costi più elevati rispetto ad un processo di demolizione distruttiva. Ciò dipende sia dal maggior quantitativo di tempo richiesto, sia dalla necessità di ricorrere a tecniche/tecnologie specifiche, che in alcuni casi richiedono anche operazioni manuali. Tuttavia, bisogna considerare che è possibile bilanciare i maggiori costi derivanti dalle operazioni di demolizione selettiva con i guadagni derivanti dalla vendita dei materiali recuperati e con i mancati costi necessari per conferire le macerie in discarica.

4 DECOSTRUZIONE, SMONTAGGIO SELETTIVO E PREPARAZIONE AL RIUTILIZZO

4.1 DESCRIZIONE DEL PROCESSO

Il recupero integrale di elementi edilizi è la procedura più vantaggiosa dal punto di vista ambientale, poiché è quella che permette di valorizzare tutte le risorse “incorporate” nell'elemento (dalla materia di cui esso è costituito all'energia che è stata consumata utilizzata per realizzarlo) producendo il minimo di scarto e senza necessità, per riciclarlo, di sottoporlo a una nuova lavorazione, se non a piccoli interventi di pulitura o riparazione e ripristino.

Lo smontaggio selettivo (*strip out* o *soft strip*) rappresenta una *best practice* che ha lo scopo di selezionare una serie di oggetti e materiali prima che l'edificio venga definitivamente abbattuto e si proceda ad un eventuale recupero di Materia Prima Seconda (MPS). Rappresenta la fase preliminare del processo di demolizione selettiva ed avviene subito dopo la fase iniziale di rimozione dei materiali e componenti pericolosi individuati nelle indagini preliminari (Figura 5). Figura 5: Il processo dello smontaggio selettivo. [Fonte: Altamura, 2015]

Lo strip out deve essere accurato e prevedere anche la separazione per tipologia omogenea di tutti materiali che sono stati rimossi (plastiche, isolanti, legno, etc.). Questa tecnica viene eseguita prevalentemente a mano per i componenti da recuperare particolarmente delicati o assemblati in modo da poter essere smontati solo manualmente. Ad esempio, vengono smontate manualmente e/o a mezzo di attrezzature particolari: porte, finestre, controsoffitti, eventuali elementi di arredo, pareti divisorie in legno o vetro e alluminio, pavimenti flottanti o in PVC, etc. I materiali riusabili e riciclabili smontati vengono separati a seconda della loro natura ed accatastati in apposite zone di deposito temporaneo (Figura 6), nei tempi e modi previsti dalla normativa vigente in materia, fino al momento del conferimento a impianti autorizzati.

Questa fase consente di recuperare i componenti riutilizzabili e di differenziare i materiali riciclabili. Le tipologie di materiali e componenti interessati possono essere molto vari: arredi, infissi, tapparelle, corpi illuminanti, corpi radianti, apparecchiature tecnologiche (es. caldaie), corrimano, alcuni tipi di rivestimento, impianti.

Questa forma di rimozione selettiva consente di ottimizzare la gestione dei materiali residui e di indirizzarli verso canali di recupero più consoni. Tale operazione è a pieno titolo un'operazione di preparazione per il riutilizzo o riuso¹³ volta a mantenere oggetti e materiali usati nella loro funzione originaria o a trasformarli per nuovi usi. La destinazione di questi beni può essere la vendita ma anche l'utilizzo in nuove costruzioni.

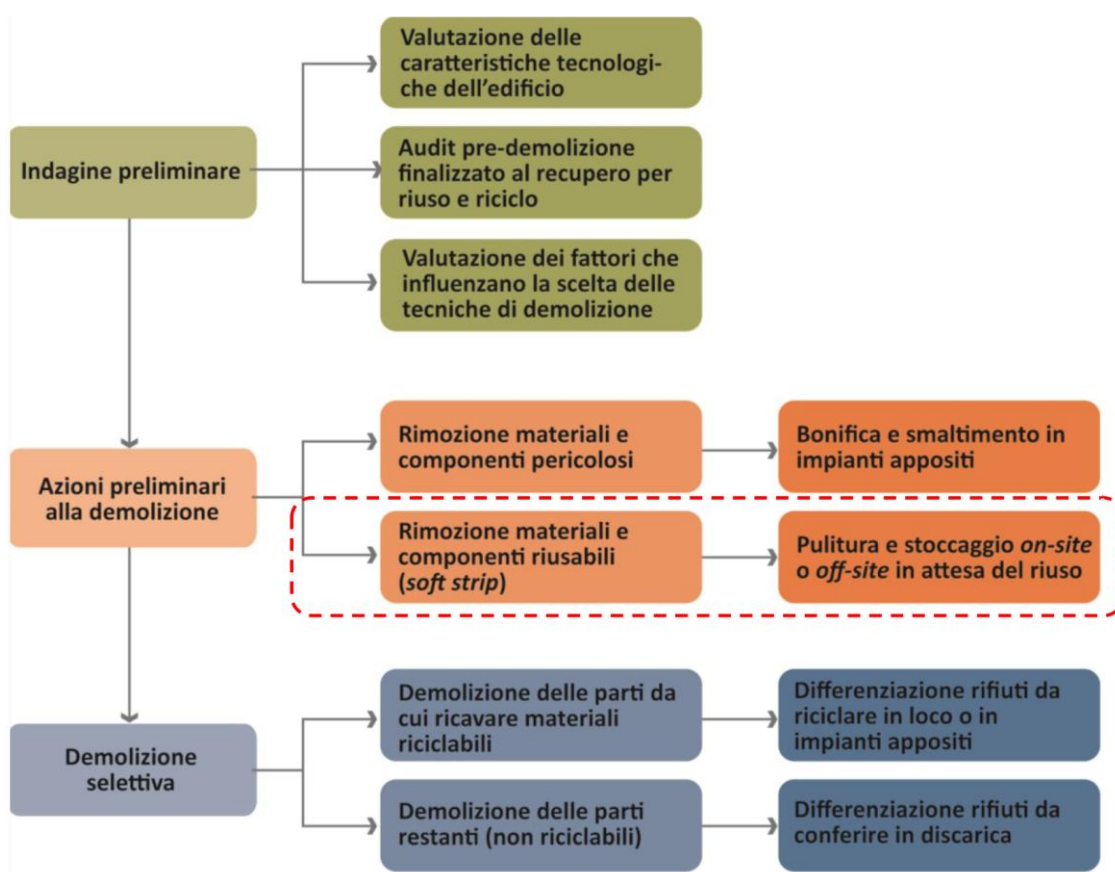


Figura 5: Il processo dello smontaggio selettivo. [Fonte: Altamura, 2015]

¹³ Per un quadro di riferimento normativo rispetto all'operazione di preparazione per il riutilizzo e alle relative problematiche, cfr. par. 4.6.



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Lo *strip out* deve essere accurato e prevedere anche la separazione per tipologia omogenea di tutti materiali che sono stati rimossi (plastiche, isolanti, legno, etc.). Questa tecnica viene eseguita prevalentemente a mano per i componenti da recuperare particolarmente delicati o assemblati in modo da poter essere smontati solo manualmente. Ad esempio, vengono smontate manualmente e/o a mezzo di attrezzature particolari: porte, finestre, controsoffitti, eventuali elementi di arredo, pareti divisorie in legno o vetro e alluminio, pavimenti flottanti o in PVC, etc. I materiali riusabili e riciclabili smontati vengono separati a seconda della loro natura ed accatastati in apposite zone di deposito temporaneo (Figura 6), nei tempi e modi previsti dalla normativa vigente in materia, fino al momento del conferimento a impianti autorizzati.



Figura 6: Fase di *strip out*: in primo piano, moduli per controsoffitto a quadretti, guarnizioni in plastica, porte e mostre in legno, scarti di legno riciclabili. [Fonte: Barcella C. (Comitato Tecnico European Demolition Association), "L'attività delle imprese europee e italiane di demolizione per il

recupero dei rifiuti”, Atti del Convegno Inertia 2012, XVI INTERFORUM Il ruolo dei criteri di cessazione del rifiuto nel riciclaggio dei rifiuti da C&D, Ferrara, 19 settembre 2012]

Successivamente, si passa ad eseguire la demolizione tradizionale o decostruttiva, in base alla tecnologia costruttiva impiegata per le strutture portanti del fabbricato. Mentre il *soft strip* è manuale, la fase di vera e propria demolizione avviene meccanicamente e richiede l'uso di attrezzature specifiche.

4.2 PIANIFICAZIONE DELLO STOCCAGGIO E LOGISTICA DI CANTIERE

I principi chiave da tenere presente nell'organizzazione dello stoccaggio sono i seguenti:

- per rispettare la Gerarchia dei Rifiuti, è importante preferire lo stoccaggio *on-site* finalizzato al massimo riuso in loco dei materiali recuperati;
- è fondamentale disporre di un'area di stoccaggio sufficientemente estesa al fine di facilitare il riuso, permettendo l'accesso e l'ispezione dei componenti;
- è necessario assicurarsi che i componenti recuperati una volta rimossi non debbano essere movimentati più volte, per evitare il danneggiamento e garantire che raggiungano la destinazione corretta;
- il sito di stoccaggio deve essere sicuro e controllato per evitare che i materiali per i quali si prevede il riuso in cantiere vengano inavvertitamente danneggiati

Per organizzare il sito di stoccaggio è necessario conoscere:

- le tipologie e quantità di materiali e la superficie necessaria per contenerli;
- il tempo per il quale dovranno restare nel magazzino;
- se i materiali possono essere esposti alle intemperie o se devono essere coperti;
- se servono misure di sicurezza per evitare i furti di materiale;
- quali misure logistiche si possono adottare per evitare di spostarli più di una volta;
- quali accortezze sono necessarie perché gli utenti possano accedere ai materiali.

Disporre di un sito sicuro e ben organizzato per stoccare i materiali di recupero è fondamentale perché consente di:

- fornire una collocazione ai materiali/componenti fino alla vendita;

- garantire il tempo necessario all'identificazione degli utenti finali;
- aggregare i singoli materiali in quantità sufficienti affinché la vendita o il prelievo siano economicamente vantaggiosi;
- facilitare la ricerca di un mercato adeguato;
- minimizzare gli spostamenti dei materiali e gli eventuali danni dovuti alla movimentazione;
- garantire di ottenere sufficienti quantità di materiali prima che inizi la nuova costruzione.

Ove possibile, è opportuno che i materiali vengano stoccati in cantiere per il riuso in loco, anche per evitare i costi di trasporto ed eventuali danni dovuti alla movimentazione. Tuttavia, nel caso in cui la possibilità di riutilizzare materiali e componenti in cantiere sia limitata, bisogna tentare di avviare un sistema a livello locale per lo stoccaggio e lo scambio dei prodotti di recupero, al di fuori del cantiere. Nel Regno Unito, dove, come precedentemente descritto, la rete del recupero è molto più strutturata, i materiali vengono raccolti in *reclamation yards*, ovvero depositi di operatori specializzati nel recupero che si occupano di compiere le operazioni di ripristino necessarie e di vendere i componenti.

Si sottolinea, infatti, il maggior beneficio dal punto di vista ambientale del riuso rispetto al riciclo, anche se il primo non può avvenire nel medesimo cantiere di produzione dei "rifiuti". Seppure i materiali devono essere stoccati altrove in attesa di un utente finale interessato al loro impiego, la conservazione integrale dell'energia in essi incorporata, nonché delle prestazioni residue del componente integro, deve essere preferita rispetto alla soluzione più immediata del riciclo.

4.3 SPECIFICHE TECNICHE PER IL RIUTILIZZO

Lo strip-out è funzionale al riuso e deve tutelare l'integrità dei componenti in funzione del livello di recupero (materiale o componente) che si intende ottenere. Tali pratiche possono essere efficacemente adottate solo a condizione che le caratteristiche di ciascun elemento

smontato da una precedente collocazione siano compatibili con il suo nuovo impiego. Il criterio utilizzato per valutare questa idoneità è quello della “prestazione residua”, ovvero la verifica della rispondenza del componente recuperato ai requisiti previsti per la specifica tipologia di elemento.

Si riportano di seguito (da Tabella 5 a Tabella 30) i criteri per la valutazione della prestazione residua di materiali o componenti riusabili di più frequente reperimento (fonte: Antonini e Donati, 2004).

Tabella 5: Stato di conservazione e prestazione residua per trave in legno, tavolato in legno

Trave in legno, tavolato in legno		
Gli elementi strutturali in legno impiegati per tetti e solai sono in genere sollecitati a flessione retta: devono quindi essere particolarmente valutate eventuali deformazioni/lesioni nelle zone tese (intradosso delle travi). Le travi di copertura possono essere state esposte all'acqua a causa della mancata tenuta dei manti: le zone che presentano tracce di infiltrazione devono quindi essere esaminate attentamente per valutare eventuali fenomeni di putrefazione localizzata.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	L'ispezione visiva deve innanzitutto valutare l'eventuale presenza di fessurazioni trasversali, che possono pregiudicare l'idoneità a sostenere i carichi. Le alterazioni che si manifestano con variazioni della consistenza del legno (anche localizzate) possono essere verificate incidendo la trave con una lama. La superficie della trave va percossa completamente allo scopo di poter dedurre, da eventuali rumori sordi, la presenza di gallerie di insetti. Va inoltre verificata la presenza di difetti intrinseci, come la deviazione dalla fibratura, cretti da gelo ecc. Un ulteriore controllo può essere effettuato con la trivella di Pressler: questo strumento permette di estrarre "carote" di legno dall'interno della trave e di controllare lo stato del materiale nella parte interna della sezione.	Vista + test d'incisione + percussione + controllo livella Pressler
Aspetto: assenza di vernici	trattamenti a base di vernici coprenti o filmanti possono pregiudicare sensibilmente l'aspetto ed è quindi preferibile che non siano presenti.	vista
Geometria: planarità, rettilineità, ortogonalità	Geometricamente l'elemento deve essere integro, cioè non deve presentare scostamenti né curvature, sia nel senso longitudinale che trasversale, causati da deformazioni sotto carico. Bisogna quindi valutare la rettilineità in senso longitudinale, l'assenza di curvature ed inflessioni rispetto al piano orizzontale/longitudinale e la regolarità di sezione.	vista

Tabella 6: Stato di conservazione e prestazione residua per tavella in laterizio

Tavella in laterizio		
Le tavelle o pianelle sono elementi laterizi pieni a forma parallelepipedica con altezza minore o uguale a 4 cm, utilizzate in genere come materiali da pavimentazione o come elementi interposti (non collaboranti) nei solai in legno. Nel primo caso (pavimento) sono in genere posate su letti di sabbia (o sabbia e calce), nel secondo caso sono semplicemente appoggiate e sigillate con malta sui bordi. I laterizi utilizzati per questo impiego sono in genere di buona fattura, compatti e omogenei. A causa della buona cottura e dello spessore relativamente ridotto, essi possono presentare qualche irregolarità geometrica, specialmente una leggera incurvatura longitudinale che rende non perfettamente planare la faccia principale. L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità dell'elemento. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco o su malta di allettamento a debole presa, ovvero su lotti già smontati. Con la stessa denominazione di "tavella" sono identificati anche elementi forati in laterizio di produzione industriale ottenuti per estrusione, utilizzati per vari impieghi, che tuttavia non sono oggetto della presente scheda.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	La buona resistenza si verifica con la percussione: la risposta sonora deve essere cristallina e metallica. Un suono grave e sordo è indizio di una compattezza non ottimale e presumibilmente di inferiori prestazioni di resistenza meccanica. Controllare che non siano presenti fenomeni di condensa, individuabili dalla comparsa di macchie chiare dovute alla migrazione di sali; che potrebbe aver compromesso la resistenza meccanica. Esaminare la presenza di eventuali forme di degrado sulle superfici (efflorescenze, decoesione, lesioni, disgregazioni superficiali, rotture). Verificare la presenza di discontinuità come fessure (sottili	Vista + test di percussione sonora

Tavella in laterizio		
	crepe del materiale che ne compromettono la continuità), protuberanze (irregolarità della superficie determinate da rigonfiamenti locali di massa), scagliature (leggero distacco superficiale del materiale), sbavature e macchie all'interno del laterizio (cuore nero).	
Aspetto: assenza di difetti e irregolarità geometriche	Accertarsi che l'elemento presenti una sufficiente regolarità di aspetto (assenza di macchie e di vistose variazioni della colorazione). Valutare anche l'omogeneità cromatica degli elementi appartenenti alla partita, considerando tuttavia che leggere differenze di tonalità non costituiscono un difetto.	vista
Geometria: planarità, rettilineità.	Geometricamente l'elemento deve presentarsi di forma abbastanza regolare, con dimensioni sufficientemente costanti, facce planari, lati ortogonali e spigoli privi di eccessive sbecature.	vista

Tabella 7: Stato di conservazione e prestazione residua per mattone in laterizio

Mattone in laterizio		
Sono chiamati mattoni gli elementi in laterizio avente generalmente forma parallelepipedica. In base alla percentuale di foratura si parla di mattoni pieni (percentuale di foratura minore o uguale al 15%), mattoni semipieni (percentuale di foratura compresa tra il 15% e il 55%) e mattoni forati (percentuale di foratura maggiore del 55%). L'impiego prevalente è la realizzazione di murature, portanti e non portanti, che utilizzano le buone proprietà di resistenza a compressione del materiale. L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità dell'elemento. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco o su malta di allettamento a debole presa, ovvero su lotti già smontati. I mattoni forati si recuperano difficilmente poiché non è agevole rimuoverli mantenendoli integri. I mattoni pieni sono più semplici da riutilizzare, specialmente quando la malta di allettamento utilizzata per realizzare la muratura presenta tenacità e resistenza a trazione inferiore a quella del mattone stesso (malte di calce aerea, malte di calce idraulica a basso dosaggio).		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	La buona resistenza di un mattone si verifica con la percussione: la risposta sonora deve essere cristallina e metallica. Un suono grave e sordo è indizio di una compattezza non ottimale e presumibilmente di inferiori prestazioni di resistenza meccanica. Controllare che non siano presenti fenomeni di condensa, individuabili dalla comparsa di macchie chiare dovute alla migrazione di sali; che potrebbe aver compromesso la resistenza meccanica. Esaminare la presenza di eventuali forme di degrado sulle superfici (efflorescenze, decoesione, lesionature, disgregazioni superficiali, rotture). Se sono presenti efflorescenze (ossia la comparsa sulla superficie dei laterizi di una patina generalmente biancastra e polverosa) occorre determinarne il grado. Questa operazione può essere fatta ad occhio nudo (la norma Uni 8942 prevede 4 classi di efflorescenza: nulla, leggera, media e forte) o tramite specifica procedura di prova. Protuberanze o scagliature non devono essere presenti: tali difetti vengono rilevati visivamente, eventualmente bagnando la superficie con acqua per evidenziare le irregolarità.	vista
Aspetto: assenza di difetti e di irregolarità geometriche	Geometricamente il mattone deve essere planare, cioè deve rispettare gli spessori minimi complessivi delle pareti e, nel caso di mattoni forati, anche dei setti; bisogna inoltre che siano rispettate le limitazioni sulle percentuali di foratura, sulla dimensione massima dei fori e le tolleranze dimensionali previste dalla UNI 8942/2 (riportati di seguito). A seconda dell'impiego, possono essere accettati più o meno ampi scostamenti rispetto alle dimensioni nominali, che tuttavia è buona norma non superino comunque la metà della dimensione (spessore) prevista per il letto di malta di allettamento	Vista + Prova grado di efflorescenza
Geometria:	Geometricamente l'elemento deve essere integro, cioè non deve presentare scostamenti né curvature, sia nel senso longitudinale che trasversale, causati	vista

Mattone in laterizio		
planarità e rettilineità delle facce; regolarità degli spigoli	da deformazioni sotto carico. Bisogna quindi valutare la rettilineità in senso longitudinale, l'assenza di curvature ed inflessioni rispetto al piano orizzontale/longitudinale e la regolarità di sezione	

Tabella 8: Stato di conservazione e prestazione residua per concio in pietra

Concio in pietra naturale		
Si definisce pietra ogni roccia non lucidabile. Col termine “concio di pietra” si identifica quindi una gamma molto estesa di elementi in materiale lapideo, diversi per composizione, compattezza, colorazione e sagomati in forme differenziate, tipicamente parallelepipedi di varie dimensioni (blocchi squadri per murature; architravi monolitici) o elementi tronco-piramidali a base quadrata o rettangolare (conci per archi e volte). Le pietre sono più o meno sensibili all'azione degli agenti aggressivi. Le più vulnerabili sono le pietre calcaree che possono degradarsi per carbonatazione o per penetrazione d'acqua, presentando così forme di alterazione quali alveolizzazioni o desquamazioni, a volte estese e profonde fino a manifestarsi con la disgregazione di estese porzioni del materiale. L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità dell'elemento. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco o su malta di allettamento a debole presa, ovvero su lotti già smontati. La struttura molecolare è un fattore condizionante, tanto che il grado di gelività di una pietra è in stretta relazione con le sue caratteristiche intrinseche di porosità. La pietra può inoltre acquisire nel tempo una protezione naturale in superficie. Tale protezione, il “calcino”, è costituita da una crosta di carbonato di calcio dello spessore di qualche millimetro che limita la quantità d'acqua assorbita fino ad un terzo del livello normale.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Verificare che l'effetto dell'azione dei carichi e degli agenti fisici e chimici non pregiudichi il possibile riutilizzo del materiale, in particolare rispetto alla sua resistenza meccanica. Eseguire una prova per percussione e valutare la risposta sonora.	Test di percussione sonora
Aspetto: assenza di difetti e deformazioni	Esaminare con attenzione il pezzo per individuare eventuali lesioni, cricche o crepe che possono pregiudicare l'integrità dell'elemento. Valutare l'accettabilità delle eventuali irregolarità geometriche in tutte le direzioni (ortogonalità delle facce, planarità, regolarità dei bordi). Controllare la presenza di alterazioni quali alveolizzazioni o desquamazioni ed attacchi di microrganismi, che si rivelano con la comparsa di muschi e funghi.	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Lo stato di conservazione del concio deve essere tale da garantire l'assenza di macchie vistose e una sufficiente omogeneità di aspetto e colorazione, sia rispetto alla superficie di ciascun concio, sia in relazione agli altri conci della partita	vista

Tabella 9: Stato di conservazione e prestazione residua per trave in ferro

Trave in ferro (acciaio)	
Come ogni elemento metallico, le travi in ferro sono generalmente affette da fenomeni di corrosione. Si può parlare di alterazione o degradazione a seconda del grado di estensione e di profondità dell'attacco aggressivo. La corrosione può presentarsi in forma localizzata (pitting, vaiolatura), selettiva (ad esempio, l'attacco a uno dei componenti di una lega) o generalizzata (corrosione estesa più o meno omogeneamente su tutta la superficie esterna dell'elemento). Gli elementi strutturali metallici inflessi possono avere subito carichi eccessivi (a flessione o a torsione) che li hanno deformati in modo permanente: non è opportuno riutilizzare elementi deformati, neppure se appare possibile ripristinare l'originaria regolarità geometrica	

Trave in ferro (acciaio)		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: Corrosione	Bisogna valutare la presenza di punti di spillo, ulcere, crateri o caverne dovuti a corrosione per vaiolatura (pitting corrosion). Si tratta di una forma di attacco localizzato, perforante, in cui le dimensioni dei punti di attacco sono in genere comprese tra 0.1 e 2 mm di diametro. Nei punti di giunzione fra due lamiere metalliche creanti interstizi (saldature incomplete, rivettature, filettature) o in corrispondenza di sovrapposizioni occorre verificare che non sia presente corrosione interstiziale, che si presenta sotto forma di caverne. Non devono esserci cricche di tipo intergranulare, transgranulare, semplici o ramificate dovute a corrosione sotto sforzo (stress corrosion cracking). Si tratta di un attacco localizzato fessurante, che si manifesta per l'azione contemporanea di una sollecitazione meccanica nel senso della trazione e di un ambiente scarsamente corrosivo. Nei materiali metallici la cui resistenza è legata alla presenza di un film superficiale protettivo (profili zincati, nichelati, ecc.) è necessario valutare la presenza/assenza di ondulazioni, crateri e veri e propri canalicoli nel trattamento superficiale, il cui danneggiamento provoca l'innescio della corrosione - erosione.	Vista
Aspetto: Omogeneità	Nell'aspetto la trave di ferro non deve presentare zone troppo disomogenee (parti trattate e parti non trattate, zone con superficie molto ossidata e zone integre).	Vista
Geometria: 1) Integrità dei profili 2) Integrità delle facce	E' necessario che l'elemento sia integro e uniforme, privo cioè di avvallamenti o deformazioni e comunque di evidenti discontinuità, anche localizzate, del suo profilo geometrico, in tutte le direzioni e in ogni punto della sezione.	Vista

Tabella 10: Stato di conservazione e prestazione residua per coppo e tegole in laterizio

Coppi in laterizio, tegole in laterizio		
I coppi e le tegole sono elementi in laterizio destinati alla realizzazione dello strato di tenuta dei manti di copertura. I coppi sono ottenuti per formatura entro uno stampo (pressatura) o per estrusione. Il coppo tradizionale (pressato) ha la tipica forma rastremata in senso longitudinale (un'estremità è più "stretta" di quella opposta). Le caratteristiche meccaniche, fisiche e chimiche sono in pratica quelle dei laterizi della migliore qualità, con impasti regolari, compatti e relativamente poco porosi. La tegola/coppo in laterizio è in genere caratterizzata da un buon livello di durata a cui si unisce una sufficiente resistenza meccanica, che diminuisce in presenza di acqua. La lunga esposizione agli agenti atmosferici può avere sensibilmente deteriorato gli elementi in laterizio: i pezzi che continuano a presentare caratteristiche accettabili possono essere considerati di buona qualità.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: caratteristiche meccaniche	Se percossa la tegola/coppo, il suono deve risultare chiaro e metallico. La tegola in laterizio ha una buona tenuta anche se il materiale presenta un certo grado di porosità (la porosità consente benefici sotto il profilo igrotermico), in ogni modo una porosità eccessiva è sconsigliabile dato che può comportare, oltre al passaggio dell'acqua, la rottura per gelo. Bisogna verificare la presenza che le patine dovute al deposito di pulviscolo atmosferico, fuliggine, sostanze inquinanti, muffe o funghi dovuti non presentino spessore né estensione eccessive.	Vista + Test di percussione sonora
Aspetto: assenza di difetti superficiali	Una buona tegola deve avere una superficie liscia ed uniforme; bisogna quindi verificare che non siano presenti rotture, fessurazioni, protuberanze, scagliature e micro-fessurazioni provocate dal gelo o altre alterazioni superficiali diffuse o concentrate, imputabili all'azione dagli agenti atmosferici, che comportino mutamenti di aspetto	Vista + Prova grado di efflorescenza
Geometria:	Geometricamente la tegola/coppo deve essere integra e regolare, cioè non deve presentare né sbecature sui bordi né curvature e mostrare un	Vista, Misura su campione

Coppi in laterizio, tegole in laterizio		
regolarità dimensionale (mantenimento caratteristiche geometriche)	aspetto relativamente omogeneo sulla superficie di ciascun elemento e fra gli elementi di una stesa partita.	

Tabella 11: Stato di conservazione e prestazione residua per scandola in legno

Scandola in legno		
Le scandole sono elementi in legno utilizzati per realizzare manti di copertura. Si distinguono secondo la specie legnosa, secondo il tipo di fabbricazione (spaccate o segate) e secondo la forma. Per la produzione di scandole vengono impiegate soprattutto le specie resinose europee – abete rosso e larice (durame) - e alcune specie non europee. Spesso, ai fini della tenuta, vengono impregnate con sostanze impermeabilizzanti per proteggerle dall'azione degli agenti atmosferici (vernici, resine sintetiche).		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: prestazioni statiche	L'ispezione visiva deve innanzitutto valutare l'eventuale presenza di fessurazioni trasversali, che possono pregiudicare l'idoneità a sostenere i carichi. Le alterazioni che si manifestano con variazioni della consistenza del legno possono essere verificate incidendo la scandola con una lama. È necessario fare attenzione alle parti parzialmente inaccessibili, in ombra o difficilmente ventilate tali da mantenere l'umidità. Sotto il manto del tetto le orditure lignee nei loro incastri e nelle parti a contatto con altri materiali (soprattutto metallici) possono determinare processi di ossidazione (ruggine) se vi è umidità costante. Bisogna controllare che non si siano verificati ritiri di superficie, dovuti alla cosiddetta "cavia marrone", imputabili ad un deterioramento dell'interno (anche se visibilmente il legno è quasi intatto). Polvere o buchi recenti indicano la presenza di insetti in attività.	Vista + test d'incisione + percussione
Aspetto: assenza di vernici	La presenza eccessiva di macchie indica un deterioramento ad opera dell'umidità. Macchie di ruggine in superficie indicano che chiodi o altro hanno portato l'umidità all'interno. Verificare che non siano presenti trattamenti a base di vernici o resine sintetiche.	vista
Geometria: planarità, rettilineità, ortogonalità delle facce (profili e sezione quadrangolari).	Geometricamente l'elemento deve essere intatto, cioè non deve presentare né avvallamenti né curvature, sia nel senso longitudinale che trasversale.	vista

Tabella 12: Stato di conservazione e prestazione residua per lastre ondulate

Lastre ondulate per coperture in materiale plastico
Le lastre ondulate per copertura vengono realizzate PRFV (poliestere rinforzato con fibre di vetro, nome commerciale "ondulux"), e in questo caso presentano caratteristiche meccaniche variabili con la composizione della miscela o in PVC (cloruro di polivinile), con spessore variabile da 1 a 10 mm. Vengono in genere utilizzate laddove non è richiesto l'isolamento termico (e acustico), come ad esempio nel caso di magazzini, depositi, tettoie, pensiline, ecc. L'esposizione agli agenti atmosferici ne causa una relativamente precoce degradazione delle caratteristiche estetiche e delle proprietà ottiche, e che tuttavia non pregiudicano – specialmente per le lastre in PRFV – le prestazioni meccaniche né quelle di tenuta

Lastre ondulate per coperture in materiale plastico		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Controllare con attenzione che le zone in corrispondenza dei fissaggi non presentino fenomeni accentuati di degrado tali da pregiudicare sensibilmente la resistenza meccanica della lastra.	vista
Aspetto: assenza di patine e di muffe	Controllare la presenza di zone opacizzate, dovute all'azione degli agenti atmosferici, rilevando variazioni di colore che, accompagnate dalla formazione di patine o muffe, in forme più o meno localizzate, possono compromettere la funzionalità e le prestazioni meccaniche della lastra.	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Verificare l'integrità geometrica, ossia la presenza/assenza di forme localizzate o concentrate di difetti ed irregolarità quali rotture, scalfitture, buchi, crepe, fessurazioni e spaccature.	vista

Tabella 13: Stato di conservazione e prestazione residua per comignolo in laterizio

Comignolo in laterizio (monolitico)		
Il comignolo monolitico è un elemento in laterizio di sezione circolare o retta (quadrata, rettangolare), di dimensioni in pianta comprese fra 10x10 e 30x30 e di lunghezza da 40 a 70 cm. Il "cappello" può essere costituito da un elemento in laterizio, fissato con malta al comignolo, o in elemento metallico fisso o mobile (con alette segnamento che si muovono con il vento, realizzando un'aspirazione). Il comignolo è in genere costituito da laterizio a sezione piena, più raramente presenta una doppia parete realizzata da due cartelle sottili collegate tra loro da setti trasversali.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Verificare che non ci siano crepe, irregolarità della superficie, distacchi di materiale e fessurazioni. Verificare che il piede presenti una sagoma idonea al sicuro fissaggio alle tegole (presenza del bordo o risvolto) in modo da assicurare la resistenza al vento.	vista
Aspetto: assenza di difetti e di irregolarità geometriche	Valutare l'eventuale presenza di macchie scure (cuore nero) all'interno del laterizio, che sebbene non influenzino le caratteristiche di comportamento producono comunque una forte alterazione dell'aspetto esteriore. Sulla superficie esterna devono esserci "baffi" generati dall'emissione dei fumi.	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Geometricamente l'elemento deve essere integro, cioè deve presentarsi regolare ed uniforme, planare e privo di difetti visibili come crepe, buchi, fessurazioni e spaccature.	vista

Tabella 14: Stato di conservazione e prestazione residua per canale di gronda

Canale di gronda, pluviale (in lamiera metallica)	
I canali di gronda e i relativi pluviali sono generalmente realizzati in lamiera di acciaio zincata (in spessori di 4, 5 o 6 decimi di mm) o in lamiera di rame (da 6 o 8 decimi) o in lamiera di acciaio inossidabile (6 decimi): in tutti i casi, i profili sono ottenute per piegatura a freddo, le giunzioni realizzate per sovrapposizione (sormonto) e rivettatura, sigillate con brasatura a stagno o mastici siliconici. Il canale di gronda può essere fissato a sbalzo rispetto alla zona terminale della copertura o essere incassato in un apposito alloggiamento realizzato nel cornicione. Nel primo caso è trattenuto da appositi elementi metallici di sostegno (cicogne), costituiti da un piatto metallico sagomato o fissato al canale a distanza regolare. Nel secondo caso il canale è semplicemente appoggiato nell'alloggiamento presente nel cornicione di gronda. I pluviali sono usualmente fissati tramite staffe metalliche all'esterno della muratura, per tutta la loro lunghezza o fino a qualche metro da terra, nel caso l'ultimo tratto verticale sia incassato. La disposizione "in vista" lascia le tubazioni esposte agli agenti atmosferici, quindi più elevata è la probabilità di trovare fratture e schiacciamenti rispetto ai pluviali "incorporati", che, invece, presentano il vantaggio di una maggiore protezione, anche se devono	

Canale di gronda, pluviale (in lamiera metallica)		
essere realizzati con giunzioni a perfetta tenuta. Il principale fenomeno di degrado è legato all'ossidazione, particolarmente aggressiva nel caso degli elementi in lamiera zincata.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: corretto deflusso delle acque, forme di corrosione	Verificare la regolarità della sezione, visto che variazioni di dimensione e forma potrebbero pregiudicare il corretto deflusso delle acque e comportare quindi ristagni e debordamenti.	vista
Aspetto: omogeneità cromatica	Verificare l'estensione e la profondità delle eventuali forme di corrosione, considerare la possibilità di eliminare le zone degradate, nel caso di danneggiamenti localizzati.	vista
Geometria: regolarità dimensionale.	Particolare attenzione va posta circa la presenza di rotture o lesioni, dovute all'azione del gelo o ad urti (grandine), che possono pregiudicare la tenuta.	vista

Tabella 15: Stato di conservazione e prestazione residua per piastrelle in ceramica smaltate

Piastrelle in ceramica smaltate (per pavimentazioni e rivestimenti)		
L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità della piastrella. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco o su malta di allettamento a debole presa, ovvero su lotti già smontati. Bisogna ricordare che la piastrella è un elemento modulare e per questo motivo tutte le differenze dimensionali e la planarità della superficie, che possono pregiudicare l'effetto visivo e d'insieme, sono da considerare in generale come difetti. Le irregolarità dimensionali sono difetti solo se rilevanti dal punto di vista estetico e funzionale, quindi piccole irregolarità della superficie, riscontrabili solo con una osservazione ravvicinata, si possono non considerare difetti.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	La resistenza meccanica si verifica con il test di percussione sonora: la risposta deve essere cristallina; se invece risulta grave e sorda significa che c'è qualcosa che non va'. Le caratteristiche meccaniche delle piastrelle smaltate dipendono dalla composizione e dalla microstruttura dello smalto, le quali condizionano anche la durabilità di esercizio.	Test di percussione
Aspetto: assenza di difetti ed irregolarità	Lo smalto deve aver resistito all'usura superficiale senza vere perso la lucentezza di aspetto. La fondamentale verifica deve riguardare lo stato di conservazione della piastrella, intesa come verifica della presenza o assenza di alterazioni e la regolarità geometrica della superficie di calpestio	Vista
Geometria: planarità, rettilineità.	La superficie visibile deve essere integra, priva di difetti, come fratture, cavilli, ritiri di smalto, crateri, buchi, punti e macchie, difetti dello smalto, bolle, fessurazioni (causate dal ritiro, durante la fase di presa, della malta), sfogliazioni, che possono dar luogo a problemi di pulibilità e quindi di igienicità. Controllare inoltre la rettilineità degli spigoli e l'ortogonalità.	Vista

Tabella 16: Stato di conservazione e prestazione residua per piastrelle in ceramica

Piastrelle in ceramica non smaltate greificate
Le piastrelle non smaltate sono elementi in ceramica da pavimentazione o rivestimento, ottenute per cottura di un impasto omogeneo, senza trattamenti superficiali di smaltatura. Elevate temperature di cottura consentono di ottenere la completa greificazione dell'impasto, che presenta quindi consistenza compatta e quasi "vetrosa", con bassi o bassissimi livelli di assorbimento d'acqua. A temperature più ridotti e con impasti più poveri la consistenza è invece meno compatta e la porosità più elevata. Tutte le differenze dimensionali e le irregolarità di aspetto (come fratture, disuniformità, crateri, buchi, punti e macchie, tonalità, scagliature di bordi, scagliature di angoli) che in qualche modo alterano o disturbano l'armonia dell'orditura del piastrellato e la planarità della superficie, pregiudicandone l'effetto visivo e tattile di insieme, sono da riguardare come difetti. Le irregolarità dimensionali sono difetti solo se rilevanti dal

Piastrelle in ceramica non smaltate greificate		
punto di vista estetico e funzionale, quindi piccole irregolarità della superficie, rilevabili solo con una osservazione ravvicinata, non si possono considerare difetti.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Verificare il grado di rimozione parziale dello strato superficiale superiore generato da un'azione abrasiva intensa e prolungata. L'abrasione comporta infatti un progressivo consumo e la conseguente alterazione delle caratteristiche estetiche e l'alterazione delle caratteristiche funzionali della superficie, quali ad esempio la resistenza all'attacco chimico o alle macchie e la pulibilità.	Test di percussione
Aspetto: assenza di difetti ed irregolarità geometriche	Valutare l'eventuale presenza di fratture o scagliature di tipo conoide, imputabili all'azione del gelo. Per i pavimenti posati in ambienti esterni ed esposti quindi a prolungate condizioni di insolazione, devono essere valutate eventuali variazioni di intensità o della tonalità cromatica. Tali alterazioni sono dannose in quanto non solo comportano una variazione complessiva di aspetto della superficie, ma soprattutto in quanto possono evidenziare col tempo disuniformità cromatiche inestetiche.	vista
Geometria: planarità, rettilineità.	Geometricamente l'elemento deve risultare regolare e uniforme, cioè non deve presentare né sbecature sui bordi né curvature. Controllare la rettilineità degli spigoli e l'ortogonalità.	vista

Tabella 17: Stato di conservazione e prestazione residua per pavimentazione

Lastra da pavimentazione o rivestimento in pietra naturale		
La materia riguardante le pietre naturali e le prove relative fa riferimento in Italia al R.D. 2232 (Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione) e al R.D. 2234 (Norme per l'accettazione dei materiali da pavimentazione) del 16/11/1939. Per la definizione terminologica, la classificazione, la determinazione delle caratteristiche dei materiali lapidei si fa inoltre riferimento alle norme UNI. Naturalmente la composizione mineralogica riveste un ruolo determinante nella durabilità del materiale lapideo: i materiali a struttura compatta ed omogenea, come i graniti, risentono meno dei fattori disagiati, offrendo una forte resistenza. Al contrario materiali a struttura porosa o non omogenea, come calcari, tufi e brecce ne sono attaccati in maniera più rapida e devastante. L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità della piastrella. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco o su malta di allettamento a debole presa, ovvero su lotti già smontati.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: durabilità	Valutare l'eventuale presenza di difetti di natura meccanica nel materiale lapideo dovuti a cause di origine naturale oppure alle lavorazioni subite. La presenza di microfessurazioni, di diaclasi o piani di frattura, può comprometterne la resistenza e la durabilità. Alle prime alterazioni di natura cromatica ed estetica, fanno seguito modificazioni più rilevanti che interessano le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche del materiale, che risulta indebolito e degradato.	vista
Aspetto: assenza di difetti	I materiali lapidei posti all'aperto vanno incontro a processi di invecchiamento conseguenti ad un insieme di azioni chimiche e fisiche prodotte dagli agenti atmosferici ed aggravati dalle condizioni locali di inquinamento. Guardare con attenzione l'usura dei materiali, che si manifesta con una perdita di spessore.	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Geometricamente la lastra in pietra naturale deve essere regolare ed uniforme, cioè non deve presentare bruschi salti di quota, dimagrimenti e rigonfiamenti eccessivi, che devono essere considerati difetti inaccettabili.	vista

Tabella 18: Stato di conservazione e prestazione residua per listoni, listelli, doghe in legno da parquet

Listoni, listelli, doghe in legno da parquet		
I requisiti che una pavimentazione deve soddisfare sono definiti dalla norma UNI 7999 Edilizia: Pavimentazioni. Analisi dei requisiti, che fornisce un elenco di requisiti per la definizione delle specifiche di prestazione e delle modalità di verifica per le pavimentazioni, in relazione alle condizioni d'uso. Le funzioni richieste alle pavimentazioni dipendono sia dalle azioni che l'ambiente circostante ha sulle pavimentazioni, sia dalle azioni indotte dalla pavimentazione stessa dell'ambiente, in relazione all'uso del locale in cui la pavimentazione è collocata. Bisogna ricordare che è normale che il legname presenti in una certa misura anomalie naturali quali nodi, fessurazioni da ritiro, smussi laterali. Esso tuttavia deve apparire nell'insieme sano e compatto. L'analisi delle caratteristiche della prestazione residua si applica quando si prevede che le operazioni di smontaggio non pregiudichino in maniera significativa l'integrità dell'elemento. I criteri in pratica sono pensati per componenti posati a secco (semplice appoggio, chiodatura su magatelli o listelli), ovvero su lotti già smontati.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: prestazioni statiche;	L'ispezione visiva deve determinare lo stato di conservazione del materiale legnoso: la punta di un cacciavite deve penetrare con difficoltà per al massimo un qualche millimetro nel legno se spinta col palmo della mano. Valutare la presenza di imperfezioni quali inclinazioni, rugosità; abrasioni, incisioni, scheggiature, lacerazioni dovute al traffico pedonale, al trascinamento di oggetti o ad urti; variazioni dimensionali, rammollimenti, fessurazioni, rotture imputabili ad agenti igrometrici (variazioni di temperatura e di umidità). Valutare quindi la presenza di alterazioni cromatiche e di aspetto (macchie) dovute a fattori ottici o agenti chimici e la presenza di funghi o insetti che sviluppano il proprio attacco in determinate condizioni ambientali ed in assenza di adeguati trattamenti preventivi del materiale.	Vista + Test di incisione
Aspetto: assenza di difetti e di trattamenti superficiali;	È importante che non siano presenti trattamenti a base di vernici o altro materiale, ovvero che essi risultino facilmente removibili per levigatura. Nel caso di rivestimento verticale in ambiente esterno bisogna controllare che gli eventuali fenomeni di degrado non abbiano generato ingiallimento o abbrunimento, accompagnato da attacchi fungini, con produzione di pigmentazione scura	vista
Geometria: planarità, rettilineità	Valutare la regolarità geometrica dell'elemento e valutare con particolare attenzione la sagoma e lo stato di conservazione dei bordi, compresi le eventuali scanalature o maschiature destinate a realizzare le connessioni longitudinali fra elementi contigui.	vista

Tabella 19: Stato di conservazione e prestazione residua per caminetto in pietra naturale

Caminetto in pietra naturale		
Ai fini del loro riutilizzo, per "caminetto" si intende un insieme di elementi decorativi in pietra naturale, o in laterizio, collocati intorno al perimetro esterno della bocca del focolare e normalmente costituiti da due colonne verticali, con trave o traversa orizzontale e eventuale zoccolo o basamento. Tali elementi possono essere realizzati in forma monolitica, oppure ottenuti per assemblaggio di singoli conci. Di regola gli elementi decorativi sono fissati con malta alla struttura del caminetto propriamente detto, solitamente realizzato in muratura. Particolare cura va posta, quindi, nello smontaggio, che deve essere eseguito in modo da non pregiudicare l'integrità degli elementi decorativi.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: durabilità	Valutare l'eventuale presenza di difetti di natura meccanica nel materiale lapideo dovuti a cause di origine naturale oppure alle lavorazioni subite. La presenza di microfessurazioni, di diaclasi o piani di frattura, può comprometterne la resistenza e la durabilità. Alle prime alterazioni di natura cromatica ed estetica, fanno seguito modificazioni più rilevanti che interessano le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche del materiale, che risulta indebolito e degradato.	vista

Caminetto in pietra naturale		
Aspetto: assenza di difetti	I materiali lapidei posti all'aperto vanno incontro a processi di invecchiamento conseguenti ad un insieme di azioni chimiche e fisiche prodotte dagli agenti atmosferici ed aggravati dalle condizioni locali di inquinamento. Guardare con attenzione l'usura dei materiali, che si manifesta con una perdita di spessore	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Geometricamente l'elemento deve essere regolare ed uniforme, cioè non deve presentare bruschi salti di quota, dimagrimenti e rigonfiamenti eccessivi, che devono essere considerati difetti inaccettabili	vista

Tabella 20: Stato di conservazione e prestazione residua per battiscopa in legno

Battiscopa in legno		
Il battiscopa è un elemento di finitura realizzato con una dogia o listello di legno massello, o in qualche caso nobilitato da una impiallacciatura nella faccia a vista, e di regola finito con una verniciatura. Il fissaggio alla parete è realizzato normalmente con chiodi o viti, in qualche caso con colla.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità:	Valutare la presenza di imperfezioni quali inclinazioni, rugosità, abrasioni, incisioni, scheggiature, lacerazioni dovute al trascinamento di oggetti o ad urti e variazioni dimensionali, rammollimenti, fessurazioni, rotture imputabili ad agenti igrometrici (variazioni di temperatura e di umidità).	vista
Aspetto: assenza di difetti e vernici	Verificare la presenza di alterazioni cromatiche e di aspetto (macchie) dovute a fattori ottici o agenti chimici e la presenza di funghi o insetti che sviluppano il proprio attacco in determinate condizioni ambientali ed in assenza di adeguati trattamenti preventivi del materiale. Se il legno è stato trattato con vernici bisogna verificare l'integrità dello strato protettivo.	vista
Geometria: planarità, rettilineità.	Valutare la regolarità geometrica dell'elemento; ad un'attenta osservazione il battiscopa deve risultare planare e rettilineo.	vista

Tabella 21: Stato di conservazione e prestazione residua per davanzale, soglia, gradino marmo/ pietra

Davanzale, soglia, gradino in marmo o pietra naturale		
Le rocce impiegate in edilizia ad uso ornamentale e da costruzione vengono classificate dalla norma UNI 8458 "Prodotti lapidei – Terminologia e classificazione". È definito marmo ogni roccia cristallina, compatta e lucidabile, prevalentemente costituita da minerali di durezza media. L'applicazione in esterni non è sempre ottimale la presenza di variazioni di umidità, temperatura, esposizione agli agenti atmosferici può avere causato danni più o meno grandi. Gli elementi decorativi in marmo sono di regola posati con malta: lo smontaggio deve essere eseguito con cura per evitare di provocare danni o rotture.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: durabilità	Valutare l'eventuale presenza di difetti di natura meccanica nel materiale lapideo dovuti a cause di origine naturale oppure alle lavorazioni subite. La presenza di microfessurazioni, di diaclasi o piani di frattura, può comprometterne la resistenza e la durabilità. La presenza nell'impasto di componenti instabili può provocare variazioni di tonalità. In seguito all'esposizione agli agenti atmosferici si possono produrre macchie giallastre. Controllare la presenza di eventuali inclusioni nella struttura della roccia, che costituiscono disomogeneità che possono produrre effetti differenti. Inclusioni di minerali duri in impasti poco resistenti portano il materiale ad usurarsi in maniera differenziata. I	vista

Davanzale, soglia, gradino in marmo o pietra naturale		
	noduli interclusi e gli elementi duri, poco sensibili all'abrasione, possono rimanere in rilievo rispetto al resto del materiale, compromettendo la planarità complessiva. Inclusioni di materiali teneri in impasti resistenti risentono maggiormente dell'abrasione e tendono a formare avvallamenti o vere e proprie cavità.	
Aspetto: assenza di difetti ed irregolarità geometriche	Verificare che non ci siano macchie causate dall'ossidazione di elementi metallici.	vista
Geometria: regolarità dimensionale	Geometricamente l'elemento deve essere regolare ed uniforme, cioè non deve presentare bruschi salti di quota, dimagrimenti e rigonfiamenti eccessivi, che devono essere considerati difetti inaccettabili.	vista

Tabella 22: Stato di conservazione e prestazione residua per ante, persiane oscuranti

Ante, persiane oscuranti		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Le ante e le persiane oscuranti devono resistere alle sollecitazioni meccaniche (in particolare azioni flessionali), alla chiusura brutale, alle scosse, ai colpi e alla penetrazione dei corpi, non vibrare né produrre rumori sotto l'azione degli spostamenti d'aria.	
Aspetto: assenza di difetti ed integrità fil protettivo	Esaminare la perfetta chiusura e tenuta del serramento; l'anta e/o persiana deve avere un corretto appoggio su tutte le battute del telaio, in caso contrario occorre controllare le modalità di accoppiamento tra anta e telaio: esso deve risultare complanare (la battuta dell'anta deve toccare il telaio fisso in tutta la sua lunghezza, senza forzature) ed ortogonale, non deve esistere una differenza d'angolazione tra le ante e tra queste ed il telaio fisso. Guardare le cerniere e le guide e verificare che assicurino una sufficiente resistenza a spostamenti e/o disallineamenti delle ante. Controllare l'integrità della pellicola protettiva nei punti di più facile usura (quelli di contatto tra anta e telaio). Lo stato della ferramenta di chiusura deve essere ben salda e non deteriorata o usurata; maniglie, serrature, catenacci non devono presentare forme di ossidazione; i cardini devono essere in buone condizioni, cioè non devono presentare forme profonde di corrosione. Le maniglie devono garantire facilità di manovra, cioè la chiusura dell'anta e/o persiana deve poter essere bloccata e sbloccata con facilità.	vista
Geometria		

Tabella 23: Stato di conservazione e prestazione residua per finestre e porte finestre

Finestre e porte finestre		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Le finestre devono resistere alle sollecitazioni meccaniche (in particolare azioni flessionali), alla chiusura brutale, alle scosse, ai colpi e alla penetrazione dei corpi, non vibrare né produrre rumori sotto l'azione degli spostamenti d'aria. Esaminare la perfetta chiusura e tenuta del serramento; l'anta deve avere un corretto appoggio su tutte le battute del telaio, in caso contrario occorre controllare le modalità di accoppiamento tra anta e telaio: esso deve risultare complanare (la battuta dell'anta deve toccare il telaio	Vista + prova manuale



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

Finestre e porte finestre		
	fisso in tutta la sua lunghezza, senza forzature) ed ortogonale, non deve esistere una differenza d'angolatura tra le ante e tra queste ed il telaio fisso. Guardare le cerniere e le guide e verificare che assicurino una sufficiente resistenza a spostamenti e/o disallineamenti delle ante.	
Aspetto: assenza di difetti ed integrità film protettivo	Verificare che il sigillante utilizzato per chiudere le fessure tra telaio fisso ed il contorno murario sia intatto. Controllare l'integrità della pellicola protettiva nei punti di più facile usura (quelli di contatto tra anta e telaio). Lo stato della ferramenta di chiusura deve essere ben salda e non deteriorata o usurata; maniglie, serrature, catenacci non devono presentare gravi forme di ossidazione; i cardini devono essere in buone condizioni. Le maniglie devono garantire facilità di manovra, cioè la chiusura della finestra deve poter essere bloccata e sbloccata con facilità. Per le finestre in metallo o PVC bisogna verificare eventuali forme di dilatazione termica, di condensa sul telaio (in particolare se di alluminio) dovute alla elevata conduttività dei materiali, di rammollimento legate all'esposizione solare (le situazioni più sfavorevoli si registrano con serramenti scuri) e di sbiancamento imputabile ai processi di condensazione e di evaporazione di umidità nei micropori di superficie. Per i profilati in PVC colorati, il sottilissimo film danneggiato può comportare uno schiarimento più o meno visibile, al quale però, nella maggior parte dei casi, l'utilizzatore non attribuisce alcuna importanza. Per le finestre in legno controllare che non ci siano fessurazioni o deformazioni causate da variazioni igrotermiche, scolorimenti causati dal sole o dai materiali usati per la pulizia e deterioramento, come scrostamenti, delle vernici dovute all'azione dei raggi ultravioletti o dell'acqua.	vista
geometria		

Tabella 24: Stato di conservazione e prestazione residua per porte esterne e portoni

Porte esterne e portoni		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	Le porte devono resistere alle sollecitazioni meccaniche (in particolare azioni flessionali), alla chiusura brutale, alle scosse, ai colpi e alla penetrazione dei corpi, non vibrare né produrre rumori sotto l'azione degli spostamenti d'aria. Esaminare la perfetta chiusura e tenuta del serramento; l'anta deve avere un corretto appoggio su tutte le battute del telaio, in caso contrario occorre controllare le modalità di accoppiamento tra anta e telaio: esso deve risultare complanare (la battuta dell'anta deve toccare il telaio fisso in tutta la sua lunghezza, senza forzature) ed ortogonale, non deve esistere una differenza d'angolatura tra le ante e tra queste ed il telaio fisso. Guardare le cerniere e le guide e verificare che assicurino una sufficiente resistenza a spostamenti e/o disallineamenti delle ante.	Vista + prova manuale
Aspetto: assenza di difetti ed integrità film protettivo	Controllare l'integrità della pellicola protettiva nei punti di più facile usura (quelli di contatto tra anta e telaio). Lo stato della ferramenta di chiusura deve essere ben salda e non deteriorata o usurata; maniglie, serrature, catenacci non devono presentare gravi forme di ossidazione; i cardini devono essere in buone condizioni, cioè non devono presentare forme profonde di corrosione. Le maniglie devono garantire facilità di manovra, cioè la chiusura della finestra deve poter essere bloccata e sbloccata con facilità. Per porte in metallo bisogna verificare eventuali forme di dilatazione termica, di condensa sul telaio (in particolare se di alluminio) dovute alla elevata conduttività dei materiali, di rammollimento legate all'esposizione solare (le situazioni più sfavorevoli si registrano con serramenti scuri) e di sbiancamento imputabile ai processi di condensazione e di evaporazione di umidità nei micropori di superficie. Per le porte in legno controllare che non ci siano fessurazioni o deformazioni causate da variazioni igrotermiche, scolorimenti causati dal sole o dai materiali usati per la pulizia e deterioramento, come scrostamenti, delle vernici dovute all'azione dei raggi ultravioletti o dell'acqua. La vetratura deve essere integra, senza imperfezioni.	vista

Porte esterne e portoni

Geometria:	
------------	--

Tabella 25: Stato di conservazione e prestazione residua per porte interne

Porte interne		
.Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica;	Le porte devono resistere alle sollecitazioni meccaniche (in particolare azioni flessionali), alla chiusura brutale, alle scosse, ai colpi e alla penetrazione dei corpi, non vibrare né produrre rumori sotto l'azione degli spostamenti d'aria. Esaminare la perfetta chiusura e tenuta del serramento; l'anta deve avere un corretto appoggio su tutte le battute del telaio, in caso contrario occorre controllare le modalità di accoppiamento tra anta e telaio: esso deve risultare complanare (la battuta dell'anta deve toccare il telaio fisso in tutta la sua lunghezza, senza forzature) ed ortogonale, non deve esistere una differenza d'angolatura tra le ante e tra queste ed il telaio fisso.	Vista + prova manuale
Aspetto: assenza di difetti ed integrità fi lm protettivo	Guardare le cerniere e le guide e verificare che assicurino una sufficiente resistenza a spostamenti e/o disallineamenti delle ante. Controllare l'integrità della pellicola protettiva nei punti di più facile usura (quelli di contatto tra anta e telaio). Lo stato della ferramenta di chiusura deve essere ben salda e non deteriorata o usurata; maniglie, serrature, catenacci non devono presentare gravi forme di ossidazione; i cardini devono essere in buone condizioni. Le maniglie devono garantire facilità di manovra, cioè la chiusura della finestra deve poter essere bloccata e sbloccata con facilità. Per porte in metallo o PVC bisogna verificare eventuali forme di dilatazione termica, di condensa sul telaio (in particolare se di alluminio) dovute alla elevata conduttività dei materiali, di rammolimento legate all'esposizione solare (le situazioni più sfavorevoli si registrano con serramenti scuri) e di sbiancamento imputabile ai processi di condensazione e di evaporazione di umidità nei micropori di superficie. Per le porte in legno controllare che non ci siano fessurazioni o deformazioni causate da variazioni igrotermiche, scolorimenti causati dal sole o dai materiali usati per la pulizia e deterioramento, come scrostamenti, delle vernici dovuto all'azione dei raggi ultravioletti o dell'acqua.	vista
Geometria		

Tabella 26: Stato di conservazione e prestazione residua per lucernari

Lucernari, abbaini, ecc...		
Lucernari e gli abbaini sono particolari serramenti posti sulle coperture e destinati ad illuminare e ventilare i locali sottostanti. Si tratta in genere di serramenti a struttura metallica o in legno, vetrati, con o senza ante mobili. La posizione in cui sono collocati li espone all'aggressione degli agenti atmosferici e ne rende in genere disagiata la manutenzione: essi si trovano quindi spesso in forti condizioni di degrado.		
.Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: resistenza meccanica	L'elemento deve resistere alle sollecitazioni meccaniche (in particolare azioni flessionali), alla chiusura brutale, alle scosse, ai colpi e alla penetrazione dei corpi, non vibrare né produrre rumori sotto l'azione degli spostamenti d'aria. Esaminare la perfetta chiusura e tenuta del serramento; l'anta deve avere un corretto appoggio su tutte le battute del telaio, in caso contrario occorre controllare le modalità di accoppiamento tra anta e telaio: esso deve risultare complanare (la battuta dell'anta deve toccare il telaio fisso in tutta la sua lunghezza, senza forzature) ed ortogonale, non deve esistere una differenza d'angolatura tra le ante e tra queste ed il telaio fisso.	Vista + prova manuale

Lucernari, abbaini, ecc...		
Aspetto: assenza di difetti ed integrità film protettivo	Guardare le cerniere e le guide e verificare che assicurino una sufficiente resistenza a spostamenti e/o disallineamenti delle ante. Controllare l'integrità della pellicola protettiva nei punti di più facile usura (quelli di contatto tra anta e telaio). Lo stato della ferramenta di chiusura deve essere ben salda e non deteriorata o usurata; non deve presentare forme di ossidazione; i cardini devono essere in buone condizioni, cioè non devono presentare forme profonde di corrosione. Controllare che non ci siano fessurazioni o deformazioni causate da variazioni igrotermiche, scolorimenti causati dal sole o dai materiali usati per la pulizia e deterioramento, come scrostamenti, delle vernici dovute all'azione dei raggi ultravioletti o dell'acqua.	vista
Geometria		

Tabella 27: Stato di conservazione e prestazione residua per parapetti, balaustre, inferriate

Parapetti, balaustre, inferriate e recinzioni in profilati di acciaio saldati o chiodati		
Recinzioni, inferriate, parapetti in profilati metallici ecc. costituiscono un insieme di componenti applicati all'esterno o all'interno degli edifici in genere con funzione di protezione dalle cadute e/o dalle intrusioni. Questi componenti sono di regola prodotti fuori opera e fissati in opera tramite zanche murate con malta agli elementi edilizi. Le recinzioni, come ogni elemento metallico, sono generalmente affette da fenomeni di corrosione. Si può parlare di fenomeni di alterazione o degradazione a seconda del grado di estensione e di profondità dell'attacco aggressivo. La corrosione può presentarsi in forma localizzata (pitting, vaiolatura) e selettiva; quest'ultima si presenta come attacco a uno dei componenti di una lega.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: forme di corrosione	Si valuta in primo luogo la morfologia dell'attacco corrosivo. La valutazione delle varie forme di corrosione viene in genere compiuta su base morfologica, distinguendo i fenomeni generalizzati da quelli localizzati e da quelli selettivi. Occorre quindi verificare che non ci siano forme troppo profonde di corrosione, tali cioè da precludere qualsiasi forma di riutilizzo.	vista
Aspetto: omogeneità di aspetto	I punti di aggancio non devono aver provocato svergolamenti e deformazioni. Il rivestimento delle resine colorate termoindurenti deve essere integro.	vista
Geometria	Geometricamente la recinzione non deve presentare deformazioni tali da pregiudicarne l'utilizzo.	vista

Tabella 28: Stato di conservazione e prestazione residua per apparecchi sanitari

Apparecchi sanitari (lavello/lavabo, bidet, vasca, piatto doccia, WC)		
Gli apparecchi sanitari possono essere suddivisi in due gruppi, cioè apparecchi ad uso domestico (quelli presenti nel bagno e nella cucina delle abitazioni) e apparecchi ad uso collettivo. Lavelli (cucina), lavatoi, piatti doccia possono essere costituiti da ceramica, metalli porcellanati o graniglie; WC, bidet, lavabi sono di solito fatti di ceramica, mentre per le vasche si utilizza tradizionalmente il metallo porcellanato (ghisa o acciaio) e dagli anni '80 il PMMA (polimetilmetacrilato) stampato. I controlli da eseguire riguardano sia le proprietà del materiale, sia le prestazioni del componente. La specifica tecnica richiesta agli apparecchi sanitari è, per tutti i tipi, relativamente severa, così come lo sono le condizioni di esercizio.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: connessioni idrauliche e meccaniche	Bisogna controllare che i raccordi per le connessioni idrauliche siano sani e che i dispositivi predisposti per il fissaggio meccanico dell'elemento a terra/a parete siano idonei all'uso. Gli attacchi per le viti del sedile del WC devono essere integri.	vista

Apparecchi sanitari (lavello/lavabo, bidet, vasca, piatto doccia, WC)

Aspetto: assenza di difetti	La superficie visibile deve essere uniforme, priva cioè di abrasioni o fessurazioni, che possono dar luogo a problemi di pulibilità (igienicità).	vista
Geometria	L'elemento deve essere geometricamente integro.	vista

Tabella 29: Stato di conservazione e prestazione residua per rubinetterie

Rubinetteria		
La rubinetteria è una famiglia di componenti degli impianti idraulici a cui appartengono tutti i dispositivi terminali con i quali è possibile realizzare una regolazione dell'erogazione del fluido. Appartengono a questa famiglia i rubinetti di ogni genere; i miscelatori ed i relativi accessori: si tratta normalmente di componenti realizzati in leghe metalliche non ferrose (ottone), con o senza trattamenti protettivi superficiali di finitura al cromo o a base di resine sintetiche. I rubinetti sono collegati meccanicamente all'impianto tramite un raccordo a vite.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: raccordabilità, tenuta e regolabilità della portata	Valutare la raccordabilità e la tenuta dell'elemento. Il rubinetto in normali condizioni d'uso non deve sgocciolare e deve potere garantire una portata regolabile. Azionato a vuoto (senza acqua) l'organo mobile deve poter percorrere tutta la sua corsa senza inceppamenti né deragliamenti. Nell'intero tratto della corsa deve presentare un progressivo indurimento in chiusura, fino a raggiungere la posizione di stop (fine corsa).	
Aspetto: assenza di difetti;	La superficie visibile deve essere integra, o quanto meno priva di scalfitture e abrasioni. Per la rubinetteria cromata o verniciata degli impianti sanitari controllare che il film cromato protettivo non sia degradato né presenti distacchi.	
Geometria	L'elemento deve essere geometricamente integro. Il raccordo filettato deve essere integro	

Tabella 30: Stato di conservazione e prestazione residua per corpo scaldante

Corpo scaldante (radiatore, convettore)		
I fenomeni di corrosione interna, relativi cioè alle superfici metalliche a contatto con l'acqua, sono quelli che rivestono la maggiore importanza ma, essendo dovuti alla circolazione dell'acqua, sono una conseguenza dell'uso del corpo scaldante e della "aggressività" dell'acqua (intesa come concentrazione di sali disciolti). La perdita di prestazione dovuta a questo fenomeno non è in genere visibile dall'esterno, ma può essere valutata solo sottoponendo l'impianto a valori di pressione doppi rispetto a quelli previsti per il funzionamento, per la durata di circa 10 minuti. Possono invece essere percepite a vista tutte le degradazioni subite dalla superficie esterna dell'elemento, così come l'integrità dei dispositivi di raccordo dell'elemento alla rete impiantistica di alimentazione.		
Diagnosi		
Requisito	Prestazione	Metodo
Funzionalità: raccordabilità degli attacchi	Controllare che gli attacchi siano standardizzati.	vista
Aspetto: assenza di difetti	Verificare l'integrità del film protettivo esterno, dal momento che durante il periodo di esercizio dei radiatori si possono innescare fenomeni corrosivi locali in corrispondenza di graffiature, scalfitture dello strato di pittura o in condizioni di umidità relativa elevata (es. stanze da bagno o cucine). Controllare che l'aggancio di evaporatori ai radiatori non abbia causato attacchi corrosivi locali, in corrispondenza della superficie metallica investita dall'evaporazione.	vista

4.4 ASPETTI ECONOMICI E SOCIALI

La principale finalità dello strip-out come già evidenziato è quella di ottimizzare la gestione dei materiali residui, in particolare di quelli direttamente riutilizzabili, indirizzandoli a canali di riutilizzo e recupero più idonei.

Se dunque da un lato lo smontaggio selettivo richiede personale adeguatamente specializzato e formato e tempi di lavorazione più lunghi comportando dunque un aumento dei costi (nel suo complesso, il processo di demolizione selettiva, che ricomprende le fasi di smontaggio dei componenti, comporta dei costi aggiuntivi rispetto alle tecnologie di demolizione tradizionali, stimati circa dal 10% al 20% in più), dall'altro può rappresentare, oltre che un risparmio in termini di risorse ed un potenziale rientro economico grazie alla vendita dei materiali recuperati, anche un vantaggio sociale se si fa rientrare tale attività nell'ambito del social urban mining.

Si ritiene infatti che, valutando le competenze necessarie per la fase di decostruzione, sia possibile coinvolgere personale inoccupato e svantaggiato, con un'evidente ricaduta sociale positiva nei territori interessati. Questo lo si può attuare creando occasioni di collaborazione tra aziende edili, studi di architettura e imprese sociali al fine di trovare soluzioni cantieristiche, idee di up-cycling ed opportunità di lavoro per persone svantaggiate. Una best practice in tale ambito è rappresentata dall'esperienza BauKarussell¹⁴. Il BauKarussell, composto da un team di architetti e istituzioni sociali, riporta a nuova vita preziosi materiali da costruzione nel momento in cui un edificio viene demolito e nel contempo crea posti di lavoro per disoccupati.

Per la riallocazione dei materiali si possono considerare diverse possibilità con l'obiettivo di minimizzare gli impatti e massimizzare il recupero, tra queste:

- Il riuso "tal quale" in sito

¹⁴ Il BauKarussell di Vienna riporta a nuova vita preziosi materiali da costruzione nel momento in cui un edificio viene demolito e nel contempo crea posti di lavoro per disoccupati, cfr. <http://www.repanet.at/baukarussell>.

- Vendita in temporary store, in prossimità del cantiere, accessibili ai clienti per un periodo limitato di tempo, con il vantaggio di limitare i trasporti
- Vendita in supermercati dell'edile oppure in corner approntati in punti vendita di materiale edile vergine con possibilità di vendita al dettaglio
- Vendita online, in particolare per l'upcycling ma anche per altri oggetti preparati al riutilizzo

Ciascuna delle ipotesi sopra menzionate necessita di un'attenta analisi di mercato per stabilire la sostenibilità dei diversi processi e la competitività economica con il nuovo, oltre che di una corretta rispondenza di oggetti e materiali alle norme di salute, sicurezza ed igiene per l'utilizzo. Per la valutazione di tutti questi aspetti e in generale per la complessiva si rimanda al paragrafo successivo (par. 4.5).

Un altro importante aspetto da tenere in considerazione e che potrebbe ulteriormente contribuire alla diffusione della pratica della decostruzione selettiva è l'acquisizione di prodotti di recupero da parte della Pubblica Amministrazione attraverso il sistema dei Green Public Procurement (GPP). Si consideri ad esempio il caso del ricorso a pietrame e blocchetti di recupero per la realizzazione di murature in pietrame e miste per opere di fondazione e in elevazione, previsto come obbligo nei Criteri Ambientali Minimi per l'Edilizia¹⁵.

4.5 VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DELLE OPERAZIONI VOLTE AL RIUTILIZZO

La valutazione della fattibilità e della sostenibilità - intesa come integrazione degli aspetti tecnici con le tre dimensioni ambientale, economica e sociale - delle diverse operazioni di smontaggio selettivo è un aspetto complesso per il quale occorre effettuare un'analisi preliminare allo scopo di valutare in maniera oggettiva le diverse aree critiche connesse con le operazioni di decostruzione selettiva e riutilizzo.

¹⁵ D.M 11/10/2017, par. 2.4.2.6, "Murature in pietrame e miste".

La check list proposta (CMB, 2019) rappresenta un valido aiuto per fare tale valutazione e prendere decisioni mirate (Tabella 31 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). La valutazione viene suddivisa in 5 ambiti critici, da considerare per specifici gruppi merceologici di oggetti (es. infissi, impianti, rivestimenti, strutture mobili, etc.) o materiali (legno, metalli, etc.) presenti nel manufatto da demolire. Gli ambiti critici sono:

- Ambito normativo (generale e specifico)
- Ambito tecnico/organizzativo
- Ambito economico
- Ambito ambientale
- Ambito sociale

Tabella 31: Check list per la fattibilità e sostenibilità delle operazioni di preparazione per il riutilizzo e riuso. [Fonte: CMB, 2019]

<u>Ambito normativo generale</u>			
Componente n. 1 – (Es. Impianto Termico)			
OPERAZIONE	Fattibile	Non fattibile	Condizionato da
Smontaggio			
Ricondizionamento			
Vendita			
<u>Ambito normativo specifico</u>			
DESCRIZIONE	Facile	Medio	Difficile
Garanzia			
Funzionamento			
Sicurezza			
Fiscale			
<u>Ambito tecnico/organizzativo</u>			
OPERAZIONE	Facile	Medio	Difficile
Componente n. 2 – (Es. infissi)			
Smontaggio			
Trasporto			
Deposito/Magazzinaggio			



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

<u>Ambito normativo generale</u>			
Restauro			
Up-cycling			
<u>Ambito economico</u>			
OPERAZIONE	Costi	Ricavi	Mancati costi
Smontaggio			
Trasporto			
Deposito/Magazzinaggio			
Restauro			
Up-cycling			
Mancato conferimento ad impianti/discarda			
<u>Ambito ambientale</u>			
INDICATORI			
Prevenzione di rifiuti totale (kg)			
Prevenzione di rifiuti per tipologia (kg):			
– vetro			
– PVC			
– legno			
– gomma			
– alluminio			
–			
CO ₂ evitata (kg)			
monetizzazione			
<u>Ambito sociale</u>			
PARAMETRI	N.	kg	N. pezzi
Ore di lavoro per			
– smontaggio			
– Trasporto/logistica			
– Restauro/Recupero/Ripristino			
– Vendita			
Addetti totali coinvolti			
Persone svantaggiate coinvolte in			
– smontaggio			

Ambito normativo generale			
– Trasporto/logistica			
– Restauro/Recupero/Ripristino			
– Vendita			
Materiale da riutilizzare sul territorio			
Materiale da mettere a disposizione gratis			

4.6 STATUS GIURIDICO DEI MATERIALI

Per quanto riguarda l'ipotesi di implementazione di nuovi processi di economia circolare basati sullo *strip out* e la preparazione al riutilizzo, gli aspetti normativi sono molto complessi e mettono in relazione e competizione aspetti di carattere ambientale, di sicurezza sul lavoro e salute connessi in prima battuta allo smontaggio in cantiere e in un secondo momento all'uso degli oggetti e dei materiali recuperati.

Per quanto riguarda le tipologie di materiali e allo status giuridico si possono prevedere diverse situazioni:

- Recupero di materiali (legno, metallo, vetro) classificati come rifiuto: per essere riutilizzata e venduta come materia prima seconda, tale tipologia necessita di essere processata in impianti debitamente autorizzati e di essere sottoposta, a seconda dell'utilizzo, a pulizia, separazione in frazioni omogenee, riduzione volumetrica, pressatura.
- Preparazione al riutilizzo di oggetti con lo status di rifiuto: è necessario procedere attraverso un'operazione autorizzata, ma il prodotto finale non sarà una materia prima seconda, bensì un oggetto riutilizzabile con lo scopo originario; a titolo esemplificativo, si possono citare: travi in legno, infissi, vetrate, ringhiere, cancelli.
- Up-cycling di oggetti e materiali non con status di rifiuto: in caso di vendita o cessione gratuita a imprese terze da parte del proprietario, non si applica la normativa sui rifiuti e gli oggetti ed i materiali possono essere processati in normali aree artigianali/industriali oppure venduti tali e quali.

Dal punto di vista normativo, la preparazione per il riutilizzo è disciplinata dall'art. 181 (del D.lgs. 152/2006 (aggiornato a settembre 2020 dal D.lgs. 116/2020).

In base alla normativa italiana, il riutilizzo in generale può avvenire nelle seguenti due condizioni:

- tramite l'esclusione dei materiali di scarto dal regime normativo dei rifiuti, possibile solamente nel caso in cui essi rispettino i requisiti per l'attribuzione della nozione di sottoprodotto (art. 184-bis del D.lgs. 152/2006);
- a seguito di operazioni di preparazione per il riutilizzo, che consentano la cessazione della qualifica di rifiuto e la trasformazione in prodotto.

Gestione come sottoprodotti: le difficoltà applicative

La prima opzione sarebbe particolarmente vantaggiosa: a differenza dei rifiuti che devono essere gestiti con delle procedure specifiche e onerose, i sottoprodotti, non rientrando nella disciplina dei rifiuti, possono essere direttamente reimpiegati o anche essere ammessi alla negoziazione, e dunque valorizzati come vere e proprie risorse.

Tuttavia, un ostacolo giuridico consistente alla possibilità di gestire i componenti di recupero dalla demolizione selettiva attraverso la nozione di sottoprodotto è derivato da una recente Sentenza della Corte di Cassazione (Sentenza 23 febbraio 2018, n. 8848) che ha stabilito che l'attività di demolizione di edifici o strade non rientra tra i processi di produzione che possono dare origine ad un sottoprodotto ai sensi dell'art. 184-bis, del D.lgs. n. 152/2006 ed i relativi residui vanno classificati come rifiuti (ex art. 183, D.lgs. n. 152/2006).

La vicenda prende origine dalla condanna, poi impugnata, nei confronti dei legali rappresentanti di una ditta per il reato di cui all'art. 256, comma 1 del TUA, per aver effettuato, senza le prescritte autorizzazioni, attività di *raccolta e stoccaggio di rifiuti speciali non pericolosi (inerti, ferro e legno provenienti da demolizione e comunque prodotti altrove)*, adducendo come motivazione che si trattasse di *materiali destinati al riutilizzo quali materie prime in altri cantieri della società*.

La Suprema Corte ha enunciato il principio secondo cui *“le attività di mera demolizione di manufatti non sono dunque finalizzate alla produzione di alcunché e non originano mai*

sottoprodotti, ma solo rifiuti” mentre “il sottoprodotto deve trarre origine da un processo di produzione, dunque da un’attività chiaramente finalizzata alla produzione di un qualcosa ottenuto attraverso la lavorazione o trasformazione di altri materiali.”

Per risolvere questa significativa criticità, emersa a seguito della suddetta Sentenza, nell'ambito di un progetto promosso dal Centro Materia Rinnovabile dal titolo “Edilizia e infrastrutture verso l'Economia circolare”, a luglio 2017 è stata proposta una modifica al TU dell'Ambiente, come di seguito illustrata (Figura 7).

Situazione attuale	Modifica proposta	Motivazione
Per la gestione dei rifiuti (e delle bonifiche) manca la definizione di “cantiere”. Occorre chiarire inoltre, e in modo definitivo, che il cantiere è un processo di produzione. In tal modo si offre la possibilità che gli inerti non siano unicamente destinati a diventare rifiuti ma entrino nell'alveo dei sottoprodotti, ovviamente ove siano rispettate le condizioni previste dalla legislazione di riferimento.	<i>“Ai fini dell'applicazione delle norme in materia di sottoprodotto di cui all'articolo 184-bis del decreto legislativo n. 152 del 2006, per “cantiere” si intende il processo di produzione dove si effettuano i lavori edili o di ingegneria civile il cui elenco è riportato nell'allegato X al decreto legislativo n. 81 del 2008”.</i>	Poiché non è possibile disciplinare qualcosa in difetto della sua perimetrazione lessicale, occorre fornire la definizione di “cantiere”; a tal fine si suggerisce di richiamare quella presente nell'art. 89, comma 1, lett. a) Dlgs 81/2008 sulla sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro e il suo allegato X che indica i lavori che si svolgono nel “cantiere” ⁽¹⁾. Occorre altresì fare in modo che, nella logica dell'economia circolare e della riduzione dei rifiuti alla fonte, la venuta ad esistenza del sottoprodotto sia considerata con favore, eliminando gli ostacoli formali che si frappongono. La giurisprudenza sul punto non è costante. Pertanto, per dare certezza alle imprese, uscire da imbarazzi interpretativi e favorire l'allineamento dei sistemi di gestione dei rifiuti ai principi dell'economia circolare, va chiarito che il cantiere è un processo produttivo. In tal modo, ove ricorrano le condizioni di cui all'articolo 184-bis, comma 1, Dlgs 152/2006, esitano sottoprodotti e non rifiuti.

(1) Art. 89, comma 1, lett. a) Dlgs 81/2008 “Cantiere temporaneo o mobile di seguito denominato “cantiere”: qualunque luogo in cui si effettuano lavori edili o di ingegneria civile il cui elenco è riportato nell'allegato X”

Allegato X:

1. I lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione, risanamento, ristrutturazione o equipaggiamento, la trasformazione, il rinnovamento o lo smantellamento di opere fisse, permanenti o temporanee, in muratura, in cemento armato, in metallo, in legno o in altri materiali, comprese le parti strutturali delle linee elettriche e le parti strutturali degli impianti elettrici, le opere stradali, ferroviarie, idrauliche, marittime, idroelettriche e, solo per la parte che comporta lavori edili o di ingegneria civile, le opere di bonifica, di sistemazione forestale e di sterro.

2. Sono, inoltre, lavori di costruzione edile o di ingegneria civile gli scavi, ed il montaggio e lo smontaggio di elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione di lavori edili o di ingegneria civile.

Figura 7: Documento di sintesi della Ricerca “Edilizia e infrastrutture verso l'Economia circolare” e proposte di modifica della normativa finalizzate a definire il cantiere conferendogli la qualità di processo di produzione. [Fonte: Centro Materia Rinnovabile, 2017]

Una modifica di questo tipo sarebbe indispensabile ai fini della possibilità di applicare la nozione di sottoprodotto ai componenti edilizi recuperati tramite smontaggio/strip out, nelle prime fasi del processo di demolizione selettiva.

Se tale orientamento dovesse essere accolto, sarebbe poi indispensabile che, a livello nazionale, venissero elaborati i criteri auspicati dall'art. 6 della Dir. 98/2008/UE per l'individuazione delle tipologie di oggetti e materiali che possono essere considerati sottoprodotti. In assenza di tali criteri, ai fini del riuso diretto la qualifica degli scarti da costruzione e demolizione come sottoprodotti ricadrebbe comunque, come in passato, di fatto sui progettisti. La raccomandazione di usare una certa percentuale di materiale riutilizzato, contenuta in molti protocolli di valutazione della sostenibilità degli edifici, viene spesso disattesa in assenza di un'adeguata certificazione. In pratica, i progettisti non si fanno carico dei rischi che derivano dall'eventuale presenza di sostanze nocive contenute nei materiali/componenti recuperati, specie se la provenienza di quest'ultimi non è documentata in modo credibile. In questo caso, si crea la necessità di verificare le caratteristiche di materiali e componenti attraverso test di laboratorio, spesso troppo costosi in rapporto allo scarso valore economico attribuibile ai sottoprodotti.

La disciplina dell'End of Waste

Qualora non diventasse possibile l'attribuzione della qualifica di sottoprodotto ai componenti recuperati nello *strip out*, per l'impossibilità di assimilare il cantiere di demolizione ad un luogo di produzione, i residui verranno considerati a tutti gli effetti rifiuti, fino al compimento dell'operazione di recupero che consenta l'*End of Waste* (EoW, cessazione della qualifica di rifiuto, disciplinata dall'art. 184-ter del D.lgs. 152/2006), grazie alla quale un rifiuto cessa di essere tale per divenire prodotto a tutti gli effetti.

Si sottolinea che, qualora il recupero avvenga semplicemente riscontrando la rispondenza dell'oggetto ai suddetti requisiti, si verifica un processo del tutto simile all'attribuzione della qualifica di sottoprodotto, come precedentemente descritta. Se avviene, invece, il riciclo del materiale, dal rifiuto si ricava una materia prima secondaria che sarà a tutti gli effetti un prodotto, purché sia conforme ai requisiti tecnici per la sua categoria di prodotto e il suo utilizzo non provochi rischi per la salute dell'uomo o dell'ambiente.

Nel caso del riuso, ai fini dell'EoW, appare strategica l'individuazione della possibilità di impiego eventualmente effettuata in fase di progettazione. La stessa condizione vale anche

in seguito a trattamenti per il riciclo. Essenziale è anche la verifica delle prestazioni residue¹⁶ del componente, ai fini della rispondenza ai requisiti minimi previsti per legge per quel tipo di prodotto. Nel caso del riciclo, tale verifica verrà effettuata sperimentalmente con test sulla materia prima seconda.

La disciplina dell'End of Waste ha negli ultimi tempi subito delle modifiche che ne ridefiniscono un quadro rinnovato, tra cui l'emanazione di Linee guida da parte dell'ISPRA/SNPA, per le verifiche degli impianti autorizzati "caso per caso". Sono stati inoltre emanati tra il 2019 e 2020 i primi decreti contenenti criteri EoW (Gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso, Carta e Cartone, PAP) che si aggiungono ad un pre-esistente Regolamento per l'EoW del Combustibile Solido Secondario (2013) e al Decreto per il fresato d'asfalto (DM 28 marzo 2018, n. 69). Ancora critica, attualmente, la situazione dei criteri EoW per i rifiuti da costruzione e demolizione. Alla luce di quanto previsto dalla legge n. 55/2019 (i.e. legge conversione, con modifiche, del D.L. n 32/2019, cosiddetto "Sblocca Cantieri"), l'adozione rapida di uno specifico decreto per i rifiuti inerti è attesa al fine di superare il riferimento al D.M. 05/02/1998 per l'ottenimento dello stato di End Of Waste, i cui criteri, essendo caratterizzati da un grado di precauzione pensato per la regolamentazione delle sole autorizzazioni semplificate al trattamento e recupero dei rifiuti, rischiano di aumentare le quantità di rifiuti inerti destinate a smaltimento a discapito del loro recupero, ostacolando di fatto il raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal pacchetto delle Direttive sulla Circular Economy (851/2018/EU). L'attesa bozza del Regolamento EoW per i rifiuti inerti da costruzione e demolizione e altri rifiuti inerti di origine minerale, rilasciata a luglio 2020 dal MATTM, è stata bloccata dal Consiglio di Stato che ha espresso il Parere interlocutorio (n. 1493 del 17 settembre 2020) sullo schema di Regolamento, sospendendo l'emanazione del parere definitivo e chiedendo al Ministero di completare la documentazione con una dettagliata ed esaustiva relazione integrativa di chiarimenti, in particolare circa la verifica in concreto della non pericolosità dei rifiuti da C&D.

¹⁶ Per un esempio di criteri idonei alla valutazione delle prestazioni residue, si rimanda alle Direttive Tecniche sviluppate nell'Accordo di Programma della Provincia di Bologna per la gestione dei rifiuti inerti (Antonini e Donati, 2002).

4.7 CASI REALI (APPLICAZIONI, BEST PRACTICES)

4.7.1 L'esperienza del gruppo belga Rotor e dello spin-off Rotor DC

Una best practice legata al processo di recupero di componenti ai fini del riutilizzo è rappresentata dall'esperienza del gruppo belga Rotor che, con lo spin-off Rotor DC dedicato alla decostruzione selettiva e alla vendita di componenti di recupero, ha definito un iter processuale specializzato nel recupero di componenti da edifici esistenti per la vendita e il riuso. Rotor DC, società dedicata al processo di strip out di edifici e al recupero dei componenti, ha sviluppato infatti una piattaforma di e-commerce (Figura 8) dei componenti derivanti dalla decostruzione, accuratamente smontati, ricondizionati, catalogati e stoccati in un magazzino dedicato.

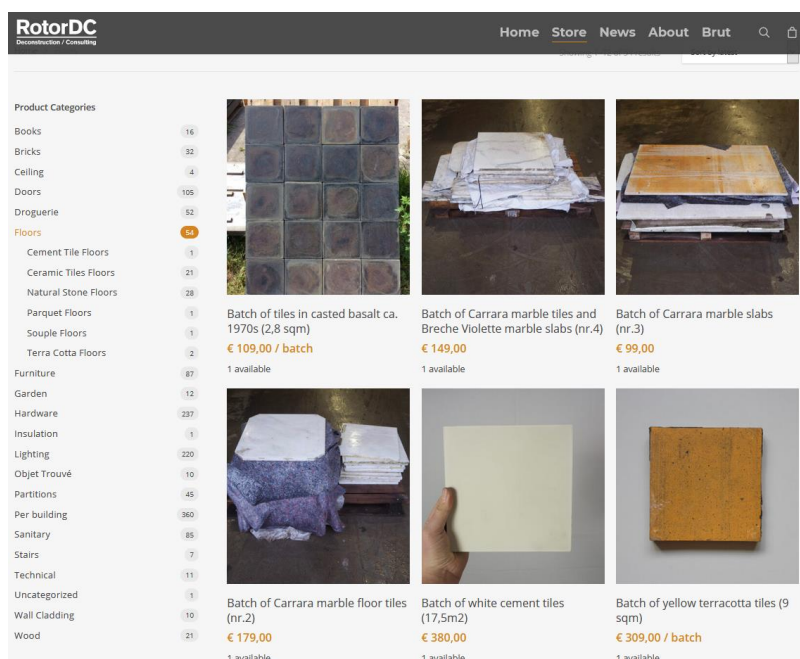


Figura 8: Il negozio virtuale della società Rotor DC. [Fonte: [Sito web Rotor DC](#)]

A monte della demolizione viene stilato un inventario preliminare dei componenti e materiali presenti. Nel corso del processo di decostruzione avviene poi la creazione di un inventario di materiali, completato a valle del processo sotto forma di database dei materiali da trasporre sulla piattaforma web di vendita. Lo strumento dello store dà così visibilità ai componenti recuperati, fornendone immagini e un appropriato set informazioni selezionate



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

al fine di facilitare il riuso: quantità, dimensioni, peso, potenziali utilizzi, indicazioni pratiche per l'installazione, epoca di produzione.

4.7.2 L'esperienza della Harvest Map degli olandesi Superuse Studios

Un'altra interessante esperienza riguarda in senso più lato il recupero di prodotti e materiali di scarto utilizzabili in edilizia da tutte le filiere industriali (inclusa quella edilizia e in particolare i cantieri) e dalla distribuzione che insistono sul territorio nell'immediata prossimità del cantiere. Lo studio di progettazione olandese Superuse Studios ha messo a punto negli ultimi vent'anni un processo di *scouting* dei materiali di scarto reperibili nell'area adiacente al sito d'intervento (sottoprodotti, scampoli, prodotti difettati, giacenze d'invenduti, surplus di produzione, scarti di lavorazione, rifiuti da C&D, etc.) attraverso una mappatura, da effettuare preliminarmente alla stesura del progetto degli interventi di nuova costruzione o riqualificazione. Tale mappatura, denominata "Harvest Map", si estende su una distanza limitata in media ad un raggio di 25 km attorno al sito di costruzione, allo scopo di valorizzare i materiali esistenti e già disponibili in loco, riducendo costi e impatti ambientali dell'attività di costruzione. I dati raccolti attraverso la singola mappatura, realizzata per uno specifico progetto, vengono poi riversati in una piattaforma *open source* in cui, progressivamente, si crea un database condiviso utilizzabile da progettisti e imprese di costruzione.

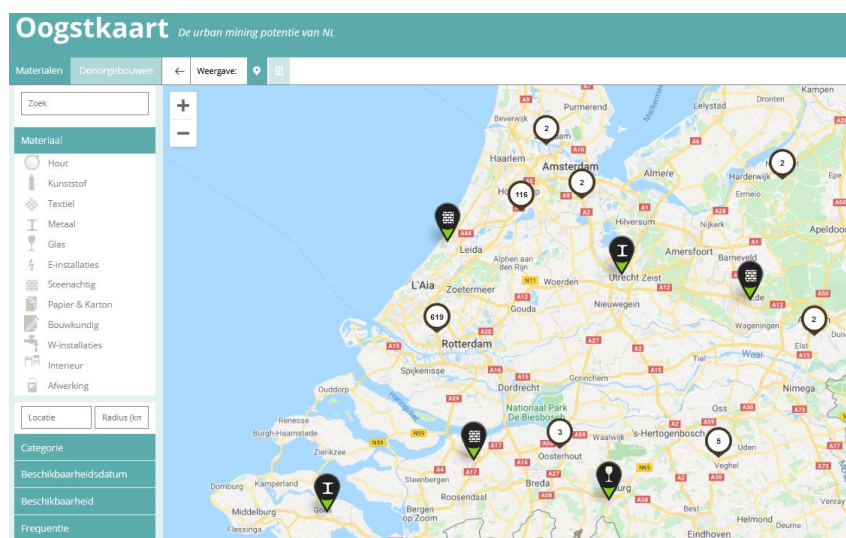


Figura 9: Il portale Harvest Map dei Superuse Studios. [Fonte: <https://www.oogstkaart.nl/>]

5 TRATTAMENTO, RECUPERO E VALORIZZAZIONE

La composizione merceologica media dei rifiuti da C&D in Italia è dominata dalla frazione inerte, che costituisce il 75-85% del totale ed è composta prevalentemente da laterizio e calcestruzzo. Tale frazione, che deriva dalle operazioni di demolizione che, nel processo di demolizione selettiva, seguono il recupero dei componenti riutilizzabili, è costituita da frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, laterizi, intonaci, allettamenti.

I rifiuti inerti misti hanno buone potenzialità di recupero e riutilizzo, a valle di un trattamento prevalentemente meccanico, sotto forma di aggregati riciclati. Questi ultimi vengono prodotti in diverse granulometrie esattamente come quelli naturali, a seguito di trattamenti che consistono essenzialmente in frantumazione ed eliminazione delle frazioni estranee e che possono avvenire in impianti fissi o mobili. Le condizioni d'uso, nonché l'iter autorizzativo delle relative campagne di recupero, sono differenti:

- impianti fissi: sono distribuiti sul territorio e ricevono i rifiuti prodotti entro una distanza solitamente contenuta entro i 30-50 km;
- impianti mobili: vengono trasportati presso i cantieri di produzione dei rifiuti che, una volta sottoposti al processo di trattamento (solitamente semplificato) possono raggiungere l'End of Waste (mediante la verifica della loro eco-compatibilità e la marcatura CE) ed essere successivamente utilizzati come materiale edile sia nel sito medesimo o collocati sia in altri siti (ANPAR, 2018).

A prescindere dal fatto che l'impianto sia fisso o mobile, e dalle innovazioni tecnologiche prodotte dalle varie aziende, tutti gli impianti attraversano una serie di fasi produttive: alimentazione; riduzione granulometrica; abbattimento delle polveri; deferrizzazione; rimozione della frazione leggera (non presente in tutti i tipi di impianto); vagliatura; classificazione granulometrica.

L'impianto di trattamento è composto infatti in generale da un gruppo di frantumazione e uno di vagliatura e/o separazione. Il gruppo di frantumazione dell'inerte può essere

composto da: frantoi a mascelle; mulino a martelli; mulino a rotor. Il gruppo di vagliatura separa il materiale frantumato in varie granulometrie e può essere composto da: vagli a griglia; vagli rotativi. I principali separatori sono: idroseparatori; deferrizzatori; selezionatori ottici.

A seguire le tecnologie e le caratteristiche specifiche degli impianti fissi e mobili.

5.1 RECUPERO IN IMPIANTI FISSI

Gli impianti di recupero fissi sono frequentemente installati in aree di cava o ex cava. Spesso infatti i cavaatori di aggregati naturali associano a questa attività quella di produzione di aggregati riciclati. Molti impianti di recupero di C&D sono avviati da imprese attive nel settore edile piuttosto che in quello minerario: la possibilità di conferire rifiuti da C&D e contemporaneamente trovare nello stesso sito altri materiali da costruzione (siano essi aggregati naturali o derivanti dal recupero rifiuti) costituisce sicuramente un vantaggio economico e ecologico in termini di km percorsi dai mezzi pesanti che si troveranno nella condizione di viaggiare sempre, o comunque più frequentemente, carichi. Il tipico conferimento in impianto fisso è relativo a operazioni di demolizione o di scavo di dimensioni non tali da giustificare economicamente l'autorizzazione, il trasporto e l'esercizio di un impianto mobile (ANPAR, 2018). Lo svantaggio della mancata mobilità è compensato da un migliore livello qualitativo dei prodotti e da un più efficace controllo su polveri e rumore.

Gli impianti fissi sono dotati di macchinari di capacità e dimensioni maggiori rispetto ad impianti scarrabili (Figura 10), sebbene il processo sia sostanzialmente simile. La fase preliminare consiste nella separazione della frazione fine, che non viene addotta alla frantumazione; successivamente avviene la riduzione granulometrica, la separazione dei metalli, la raffinazione (rimozione della frazione leggera) e infine la classificazione granulometrica (Longo, 2007).



Figura 10: Un esempio di impianto di recupero fisso. [Fonte: <https://www.coreine.it/recupero-inerti-roma/impianti-di-riciclaggio/857>]

Il mulino frantumatore costituisce l'elemento tecnico più importante dell'impianto, fortemente sollecitato dalla presenza di componenti metalliche. All'interno della camera di frantumazione che avviene il recupero del materiale che, oltre a diminuire di pezzatura, vede la separazione delle componenti ferrose da quelle litoidi. La frantumazione può avvenire per impatto delle macerie scagliate contro una parete resistente, per compressione del materiale fra due ganasce o per triturazione provocata da elementi resistenti messi in moto insieme al materiale da frantumare. Esistono quindi differenti tipi di frantumatori (mulini o frantoi). I frantoi possono essere: a mascelle, a cono (rotativi), ad urto. I mulini possono essere: a martelli, a cilindri, a barre, per filler.

Dal gruppo di frantumazione dipendono le emissioni di polveri in atmosfera, significative soprattutto nel caso dei mulini ad urto. Le tecnologie per l'abbattimento delle polveri sono di due tipi: a mezzo di acqua nebulizzata oppure aspirazione tramite flussi d'aria. Negli impianti fissi di grande dimensione i due sistemi vengono accoppiati per garantire una maggiore efficienza. Le tecnologie di contenimento sono indispensabili per ridurre l'impatto ambientale, e rispondere alla normativa di settore, ma comportano maggiori costi anche nella gestione dell'impianto perché richiedono una maggiore potenza dell'impianto.

La fase di separazione dei metalli (deferrizzazione) avviene mediante l'uso di una elettrocalamita montata su un rullo in gomma a moto continuo, che attira e trasporta in appositi cassoni le frazioni metalliche.

Negli impianti fissi, che hanno normalmente grandi spazi operativi che consentono un maggiore controllo sulla qualità dei prodotti rispetto agli impianti mobili, mediante l'impiego di specifiche tecnologie (quali gli idroseparatori o i selezionatori ottici) viene effettuata quindi una fase di raffinazione del materiale. È infatti possibile rimuovere in modo automatico la frazione leggera (carta, plastica e legno principalmente) che è contenuta nel materiale frantumato, garantendo l'assenza di frazioni inquinanti e migliorando considerevolmente le caratteristiche meccaniche del riciclato. Tale procedura viene effettuata mediante un impianto, posizionato di norma sul vibrovaglio, che consta di una cappa di aspirazione con la feritoia dotata di griglia a moto continuo, sulla quale si depositano i frammenti leggeri risucchiati grazie ad un elettro aspiratore. I frammenti vengono poi trasportati, dal movimento della griglia, in un apposito contenitore di raccolta. Altri tipi di impianti, per l'eliminazione delle frazioni leggere, sfruttano la diversità di peso tra il materiale inerte, che viene a depositarsi, e il materiale inquinante, che grazie a flussi d'aria viene tenuto in sospensione ed aspirato per l'eliminazione.

La vagliatura, ovvero la separazione del materiale frantumato in classi granulometriche distinte, avviene poi con vagli piani o vagli rotativi.

Infine, per eliminare le impurità dagli inerti (argilla, polveri, etc.), si ricorre al lavaggio con lavatrici a spruzzo, cilindriche o a coclea.

5.1.1 L'esempio della tecnologia R.O.S.E.

Gli impianti di trattamento fissi R.O.S.E. rappresentano una *best practice* nel contesto italiano. L'entrata in funzionamento del primo impianto R.O.S.E. (Recupero Omogeneizzato Scarti Edilizi) risale al 1990. Sul territorio italiano sono presenti circa 20 impianti R.O.S.E., in Lombardia, Trentino, Veneto, Toscana, Marche, Emilia-Romagna, Campania e Sicilia¹⁷.

¹⁷ Tra gli impianti più efficienti si trova quello della IRMEL s.r.l. di Ponte Buggianese (PT).

Questa tecnologia per il trattamento dei rifiuti inerti non pericolosi, promossa dall'ENEA, è stata studiata a livello sperimentale nel primo impianto di Castellarano (Reggio Emilia) nel 1989 dalla società Pescale S.p.A. Negli anni il sistema tecnologico è stato migliorato più volte ed è stato soggetto ad applicazioni diverse, raggiungendo buoni livelli di efficienza dal punto di vista della qualità del materiale riciclato prodotto, nonché di riduzione degli impatti ambientali dell'impianto stesso. L'applicazione della tecnologia R.O.S.E., dal punto di vista della tutela ambientale, è caratterizzata infatti da un processo con minimo consumo energetico, contenute emissioni di polveri in atmosfera e ridotto carico acustico (Figura 11).

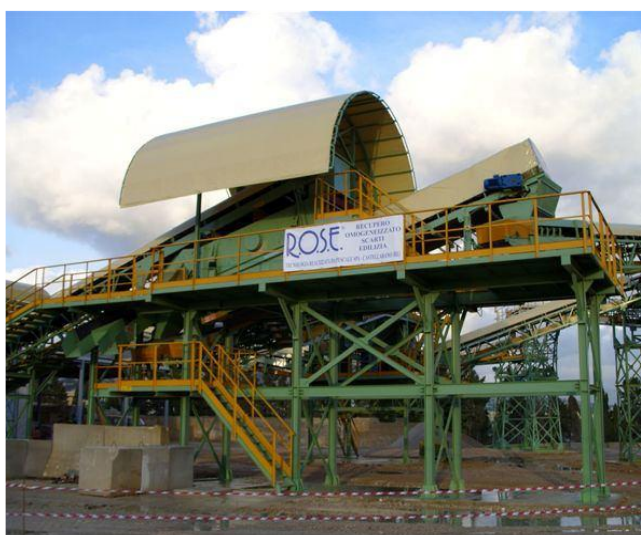


Figura 11: Immagine di uno degli impianti fissi a tecnologia R.O.S.E. e sintesi delle caratteristiche prestazionali. [Fonte: Toschi A., “Tecnologie e pianificazione per il recupero di risorse da rifiuti C&D.....ma non solo”, Atti del convegno XVI INTERFORUM. Il ruolo dei criteri di cessazione del rifiuto nel riciclaggio dei rifiuti da C&D, INERTIA 2012 Ferrara, 19-20-21 settembre 2012]

Inoltre, il sistema prevede il monitoraggio degli impatti ambientali generati durante la lavorazione ed una significativa attenzione per la sicurezza e la salute dei lavoratori (assenza di cernite manuali, presenza di valvole *shut-off* su tutte le linee di selezione).

Il progetto R.O.S.E. ha rappresentato una importante novità nel panorama italiano, per la sua capacità di convertire i materiali di scarto destinati a discarica in aggregati riciclati reinseribili nel loro ciclo di provenienza. La tecnologia di questi impianti, in particolare,

permette di ottenere aggregati riciclati di buona qualità, con un alto livello di separazione tra le varie frazioni, nonostante la composizione eterogenea dei rifiuti in entrata (Figura 12).

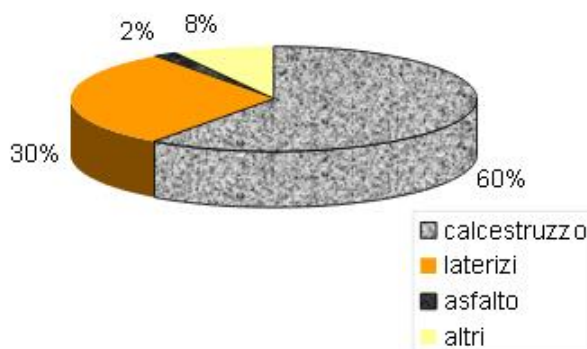


Figura 12: Composizione tipica degli aggregati in ingresso nell'impianto R.O.S.E. di Villa Musone, Ancona. [Fonte: <http://www.anpar.org/documentazione/Recycling-SAIE.pdf>]

L'impianto R.O.S.E. è composto da una tramoggia, un frantoio e diversi selezionatori. Gli impianti trattano circa 75-100 tonnellate all'ora di inerti, con un elevato rendimento in termini di bilancio di massa (Longo, 2007). Per ogni 1000 Kg di macerie in ingresso si ottengono:

- 985 Kg di inerti, classificati in base alla granulometria;
- 5 Kg di materiale inerte non idoneo al riutilizzo da smaltire in discarica categoria 2A;
- 2 Kg di materiale leggero non idoneo al riutilizzo da smaltire in discarica categoria 1;
- 7 Kg di rottami metallici da avviare a recupero (R4);
- 1 Kg di sfridi di legno da avviare a recupero (R3).

Un ciclo completo di trattamento consuma circa 100 kWh di energia, che vengono ripagati economicamente dalla semplice vendita della frazione metallica. Gli aggregati prodotti sono riutilizzabili in calcestruzzo nuovo a bassa o alta resistenza, per il rifianco di tubi e per sottofondi di pavimentazioni stradali.

Processo di trattamento

I rifiuti in ingresso vengono sottoposti ad un primo controllo di qualità per verificarne l'ammissibilità tecnico-normativa all'impianto. I materiali vengono ripartiti in sei macro-classi:

- Materiali inerti puliti;
- Materiali inerti misti di scavo;

- Terra mista a limo e argilla;
- Terra sporca non riutilizzabile;
- Terra vegetale;
- Calcestruzzo.

Gli autocarri in ingresso vengono condotti alla piattaforma pesatrice per stimare preliminarmente la quantità e la qualità dei rifiuti, per mezzo di una telecamera a colori che restituisce delle immagini ad alta risoluzione e consente di visionare, in forma sommaria, il materiale presente sull'autocarro. Contemporaneamente, una seconda telecamera visualizza la targa del veicolo associandola al carico presente, facilitando le procedure d'identificazione. In questo modo, tramite un elaboratore elettronico è possibile risalire allo smaltitore se si verificano delle non conformità in merito alla natura del materiale conferito. Il materiale viene dunque scaricato in una zona attrezzata e sufficientemente grande da permettere la ripartizione del materiale in ingresso in cumuli di residui omogenei per lo stoccaggio provvisorio. Lo stoccaggio avviene in un bacino di contenimento in cui i materiali da destinati a recupero sono protetti dall'azione diretta degli agenti atmosferici ed umidificati periodicamente con irroratori automatici per l'abbattimento delle polveri

Fasi del processo

Le fasi del processo sono, dunque, le seguenti:

- *Stoccaggio temporaneo ed alimentazione impianto*: dopo lo stoccaggio nel bacino provvisorio, avviene l'alimentazione dell'impianto di recupero mediante pala gommata. Si evita così l'alimentazione diretta dagli autocarri e l'eventuale contaminazione dei materiali trattati. Per questa ragione, in questa fase viene effettuato anche un ulteriore controllo diretto del materiale destinato a trattamento, da parte dell'operatore addetto al funzionamento della pala. I detriti vengono quindi trasferiti alla tramoggia di carico e da lì al comparto di trattamento;
- *Secondo controllo di qualità*: nel passaggio dalla tramoggia di carico al comparto di frantumazione il materiale viene costantemente controllato da una telecamera. In caso di necessità, l'operatore può bloccare l'alimentazione e sottoporre il carico ad

un'ispezione visiva più accurata e al controllo dell'eventuale presenza di sostanze non idonee;

- *Gruppo di sgrossatura e frantumazione*: il materiale viene convogliato alla camera di frantumazione del mulino a martelli dopo essere passato attraverso un sistema di sgrossatura che evita l'invio alla frantumazione della frazione. Quest'ultima viene rimossa tramite nastro trasportatore e stoccata a cumulo con possibilità di diversificazione secondo due granulometrie (0/8 e 0/30 mm). Il mulino a martelli (ad urto) consente una riduzione granulometrica dei detriti ed il distacco accurato delle armature metalliche dal calcestruzzo. Quest'operazione è particolarmente importante: se il distacco dovesse avvenire solo parzialmente si vanificherebbe la possibilità di riciclo, poiché i blocchetti di calcestruzzo che rimangono collegati tra loro attraverso il tondino d'acciaio dovrebbero essere smaltiti in discarica, con la perdita di entrambi i materiali ed un doppio danno economico. Questa unità tecnica dell'impianto è corredata da un sistema di abbattimento polveri con nebulizzazione di acqua che garantisce il rispetto delle norme vigenti in materia di immissioni in atmosfera ed il recupero, in un tunnel che avvolge il nastro trasportatore primario, delle polveri che vanno ad aggiungersi alla frazione fine;
- *Deferrizzazione*: i materiali trattati vengono convogliati, tramite un estrattore orizzontale, ad un nastro trasportatore su cui che li trasferisce ad un deferrizzatore primario a nastro che separa il ferro per poi stoccarlo in un apposito cassone. Attraverso un altro nastro trasportatore, su cui è installato un secondo deferrizzatore, il materiale viene conferito alla successiva fase di selezione;
- *Selezione*: il materiale, già ridotto granulometricamente e privato della frazione ferrosa, viene inviato ad un vaglio vibrante primario a due piani multiforo che seleziona il materiale stesso a seconda della granulometria (0/20 mm, 20/30 mm, 30/70 mm, 0/70 mm). La frazione 0/20 mm viene sottoposta ad un'ulteriore selezione con un vaglio vibrante secondario che la suddivide in tre frazioni (0/6 mm, 6/12 mm, 12/20 mm) per essere destinata ad usi particolari (inerti per malte, conglomerati



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

cementizi e bituminosi). Contemporaneamente alla selezione si procede alla separazione in automatico (per differente peso specifico) delle frazioni leggere non idonee (carta, plastica, legno). Il sistema di selezione avviene per flottazione e attraverso un sistema di selezione dimensionale della sola frazione legnosa. Le frazioni leggere intercettate vengono stoccate in apposito contenitore per poi essere conferite in discarica controllata di categoria 1 (alla stregua di rifiuti speciali non pericolosi, assimilabili agli urbani), mentre il materiale legnoso viene avviato ad attività di recupero (Figura 13).

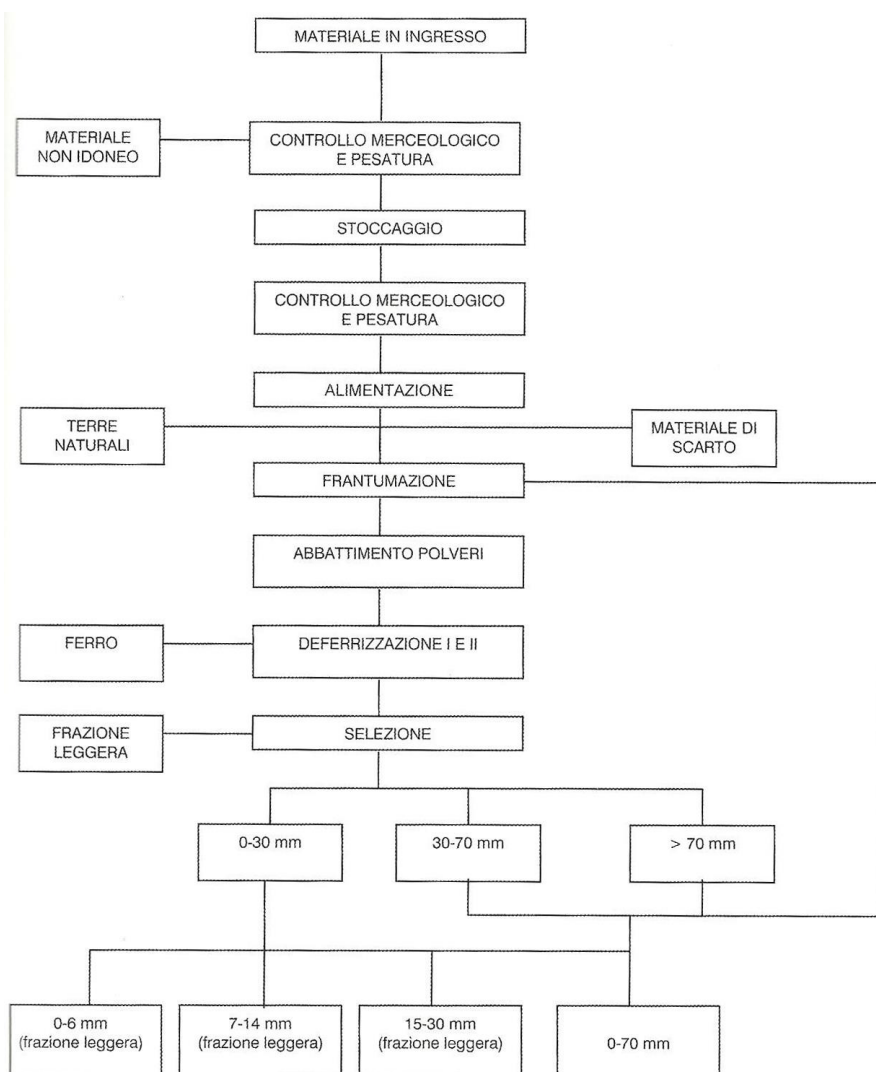


Figura 13: Schema di flusso di un impianto R.O.S.E. tipo. [Fonte: Longo, 2007]



La tecnologia R.O.S.E. è caratterizzata dall'automatizzazione impiantistica delle varie fasi che esclude qualsiasi intervento manuale nel trattamento dei residui e richiede solo tre o quattro operatori per un intero ciclo. Nella realizzazione degli impianti si presta particolare attenzione alla riduzione delle emissioni di particolato in atmosfera, a partire dalla prima fase di riduzione granulometrica delle macerie. A questo scopo, il gruppo di frantumazione si trova chiuso in una corazza che raccoglie le polveri ed il materiale frantumato per un successivo recupero. Al fine di captare totalmente la componente volatile viene predisposta, all'uscita del gruppo di frantumazione, una "camera di calma" che avvolge il nastro trasportatore primario garantendo la captazione del materiale fine. Qui la separazione delle particelle solide (particolato aerodisperso) dall'aria di scarico (fluido vettore) avviene sfruttando la riduzione di velocità del flusso d'aria e l'ispessimento in corrispondenza del tessuto filtrante di juta. Le emissioni di particolato vengono evitate tramite nebulizzazione d'acqua.

La riduzione dell'inquinamento acustico dovuto al funzionamento dell'impianto è garantita dall'adozione di accorgimenti attivi e passivi:

- L'eliminazione degli effetti di propagazione delle onde vibrazionali fra sistemi contigui attraverso l'adozione di una metodologia di frantumazione ed una conformazione della camera d'urto e fresatura in grado di contenere il livello di rumore;
- La schermatura esterna di tutte le unità impiantistiche e dei nastri trasportatori per garantire lo smorzamento delle onde sonore disturbanti (nonché delle polveri);
- L'adozione di rivestimenti di gomma su tutte le superfici metalliche delle altre fonti di rumore, localizzate nei punti di caduta e convogliamento del materiale lungo il ciclo di lavorazione ed in corrispondenza dell'accumulo dei residui metallici verso il cassone di stoccaggio provvisorio.

5.2 RECUPERO IN CANTIERE (IMPIANTI MOBILI)

Gli impianti mobili sono trasportati e lavorano nel sito di produzione dei rifiuti. Il vantaggio di questi impianti, soprattutto di quelli più piccoli adatti ai cantieri di dimensioni contenuti, sta

nella possibilità di macinare contemporaneamente alla fase di demolizione, in modo che gli aggregati possano essere riutilizzati all'interno dello stesso cantiere o comunque venduti a terzi per altri usi. Tipicamente sono installati nell'ambito di attività di riconversione e riqualificazione di aree di dimensioni tali da giustificare i costi e le tempistiche previste da questa modalità di recupero dei rifiuti. L'attività di demolizione è generalmente svolta dalla stessa impresa che gestisce l'impianto di recupero. Trattandosi generalmente di grandi demolizioni, tutte le attività di censimento e rimozione preventiva di rifiuti pericolosi sono tipicamente previste e svolte durante le fasi preliminari alla demolizione stessa. L'impresa, responsabile del materiale prodotto, effettua con la dovuta attenzione l'attività di selezione e allontanamento delle frazioni indesiderate, sotto il controllo della D.L. oltre che della committenza (ANPAR, 2018).

L'utilizzo di un impianto mobile per il recupero degli inerti direttamente in cantiere evita gli spostamenti di materiali, onerosi sia in termini economici che ambientali. Nel caso della demolizione selettiva, rappresentano il tipo di impianto più utilizzato, grazie alla possibilità di contenere i costi (Longo, 2007). L'utilizzo degli impianti mobili, tuttavia, deve essere corredato da attività di controllo e verifica della qualità dei materiali in entrata e in uscita, poiché la minor complessità del sistema tecnologico comporta un minor livello di controllo. Questi dispositivi, molto utilizzati per i costi inferiori in termini di spesa iniziale, di trasporto e di autorizzazione, sebbene molto versatili, sono infatti caratterizzati da minore produttività, bassa selettività dei materiali e limitato controllo di polveri e rumori rispetto agli impianti fissi. Il processo di riciclo è il medesimo di quello che avviene negli impianti fissi, ma la frantumazione può essere ripetuta in più fasi (Figura 14).

Gli impianti mobili sono caratterizzati da una certa semplicità progettuale e funzionale (Figura 15): sono costituiti essenzialmente da un gruppo frantumatore e da un gruppo di vagliatura. Solitamente la sequenza delle operazioni di valorizzazione comprende uno o più stadi di frantumazione a mascelle o ad urto, separazione magnetica dei materiali ferrosi, separazione ad aria delle frazioni più leggere ed infine classificazione. Permettono una

riduzione granulometrica semplice, senza consentire un ampio assortimento delle pezzature.



Figura 14: Schema di flusso degli impianti mobili tradizionali. [Fonte: Diotti A., Baronio S. (2018), "Indicazioni e criteri per l'utilizzo degli aggregati riciclati nel settore edile, stradale e ambientale", Rapporto Finale Collaborazione tra l'Associazione Regionale dei Costruttori Edili Lombardi (ANCE Lombardia) e l'Università degli Studi di Brescia]

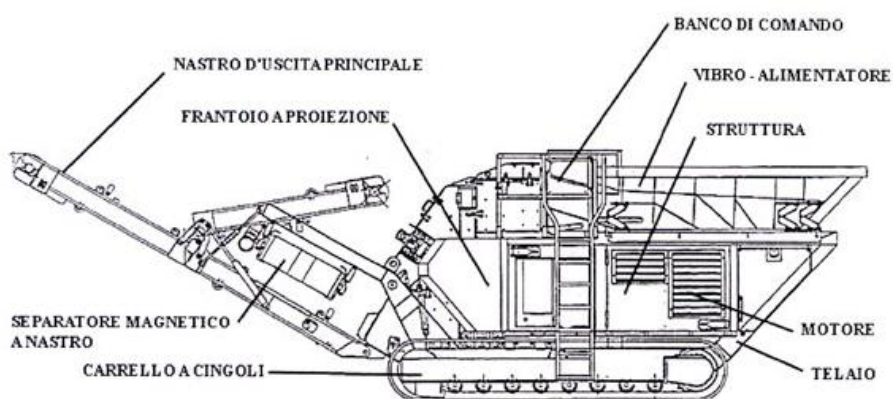


Figura 15: Impianto mobile tipo per il trattamento dei rifiuti inerti da C&D in cantiere. [Fonte: <http://www.rinacsrl.com/processo.php>]

La possibilità di usare frantoi primari e secondari migliora la qualità dei materiali macinati e permette una differenziazione granulometrica più precisa. Gli impianti mobili non necessitano di alcun operatore e vengono filo-telecomandati. La mobilità all'interno del cantiere è spesso assicurata da un carro di supporto cingolato, o in altri casi da un telaio

gommato. L'impianto può essere costituito da moduli, in grado di assolvere ad una o più funzioni di trattamento, che vengono assemblati in cantiere in base al ciclo di lavorazione previsto, con poche e semplici manovre. Questo aspetto garantisce elevata flessibilità a questi impianti, poiché la possibilità di disporre i macchinari in sequenza, permette di arrivare a garantire livelli qualitativi nella frantumazione comparabili con quelli degli impianti fissi. Normalmente questi impianti sono dotati di apparati per l'abbattimento delle polveri; gli impianti più recenti limitano anche l'impatto acustico. La variazione dimensionale fra le varie unità mobili influisce sulle dotazioni del macchinario: su una macchina di dimensioni maggiori è possibile installare dispositivi che garantiscono, in uscita, un prodotto qualitativamente superiore.

5.3 INNOVAZIONI PER IL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI TECNICHE E AMBIENTALI

Di seguito si riportano alcune esperienze innovative finalizzate a migliorare le prestazioni tecniche e ambientali dei processi di recupero della frazione inerte dei rifiuti da C&D.

5.3.1 *Recupero di legante e aggregati tramite frammentazione elettrodinamica del calcestruzzo*

Le tecnologie di frantumazione convenzionali, oltre a provocare la produzione di polveri immesse in atmosfera, comportano per il materiale calcestruzzo un processo di *downcycling*, poiché la qualità delle materie prime, a seguito di questo tipo di trattamento, tende a peggiorare, visto che la frantumazione meccanica non separa completamente il legante dagli aggregati.

La ricerca tecnologica più avanzata sul recupero del calcestruzzo, dunque, si focalizza sulla separazione degli aggregati di roccia dal cemento, al fine di recuperare gli inerti differenziandoli il più possibile dalla frazione del legante. Se si recuperassero inerti completamente privi di tracce di cemento, sarebbe possibile sostituirli a quelli naturali in qualsiasi tipo di calcestruzzo, non limitando il reimpiego ad applicazioni a bassi requisiti.

Inoltre, se si riuscisse a ricavare un composto di solo cemento dai residui di calcestruzzo, lo si potrebbe riutilizzare, riducendo così le emissioni di CO₂ dovute alla sua produzione. In questa prospettiva sono state realizzate due ricerche in Germania, entrambe basate sulla tecnica della frammentazione elettrodinamica.

Le sperimentazioni del Fraunhofer-Institut für Bauphysik di Holzkirchen

Una prima interessante esperienza è rappresentata dalla ricerca del *Gruppe der Betontechnologie* del Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) di Holzkirchen (Germania)¹⁸. La frammentazione elettrodinamica riesce a scomporre il calcestruzzo nei suoi singoli componenti, aggregati lapidei e cemento, differenziandoli completamente senza emissione di polveri e rumore. Nella sperimentazione sono state impiegate scariche elettriche applicate ad un solido, il provino di calcestruzzo, mentre normalmente si applicano a fluidi, aria o acqua. Al fine di ottenere che la scarica elettrica frantumi il calcestruzzo producendo l'effetto di un setaccio, sono stati sfruttati i risultati di ricerche sviluppate in Russia negli anni '40 che hanno dimostrato che la rigidità dielettrica – ovvero la resistenza che un solido o un liquido oppongono al passaggio di una scarica elettrica - non è una costante fisica, bensì varia in base alla durata della scarica: con lampi brevissimi, al di sotto dei 500 nanosecondi, l'acqua manifesta una resistenza dielettrica superiore rispetto alla maggior parte dei solidi. Nel riciclaggio del calcestruzzo, tale fenomeno viene sfruttato in questo modo: il calcestruzzo viene posto sott'acqua e si applica una scarica di 150 nanosecondi che tende ad evitare di attraversare l'acqua, preferendo colpire il materiale allo stato solido. Il "lampo" cerca infatti il percorso di minima resistenza, rappresentato dai confini tra le componenti, ossia nell'interfaccia tra la ghiaia e la massa pietrificata di cemento. I primi impulsi generati dalla macchina indeboliscono meccanicamente il materiale. Nel cemento si forma un canale di plasma, che cresce in un millesimo di secondo come un'onda di pressione dall'interno verso l'esterno. Il calcestruzzo viene così smembrato e separato nei suoi componenti. L'impianto

¹⁸ L'esperienza di ricerca viene descritta nell'articolo *Im Blitzgewitter: So wird Beton recyclingfähig* sul portale web della rivista DETAIL, all'indirizzo: <http://www.detail.de/architektur/news/im-blitzgewitter-so-wird-beton-recyclingfaehig-020174.html> (05/13).

di frammentazione realizzato in laboratorio (Figura 16) consente di trattare una tonnellata di calcestruzzo all'ora, ma si prevede di poter sviluppare ed immettere sul mercato un impianto analogo utilizzabile a grande scala.



Figura 16: I primi esperimenti condotti dal Fraunhofer-Institut applicati a piccoli provini di calcestruzzo. [Fonte:

http://www.ibp.fraunhofer.de/de/Presse_und_Medien/Forschung_im_Fokus/Archiv/Blitz_im_Buero.html]¹⁹

¹⁹ I campioni vengono collocati nel recipiente dell'impianto di separazione, il cui contro-elettrodo metallico agisce anche da setaccio. Successivamente, il contenitore viene inserito nella macchina. L'operatore imposta la forza degli impulsi elettrici ad alta potenza e attiva la macchina. Dopo il processo di separazione si elimina

Le sperimentazioni del F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde della Bauhaus-Universität di Weimar

Un ulteriore esempio di ottimizzazione delle tecnologie di riciclo di calcestruzzo e laterizio è rappresentato dalle ricerche del gruppo *Aufbereitung von Baustoffen und Wiederverwertung* del F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde della Bauhaus-Universität di Weimar²⁰, impegnato nel favorire la diffusione della pratica di recupero dei rifiuti inerti attraverso lo sviluppo di processi a basso impatto ambientale che diano prodotti di qualità superiore rispetto allo standard. Tra le diverse attività troviamo anche la messa a punto di un impianto mobile (Figura 17) capace di produrre un materiale con proprietà definite e riproducibili a partire da rifiuti inerti eterogenei.



Figura 17: Impianto mobile di trattamento dei rifiuti inerti, dotato di un vaglio, di un frantoio ad urto di un nastro magnetico per la separazione della frazione metallica. [Fonte: www.aufbaukoernungen.de/ziele.html]

Anche il gruppo di ricerca della Bauhaus-Universität ha sperimentato l'utilizzo di impulsi sonici ad alta frequenza per disaggregare i detriti di calcestruzzo, ottimizzando la separazione tra matrice cementizia e aggregati.

La triturazione elettro-idraulica si basa sul principio di trasformare l'energia elettrica in energia meccanica attraverso impulsi sonici, generati sott'acqua da una scarica elettrica distruttiva. Nel mezzo circostante si generano onde di pressione sonora che attraversano

l'acqua che ha reso possibile il trattamento. L'operazione va ripetuta poiché rimangono ancora piccole quantità di calcestruzzo integro. Nell'ultima immagine, il campione risulta ordinatamente separato nelle sue componenti. Le singole frazioni granulometriche vengono poi essiccate e setacciate.

²⁰ I risultati delle ricerche svolte con il coordinamento della Prof. A. Müller sono consultabili sui siti web: <http://www.uni-weimar.de/Bauing/aufber/index.html> e http://www.abw-recycling.de/en/index_en.html.

interfacce di diversa densità, ad esempio acqua e calcestruzzo, o aggregati e pasta di cemento, producendo interazioni positive e negative. Come risultato si creano forze di trazione e di compressione tra le interfacce, le quali distruggono il legame tra gli aggregati e la matrice. Durante il trattamento le particelle più fini vengono allontanate attraverso una perforazione sulla base del container. Nella sperimentazione, al fine di verificare gli effetti in termini di rottura e separazione, sono stati variati i diversi parametri elettrici. Il numero degli impulsi e il voltaggio influenzano soprattutto la riduzione delle dimensioni delle particelle e la qualità dei prodotti frantumati.

I risultati ottenuti dalla Bauhaus-Universität dimostrano l'efficacia dell'uso degli impulsi nel processo di frantumazione del calcestruzzo. Si è anche riscontrato che questo processo è più difficile per il calcestruzzo con medie prestazioni rispetto a quello con alte o basse prestazioni. Anche il tipo di cemento utilizzato influenza la conducibilità dell'acqua. Si è notato che il cemento con un basso contenuto di idrossido di calcio, come il cemento d'altoforno, si disgrega più facilmente mentre la presenza di agenti inquinanti influenza negativamente tutto il processo. In ogni caso l'aggregato secondario ottenuto con questo metodo presenta un minore contenuto di pasta di cemento nelle frazioni prodotte rispetto a quello presente negli aggregati riciclati ottenuti con i sistemi meccanici convenzionali di frantumazione.

5.3.2 *Produzione di un aggregato leggero dal riciclo del laterizio*

Un'altra esperienza di ricerca di rilievo è stata sviluppata dall'Arbeitsgruppe Recycling del F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde della Fakultät Bauingenieurwesen della Bauhaus-Universität di Weimar nel progetto *Aufbaukörnungen* (2009-2012) con lo sviluppo di un aggregato leggero di riciclo innovativo, realizzato recuperando macerie di murature in laterizio con l'aggiunta di un additivo espandente. Le macerie di laterizio, viene prima frantumata per ridurre la pezzatura, poi arricchita con un agente espandente ed infine granulata in un miscelatore che ne ricava piccole sfere. In un successivo trattamento termico in un forno rotante, i granuli vengono stabilizzati e contemporaneamente espansi. La quantità di agente espandente aggiunto influenza direttamente la densità. La quantità

aggiunta può variare tra un valore minimo di circa o anche inferiori $0,6 \text{ g/cm}^3$ ed un valore massimo di $1,8 \text{ g/cm}^3$ (Figura 18).



Figura 18: Aggregato leggero prodotto con l'aggiunta di diverse quantità di agenti espandenti.

[Fonte: http://www.abw-recycling.de/art/publik/Veroeffentlichungen_2013/2013_02_BFT_Ulm_Aufbaukoernung.pdf]

L'aggregato leggero così ottenuto ha un assorbimento d'acqua inferiore rispetto a quello delle argille espanse, alle quali è possibile confrontare l'aggregato per l'affinità della composizione e delle proprietà. Dal punto di vista della resistenza meccanica, invece, non c'è differenza tra le particelle dei due aggregati posti a confronto. L'aggregato riciclato rispetta tutti i parametri eco-tecnologici in modo costante ed affidabile (Figura 19). Oltre a ciò, il processo produttivo offre la possibilità di separare il gesso contenuto nei rifiuti destinati a riciclaggio grazie alla decomposizione termica.

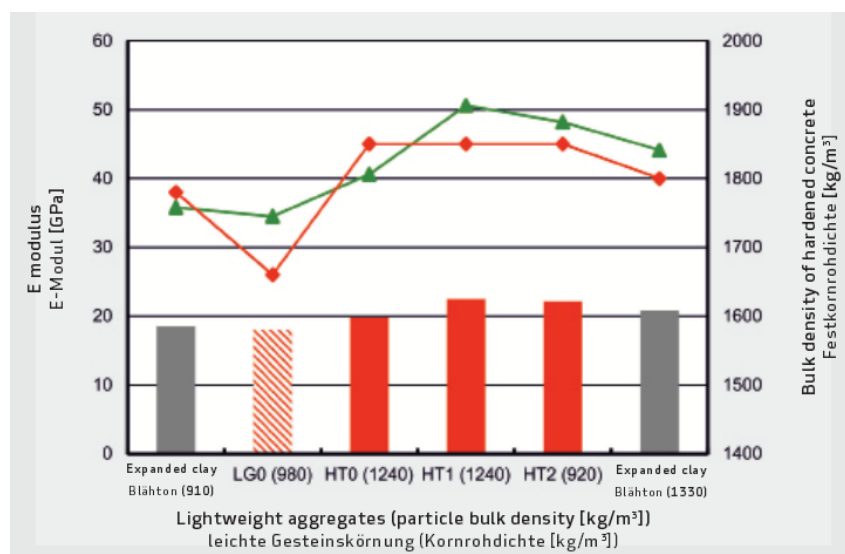


Figura 19: Assorbimento d'acqua e resistenza meccanica dei singoli granuli di aggregato leggero riciclato a confronto con le prestazioni dell'argilla espansa convenzionale. [Fonte: http://www.abw-recycling.de/art/publik/Veroeffentlichungen_2013/2013_02_BFT_Ulm_Aufbaukoernung.pdf]

Per testare l'idoneità dei granuli leggeri per l'uso previsto, come aggregato per calcestruzzo alleggerito, sono state condotte indagini su diverse miscele di CLS. Gli aggregati leggeri utilizzati per questo scopo sono stati prodotti in laboratorio o con esperimenti sul campo su piccola scala. I calcestruzzi alleggeriti testati hanno una curva granulometrica di A/B 8, un cemento CEM I 32,5 R ed un rapporto di 0,45 tra acqua e cemento. Il granulato di riciclo è stato impiegato in sostituzione di tutti gli inerti con granulometria superiore a 2 mm. Per gli inerti a grana più fine è stata aggiunta sabbia naturale. Si è tenuto conto del maggior assorbimento d'acqua dovuto ai granuli porosi con un'adeguata bagnatura del composto. Le prestazioni dei composti così ottenuti sono state confrontate con calcestruzzi disponibili in commercio contenenti argille espanse con massa e densità comparabile a quella dell'aggregato riciclato. L'indagine delle proprietà del calcestruzzo indurito (resistenza, modulo di elasticità, comportamento in fase di ritiro, carbonatazione, profondità di penetrazione dell'acqua, e resistenza al gelo) hanno dimostrato che i CLS realizzati con i granuli leggeri di riciclo raggiungono valori comparabili a quelle dei materiali di riferimento realizzati con argilla espansa convenzionale.

I test effettuati su blocchi in calcestruzzo e su elementi di calcestruzzo prefabbricati prodotti con i medesimi aggregati leggeri di riciclo in condizioni standard, e non sperimentali, confermano la buona performance degli innovativi aggregati leggeri.

I risultati del progetto²¹ dimostrano come sia possibile, attraverso una tecnologia di trattamento innovativa, realizzare un prodotto di alta qualità a partire da materiali di riciclo normalmente utilizzati solo per scopi secondari, ovvero sottoposti a *downcycling*. I granuli espansi ottenuti dalle macerie di muratura in laterizio, inoltre, vengono prodotti quasi totalmente senza l'aggiunta di materie prime vergini. L'unico prerequisito per ottenere tale *upcycling* è la disponibilità di una tecnologia adatta.

²¹ Gli esiti della ricerca sono riportati nel contributo: Müller A., Palzer U., *Aufbaukörnungen – Eine neue thermisch gebundene leichte Gesteinskörnung mit hoher Ressourceneffizienz- Leichtbeton [Lightweight aggregates – a new thermally bound lightweight aggregate of high resource efficiency - Lightweight concrete]*, in Atti del Convegno "57. Betontage – Concrete solutions, Neu-Ulm", 05-07 febbraio 2013.

5.4 CARATTERISTICHE DEGLI AGGREGATI RICICLATI IN FUNZIONE DEI DIVERSI RIUTILIZZI

Gli aggregati riciclati, provenienti dal trattamento dei rifiuti da costruzione e demolizione, devono rispondere ai requisiti di accettazione previsti dalle norme vigenti in materia tecnica (requisiti geometrici, fisici, chimici, di durabilità e geotecnici), ambientale (deve essere verificato che le impurità presenti e il rilascio di sostanze potenzialmente inquinanti siano inferiori ai limiti stabiliti) e di idoneità all'utilizzo, in base al tipo di prodotto e destinazione (quali opere edili, stradali e recuperi ambientali).

5.4.1 La certificazione degli aggregati riciclati

In ottemperanza alla direttiva europea sui prodotti da costruzione 89/106/CE, recepita in Italia con il D.P.R. n. 246 del 21 aprile 1993 ed applicata tramite il Decreto del Ministero delle Infrastrutture 11 aprile 2007, sono entrate in vigore le norme armonizzate riguardanti diverse categorie di aggregati (naturali, artificiali o riciclati), in base alle quali è fatto obbligo ai produttori di applicare la marcatura CE ai prodotti da costruzione. Questo porta un cambiamento sostanziale nel mercato, passando da un approccio prescrittivo ad un approccio prestazionale, in cui i vari materiali vengono classificati in funzione delle prestazioni tecniche che sono in grado di offrire, piuttosto che in funzione della loro provenienza.

Con l'introduzione del Regolamento n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio (CPR) del 9 marzo 2011 che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio) vengono inoltre indicate le modalità di valutazione della sostenibilità dei prodotti, attraverso la Dichiarazione Ambientale di Prodotto che consiste, in sintesi, in un'analisi del ciclo di vita del prodotto in cui si tiene conto dell'energia e delle risorse naturali impiegate. Il documento fondamentale nel nuovo regolamento è la Dichiarazione di Prestazione (DoP; artt.4, 5 e 6 del CPR) che deve essere redatta dal fabbricante, sotto la sua responsabilità, all'atto dell'immissione del prodotto sul mercato.

La dichiarazione di prestazione:



- è obbligatoria per tutti i prodotti coperti da una norma armonizzata;
- deve contenere informazioni sull'impiego previsto;
- deve contenere le caratteristiche essenziali pertinenti l'impiego previsto;
- deve includere le performance di almeno una delle caratteristiche essenziali;
- il fabbricante si assume la responsabilità delle prestazioni dichiarate.

Il nuovo Regolamento modifica le condizioni di accesso al mercato e, dal luglio 2013, i prodotti da costruzione, coperti da una norma armonizzata (e quindi soggetti all'obbligo di Marcatura CE) o sottoposti ad una Valutazione Tecnica Europea (ETA), potranno essere immessi sul mercato solo se:

- il fabbricante ha redatto la Dichiarazione di Prestazione (DoP) per il prodotto;
- i prodotti per i quali è stata redatta la DoP sono marcati CE;
- la costanza della prestazione del prodotto è stata verificata ed attestata.

L'utilizzatore del prodotto – sia egli l'installatore, il progettista, il direttore lavori – deve saper fare consapevolmente uso della DoP, per valutare l'idoneità del prodotto all'uso previsto.

Deroghe alla redazione della DoP sono concesse nei seguenti casi:

- il prodotto da costruzione è fabbricato in cantiere;
- il prodotto da costruzione è destinato ad opere di restauro;
- il prodotto da costruzione è fabbricato in un unico esemplare o su specifica del committente e installato da un fabbricante, responsabile della sua sicura incorporazione nell'opera di costruzione.

Il processo di Marcatura CE (per gli aggregati naturali) contempla due possibilità di attestazione con sistema 2+ e con sistema 4. Il sistema di attestazione 2+, che prevede la certificazione di controllo della produzione in fabbrica tramite un organismo approvato che verifica e certifica il sistema di controllo di produzione in Impianto, è richiesto per gli aggregati e filler per impieghi con alti requisiti di sicurezza.

Il sistema di attestazione 4 è richiesto per aggregati e filler per impieghi senza elevati requisiti di sicurezza; in questo caso, il produttore dopo aver fatto le prove e attivato il controllo della produzione in Impianto, può applicare la marcatura CE senza richiedere l'intervento di un Organismo Notificato. È bene sottolineare comunque, che le prove iniziali

richieste e le prove di controllo durante la produzione, sono le medesime sia per il sistema 2+ che per il sistema 4.

5.4.2 Norme tecniche e prove in relazione a tipo di utilizzo dell'aggregato

Per una corretta produzione dell'aggregato bisogna innanzi tutto identificare la tipologia di aggregati e quindi le norme tecniche a cui fare riferimento. Si riportano di seguito le norme tecniche di riferimento in relazione al tipo di utilizzo a cui è l'aggregato prodotto viene destinato:

- UNI EN 12620:2003: Aggregati per calcestruzzo
- UNI EN 13139:2003: Aggregati per malte
- UNI EN 13043:2004: Aggregati conglomerati bituminosi
- UNI EN 13055-1:2003: Aggregati leggeri per calcestruzzo e malte
- UNI EN 13242:2004: Aggregati per opere civili e stradali
- UNI EN 13450:2003: Aggregati per massicciate per ferrovie
- UNI EN 13383-1:2003: Aggregati grossi per opere idrauliche

Tutte le norme specificano le proprietà geometriche, fisiche, chimiche, di durabilità ecc., che devono avere gli aggregati prodotti e tutte le azioni da intraprendere per garantire un corretto controllo della produzione in fabbrica.

La Figura 20 riporta le prove previste dalle diverse norme UNI EN, la frequenza minima ed il metodo di esecuzione della prova stessa

Figura 20: Norme UNI EN di riferimento e Prove da effettuare sui materiali



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ
PER LA
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

Prova (categoria)	Norma UNI EN di riferimento						Frequenza minima di prova (quantità/ogni)	Metodo di prova
	12620	13242	13139	13043	13450	13285		
Granulometria (d/D)	X	X	X	X	X	X	1 settimana	UNI EN 933-1
Coefficiente di forma (FI)	X	X		X	X		1 mese	UNI EN 933-4
Coefficiente di appiattimento (SI)	X	X		X	X		1 mese	UNI EN 933-3
Contenuto di fini (passante allo 0.063) (f)	X	X	X	X	X	X	1 settimana	
Equivalente in sabbia (SE)	X	X	X	X			1 settimana	UNI EN 933-8
Valore di blu (MB)	X	X	X	X			1 settimana	UNI EN 933-9
Massa volumica ed assorbimento d'acqua dei granuli (MV - WA)	X	X	X		X	X	1 anno	UNI EN 1097-6
Reattività alcali - silice	X		X				1 anno	UNI 8520-22
Descrizione petrografica	X				X		1 tre anni	UNI EN 932-3
Sostanze pericolose (rilascio di metalli pesanti - idrocarburi policromatici)	X	X	X	X	X		1 tre anni	
Restenza alla frammentazione (Los Angeles) (LA)	X	X		X	X		2 anno	UNI EN 1097-2
Resistenza all'usura (Micro Deval) (MDE)	X	X		X	X		1 due anni	UNI EN 1097-1
Resistenza alla levigabilità (CLA) (VL)	X			X			1 due anni	UNI EN 1097-8
Gelo/Disgelo (F)	X	X	X	X	X	X	1 due anni	UNI EN 1367-1
Contenuto di cloruri (%Cl)	X		X				1 due anni	UNI EN 1744-1
Contenuto di carbonato di calcio (%CO ₂)	X			X			1 due anni	UNI EN 1744-1
Contenuto di conchiglie (SC)	X		X				1 anno	UNI EN 933-7
Contenuto di Zolfo totale (%S)	X		X				1-2 anno	UNI EN 1744-1
Sostanze organiche	X						1-2 anno	UNI EN 1744-1
Massa volumica in mucchio	X	X		X	X		1 anno	UNI EN 1097-3
Massa volumica apparente	X	X		X	X		1 anno	
Assorbimento d'acqua (%WA)	X	X		X	X		1 anno	
Contenuto di solfati (%AS)	X		X			X	1 anno	UNI EN 1744-1
Perdita al fuoco			X				1 settimana	
Percentuale di particelle frantumate (%C)	X	X		X			1 mese	UNI EN 933-5
Resistenza allo shock termico (VLA)				X			1 anno	UNI EN 1367-5
Affinità ai leganti bituminosi (%COP)				X			1 anno	UNI EN 1744-1
Sostanze zuccherine	X	X	X	X			1 cinque anni	UNI EN 1744-1
Contenuto d'acqua				X			2 settimana	
Solubilità in acqua				X			1 due anni	
Reattività all'acqua				X			1 due anni	
Contenuto di calce spenta				X			1 anno	
Permeabilità in permeametro						X	1 anno	
Formaz. Provini per permeabilità						X	1 anno	
Degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche	X	X	X				1 due anni	

6 VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA E BENEFICI AMBIENTALI DI RIUSO E RICICLO

6.1 UN QUADRO DI RIFERIMENTO PER LA SCELTA DELL'OPZIONE TECNICA PIÙ APPROPRIATA

Come dimostra la ricognizione di metodologie, tecnologie e buone pratiche sin qui riportata, la possibilità di utilizzare a materiali e componenti edilizi di recupero e materiali riciclati è rappresenta ormai una concreta opportunità per ridurre gli impatti ambientali associati agli interventi di nuova costruzione e riqualificazione. La possibilità di incorporarli nel progetto, però, dipende anche dalla volontà del committente e dall'impegno di progettista e appaltatore. Per individuare l'opzione tecnica più appropriata, e soprattutto per riuscire ad implementare concretamente in cantiere, è richiesto uno sforzo supplementare nel processo progettuale e realizzativo (Altamura, 2013).

Nella ricerca di materiali e componenti idonei e nella valutazione di soluzioni tecniche alternative è necessario innanzitutto compiere due step:

- La **valutazione dei benefici ambientali** (in particolare il risparmio di CO₂ incorporata, inclusa quella dovuta al trasporto) che possono derivare dall'impiego di materiali di riuso o riciclo;
- La **comparazione** dei benefici ambientali dei prodotti riutilizzati o riciclati **rispetto ad equivalenti prodotti nuovi**.

Per garantire la sicurezza e la convenienza dell'impiego di materiali di riuso o riciclo bisogna inoltre verificare i seguenti aspetti:

- Prestazioni, qualità e durabilità
- Modalità di installazione
- Garanzia del fornitore o del produttore (o del soggetto che si è occupato del trattamento del prodotto)



- Certificazione di un ente appropriato²²
- Assicurazione e responsabilità del fornitore
- Rapporto costo/valore del prodotto
- Descrizione da inserire nelle specifiche tecniche
- Procedura per l'acquisto, incluse garanzia di prezzo e tempi di consegna.

Nello scegliere di impiegare dei componenti di recupero, appare essenziale, inoltre, che il progettista si assicuri che siano rispettate le seguenti condizioni:

- Deve essere disponibile una fornitura adeguata, in termini di quantità, qualità e tempi di consegna, per i componenti da riutilizzare e per i materiali riciclati;
- Devono essere garantite le prestazioni e la durabilità dei prodotti da riutilizzare/riciclare, attraverso la certificazione da parte del produttore (ovvero del fabbricante del materiale riciclato o dell'operatore che ha ripristinato, riparato o sottoposto a *remanufacturing* il prodotto) oppure attraverso un'attestazione da parte di un membro del team di progettazione (ad esempio dell'ingegnere strutturista nel caso di riutilizzo di profilati in acciaio per la struttura portante);
- Deve essere individuato un appaltatore che sia disposto a lavorare con prodotti o materiali non standard.

Per poter scegliere tra le diverse opzioni tecniche in ottica circolare, dunque, sono necessarie delle valutazioni sulla fattibilità tecnica e sui benefici ambientali dei diversi scenari. Le tabelle qui riportate²³ riportano i livelli di fattibilità tecnica e benefici ambientali che caratterizzano le tre opzioni tecniche *riuso in sito*, *impiego di componenti di recupero/prodotti ripristinati*, *impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo* per i diversi elementi tecnici e componenti. Le classi di elementi tecnici prese in considerazione sono:

- Fondazioni e strutture di contenimento
- Strutture di elevazione

²² Ci riferisce a marchi come l'*FSC Recycled* o il *Remade in Italy*.

²³ Fonte: Altamura, 2015 traduzione e adattamento da Addis, 2005.



- Chiusure e partizioni
- Finiture ed attrezzature interne ed esterne
- Impianti meccanici ed elettrici

Fattibilità tecnica e benefici ambientali sono stati valutati con i punteggi *alto*, *medio* e *basso*, che sintetizzano i seguenti aspetti:

Fattibilità tecnica

Il punteggio tiene conto di molti aspetti tecnici ed esprime in sintesi la probabilità di successo nel caso di riuso in sito/impiego di componenti di riuso/impiego di materiali riciclati per l'elemento tecnico esaminato. Ciò non significa necessariamente che l'applicazione delle diverse opzioni tecniche sia già diffusa per quell'elemento. I livelli corrispondono quindi a:

- Alto: elevata probabilità di successo, motivata dal fatto che l'opzione tecnica per questo elemento è già largamente praticata, che esistono delle procedure e degli standard per realizzarla, che ci sono pochi ostacoli tecnici, che ci sono ampie forniture, che i costi sono ragionevoli.
- Medio: probabilità di successo media;
- Basso: scarsa probabilità che l'elemento sia riutilizzabile/che possa essere realizzato con componenti di recupero o con materiali riciclati.

Benefici ambientali

Gli effetti positivi del riuso e del riciclo sono, come già evidenziato, sui due fronti della riduzione dei rifiuti conferiti in discarica e della limitazione dell'*embodied energy* degli edifici attraverso la conservazione di quella incorporata nei componenti e materiali esistenti. I livelli corrispondono quindi a:

- Alto: elevati benefici ambientali dovuti al fatto che l'opzione tecnica in esame evita il conferimento in discarica di grandi quantità di materiali (in termini di massa o di volume) e permette di mantenere in uso componenti e materiali con un alto contenuto di energia incorporata.
- Medio: benefici ambientali medi;

- **Basso:** benefici ambientali scarsi, nel caso in cui per quel componente si utilizzino solo poche quantità rispetto al totale dei materiali impiegati nell'edificio.

Gli elementi tecnici che riportino per un'opzione il livello *alto* sia per la fattibilità tecnica sia per i benefici ambientali sono da considerarsi preferibili ed affidabili sia dal punto di vista tecnologico che delle sostenibilità ambientale. Al contrario, nel caso in cui per un'opzione tecnica il componente riporti entrambi i livelli *bassi*, quella soluzione sarà da prendere in considerazione solo come ultimo scenario.

Tabella 32: Valutazione della fattibilità e dei benefici ambientali delle opzioni di riuso e riciclo applicate ai principali elementi tecnici e componenti edili. [Fonte: Altamura, 2015 traduzione e adattamento da Addis, 2005]

Fondazioni e strutture di contenimento	Riuso in sito		Impiego componenti di recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali
Fondazioni						
Fondazioni a platea o a trave rovescia	Alto	Medio	Basso	-	Alto	Alto
Pali						
Pali in legno	Medio	Alto	Basso	Basso	-	-
Pali in cemento armato gettati in opera	Alto	Alto	-	-	Medio	Alto
Pali battuti in cemento armato	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-
Pali battuti in acciaio	Alto	Alto	Medio	Medio	-	-
Pali in lamiera d'acciaio	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Pali tubolari in acciaio	Alto	Alto	Medio	Alto	-	-
Pali a vite	Alto	Alto	Alto	Medio	-	-
Varie						
Materiale per riempimento	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Muri di sostegno	Medio	Alto	-	-	Medio	Medio
Gabbioni	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Muri di contenimento	Medio	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio
Geotessuti	Medio	Medio	Basso	Basso	Medio	Medio
Bentonite	Medio	Medio	Medio	Basso	-	-

Strutture di elevazione	Riuso in sito		Impiego di componenti di recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali
Muratura portante						
Tamponatura in mattoni con malta di calce	Alto	Alto	Alto	Medio	-	-
Tamponatura in mattoni con malta di cemento	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-
Tamponatura in blocchi di calcestruzzo (con malta di cemento)	Alto	Alto	Basso	Basso	Alto	Alto
Tamponatura in vetro-cemento	Alto	Alto	Medio	Basso	Medio	Medio
Muratura in pietra naturale a secco	Alto	Alto	Medio	Medio	-	-
Muratura rivestita con bugnato in pietra naturale	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Muratura rivestita con bugnato in pietra ricomposta	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Davanzali, architravi, copertine ed elementi decorativi in CLS prefabbricato	Alto	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto
Struttura in legno						
Telaio in legno (tradizionale)	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Travi da solaio in legno	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Capriate lignee (moderne)	Alto	Alto	Basso	Medio	Basso	Basso
Elementi in legno lamellare	Alto	Alto	Alto	Alto	Basso	Basso
Pannelli in legno	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Medio
Struttura in ferro/acciaio						
Colonne e travi in ghisa (periodo indicativo: prima del 1870)	Alto	Alto	Medio	Basso	-	-
Colonne e travi in ferro battuto (periodo indicativo: 1850-1880)	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-
Capriate in ferro battuto (periodo indicativo: prima del 1880)	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-

Strutture di elevazione	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Telaio in acciaio (periodo indicativo: dopo il 1880)	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Capriate in acciaio (periodo indicativo: dopo il 1880)	Alto	Alto	Medio	Basso	-	-
Calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato						
Telaio in C.A. gettato in opera	Alto	Alto	Basso	Basso	Basso	Medio
Cassaforme per C.A. gettato in opera	-	-	Alto	Medio	Medio	Medio
Telaio in C.A. prefabbricato	Alto	Alto	Medio	Medio	-	-
Blocchi / Tavelloni in C.A. prefabbricato	Alto	Alto	Basso	Medio	Medio	Medio
Solai						
Putrelle e voltine in laterizio	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-
C.A. prefabbricato e laterizi	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio
Solaio con lamiera grecata e getto di CLS	Alto	Alto	Medio	Basso	Medio	Medio
Lastre in C.A. prefabbricato	Alto	Alto	Medio	Basso	-	-
Solaio in lamiera grecata	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-

Chiusure e partizioni	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Elemento tecnico/ componente	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali
Coperture e facciate						
Rivestimenti						
Rivestimento in tavolati di legno	Medio	Medio	Medio	Alto	Basso	Basso
Rivestimento in lastre/pannelli	Medio	Medio	Basso	Medio	Basso	Basso
Rivestimento in lastre di metallo	Medio	Medio	Alto	Alto	-	-
Rivestimento in lastre di pietra	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-



Chiusure e partizioni	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Rivestimento in lastre di calcestruzzo	Medio	Alto	Basso	Alto	Basso	Medio
Rivestimento in lastre di ardesia	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio
Rivestimento in fogli di lamiera saldati	Medio	Medio	Medio	Basso	-	-
Tetto in paglia/canne	Basso	Basso	-	-	-	-
Impermeabilizzazioni						
Rivestimento cementizio	Alto	Medio	-	-	-	-
Rivestimento bituminoso (asfalto)	Alto	Medio	-	-	Alto	Alto
Rivestimento con applicazione di resine	Alto	Basso	-	-	-	-
Membrane per coperture	Medio	Basso	Basso	Basso	Alto	Alto
Membrane flessibili in feltro	Medio	Basso	Basso	Basso	Medio	Medio
Tamponature e partizioni						
Tamponature in pannelli rigidi (a base legnosa)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Basso
Tamponature in cartongesso	Alto	Medio	Basso	Medio	Medio	Medio
Tamponature in montanti e tavolati	Medio	Medio	Basso	Basso	-	-
Partizioni in pannelli/lastre	Medio	Medio	Basso	Basso	Medio	Medio
Isolanti						
Pannelli acustici	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Isolante termico	Alto	Alto	Basso	Basso	Alto	Alto
Isolante acustico	Alto	Alto	Basso	Basso	Alto	Alto
Infissi						
Facciata vetrata	Medio	Alto	Basso	Medio	-	-
Infissi e lucernai vetrati in legno	Medio	Alto	Alto	Medio	Basso	Basso
Infissi e lucernai vetrati in acciaio / alluminio	Medio	Alto	Alto	Alto	-	-
Infissi e lucernai vetrati in PVC	Medio	Alto	Basso	Basso	-	-
Lastra di vetro per infisso a vetro singolo	Alto	Alto	Basso	Basso	-	-
Vetrocamera per infisso	Alto	Alto	Medio	Basso	-	-

Chiusure e partizioni	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Veneziane	Medio	Medio	Alto	Basso	Basso	Basso
Porte						
Porte in legno e fibra di legno	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Basso
Porte in vetro	Alto	Basso	Alto	Basso	Basso	Basso
Schermi e porte a lamelle (senza vetro)	Alto	Basso	Alto	Basso	Basso	Basso
Porte di sicurezza e tagliafuoco	Alto	Basso	Medio	Basso	Basso	Basso
Scale						
Gradini e balaustre	Alto	Medio	Alto	Medio	Basso	Basso

Finiture ed attrezzature interne ed esterne	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Elemento tecnico/ componente	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali
Finiture						
Pavimenti flottanti	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Controsoffitti a quadrotti	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Pavimentazioni in cemento spatolato	Medio	Medio	-	-	-	-
Intonaci	Medio	Medio	-	-	-	-
Piastrelle dure	Medio	Medio	Basso	Alto	Medio	Medio
Piastrelle e lastre flessibili	Basso	Basso	Basso	Basso	Medio	Medio
Moquette incollata	Basso	Basso	Medio	Medio	Medio	Medio
Moquette a quadrotti	Medio	Basso	Medio	Medio	Medio	Medio
Strato di sottofondo per moquette	Basso	Basso	Basso	Medio	Medio	Medio
Tavolati di legno	Alto	Medio	Alto	Medio	-	-
Blocchi di legno	Alto	Medio	Alto	Medio	-	-
Tinteggiatura	Alto	Basso	-	-	Basso	Basso
Arredi e attrezzature interne						
Elementi architettonici decorativi in ferro battuto	Alto	Basso	Alto	Alto	-	-
Segnaletica	Medio	Basso	Basso	Basso	Alto	Medio
Caminetti	Alto	Medio	Alto	Alto	-	-
Arredi mobili	Alto	Medio	Alto	Alto	Medio	Medio
Arredi per cucina	Alto	Medio	Basso	Medio	Medio	Medio
Attrezzature per cucine	Alto	Medio	Alto	Alto	-	-
Sanitari						

Finiture ed attrezzature interne ed esterne	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
WC	Medio	Medio	Basso	Basso	-	-
Lavelli e vasche	Medio	Medio	Medio	Medio	-	-
Arredi e attrezzature esterne						
Pavimentazioni cordoli in pietra e	Alto	Alto	Alto	Alto	-	-
Pavimentazioni cordoli in CLS e	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Recinzioni e barriere	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
Arredo urbano	Alto	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Attrezzature per piantumazioni (vasi, etc.)	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio
Arredi per giardini e parchi	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
Attrezzature per aree ludiche	Alto	Basso	Medio	Basso	Medio	Medio

Impianti meccanici ed elettrici	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali	Fattibilità tecnica	Benefici ambientali
Impianti Meccanici						
Riscaldamento, raffrescamento e refrigerazione						
Accumulatori di calore	Basso	Medio	Medio	Alto	-	-
Pompe di calore	Medio	Medio	Alto	Alto	-	-
Sistemi di misura e controllo e	Medio	Basso	Medio	Basso	-	-
Ventilazione e condizionamento						
Ventilatori	Medio	Medio	Alto	Alto	-	-
Umidificatori	Medio	Medio	Medio	Alto	-	-
Condotti di distribuzione	Medio	Medio	Basso	Medio	Medio	Medio
Impianti per la movimentazione di liquidi, gas e rifiuti solidi						
Impianti idrici	Alto	Alto	Medio	Medio	-	-
Impianti per la movimentazione di vapore	Medio	Medio	Basso	Basso	-	-



Impianti meccanici ed elettrici	Riuso in sito		Impiego componenti recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
Impianti per stoccaggio e distribuzione di gas	Medio	Medio	Basso	Basso	-	-
Condotti per la distribuzione di gas	Medio	Medio	Basso	Basso	-	-
Impianti per la movimentazione di combustibile liquido	Medio	Basso	Basso	Basso	-	-
Impianti antincendio	Medio	Basso	Basso	Basso	-	-
Impianti per la movimentazione di rifiuti (frazione umida)	Medio	Medio	Basso	Medio	-	-
Impianti per la movimentazione di rifiuti (frazione solida)	Medio	Medio	Basso	Medio	-	-
Impianti per la movimentazione di rifiuti (frazione gassosa)	Medio	Medio	Basso	Medio	-	-
Tubazioni di drenaggio	Medio	Alto	-	-	Alto	Alto
Impianti Elettrici						
Macchinari elettrici e impianti di illuminazione						
Dispositivi per lo stoccaggio di energia	Medio	Alto	Alto	Alto	-	-
Dispositivi per la trasformazione di energia	Medio	Alto	Alto	Alto	-	-
Motori elettrici	Medio	Alto	Alto	Alto	-	-
Dispositivi per l'utilizzo di energia	Medio	Alto	Basso	Alto	-	-
Dispositivi per la distribuzione di energia	Medio	Medio	Basso	Medio	-	-
Cavi di distribuzione	Medio	Medio	Basso	Medio	Basso	Basso
Terminali di utilizzo (prese, etc.)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Terminali di utilizzo (punti luce, etc.)	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Impianti informatici e per la telecomunicazione						
Impianti per la sicurezza informatica	Basso	Basso	Basso	Basso	-	-
Impianti per la domotica	Basso	Basso	Basso	Basso	-	-
Cavi di comunicazione	Basso	Basso	Basso	Basso	-	-
Impianti di sollevamento						

Impianti meccanici ed elettrici	Riuso in sito		Impiego di componenti di recupero/prodotti ripristinati		Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo	
	Medio	Alto	Medio	Alto	-	-
Ascensori	Medio	Alto	Medio	Alto	-	-
Scale mobili e montacarichi	Medio	Alto	Basso	Alto	-	-
Motori elettrici	Medio	Alto	Alto	Alto	-	-

Esaminiamo separatamente le tre opzioni tecniche, andando a rilevare per ciascuna gli elementi tecnici che riportano il livello *alto* sia per la fattibilità tecnica sia per i benefici ambientali.

Riuso in sito

L'opzione della conservazione dell'elemento tecnico in interventi di sostanziali modifiche del fabbricato è da considerarsi sempre preferibile, se le prestazioni residue dell'elemento sono sufficienti, per i seguenti gruppi di componenti:

- Pali di fondazione (in c.a. o in acciaio)
- Tamponature (in mattoni, blocchi di CLS, vetro-cemento)
- Murature (in pietra)
- Elementi decorativi in CLS prefabbricato
- Elementi strutturali in legno/legno lamellare/ghisa/ferro battuto/acciaio/C.A. gettato in opera/ pre-fabbricato
- Solai in latero - cemento/ferro e laterizio/C.A. prefabbricato/acciaio
- Rivestimenti, pavimentazioni e cordoli in pietra
- Isolanti termici ed acustici
- Infissi a vetro singolo/vetrocamera
- Pavimenti flottanti
- Pavimentazioni e cordoli in CLS
- Impianti idrici.

Si può affermare, dunque, che il riuso in sito è da preferirsi per quasi tutti i componenti delle strutture portanti, soprattutto per gli elementi metallici e in calcestruzzo, materiali che hanno



la più alta energia incorporata. Anche per i diversi componenti in pietra citati è certamente preferibile l'opzione del riuso in sito, sia per le caratteristiche di durabilità che ne rendono affidabile il riuso, sia per significativi costi energetici di un'eventuale trasporto per riuso in altro.

Impiego di componenti di recupero/prodotti ripristinati

L'opzione dell'impiego di componenti di recupero provenienti da altri cantieri di demolizione o da *salvage yards*, e dell'impiego di prodotti ripristinati, è da considerarsi sempre preferibile, se sono rispettate le succitate condizioni (forniture sufficienti, garanzia della qualità e delle prestazioni, disponibilità dell'appaltatore ad utilizzare prodotti non standard) per i seguenti gruppi di componenti:

- Pali in lamiera d'acciaio
- Muratura rivestita con bugnato in pietra naturale
- Elementi strutturali in legno/legno lamellare
- Elementi strutturali in acciaio
- Rivestimento in lastre di metallo/pietra/ardesia
- Infissi e lucernai vetrati in acciaio / alluminio
- Pavimenti flottanti
- Elementi architettonici decorativi in ferro battuto/caminetti/arredi mobili
- Attrezzature per cucine
- Pavimentazioni e cordoli in CLS e in pietra
- Pompe di calore/ventilatori
- Dispositivi per lo stoccaggio/la trasformazione di energia
- Motori elettrici.

Risulta meno vantaggiosa, infatti, l'impiego di componenti con peso notevole, come tutti gli elementi strutturali in C.A., come anche quella di componenti dei quali si impiega solo una limitata quantità di esemplari (come nel caso delle porte, ad esempio, anche se in

determinati interventi il numero necessario può essere significativo, rendendo più conveniente l'opzione dell'impiego di porte di recupero).

Impiego di prodotti con contenuto di riciclato pre- o post-consumo

Il numero di elementi tecnici e componenti per i quali viene valutata l'opzione dell'impiego di prodotti fatti di materiali con contenuto di riciclato è limitato. Rispetto alle altre due opzioni tecniche, questo scenario, infatti, è decisamente più legato alle condizioni del settore industriale. Diversi prodotti non possono essere realizzati, o non lo sono attualmente, con materiali con contenuto di riciclato. Per gli elementi tecnici e i componenti in metallo, invece, l'opzione della scelta di prodotti con contenuto di riciclato non viene valutata per più ragioni: da una parte, il riciclaggio nella produzione dei metalli è un processo ormai consolidato e diffuso trasversalmente. La variazione della percentuale di riciclato, inoltre, è legata strettamente al processo di lavorazione, al singolo produttore e alle singole partite di metalli "nuovi": pertanto specificare un contenuto di riciclato particolarmente alto per un componente in metallo non significa incentivare il riciclo, bensì si ripercuote solamente sulla scelta del produttore per una specifica partita.

Ad ogni modo, si rileva che gli elementi tecnici per il quali risulta particolarmente vantaggiosa l'impiego di prodotti con contenuto di riciclato sono:

- Blocchi di calcestruzzo (con inerti riciclati)
- Rivestimenti in pietra ricompasta
- Davanzali, architravi, copertine ed elementi decorativi in CLS prefabbricato (con inerti riciclati)
- Rivestimento bituminoso (asfalto con inerti riciclati)
- Membrane impermeabilizzanti per coperture
- Isolanti termici/acustici
- Pavimentazioni e cordoli in CLS (con inerti riciclati)
- Recinzioni e barriere/arredi per giardini e parchi/tubazioni di drenaggio (in plastica riciclata).



Si sottolinea che, nelle fasi più avanzate di progettazione, queste valutazioni preliminari di riferimento devono essere approfondite tramite analisi di dettaglio, in particolare sul contenuto di *embodied energy* complessivo dei materiali ipotizzati per realizzare l'edificio o la parte interessata dall'intervento edilizio, e possibilmente anche con metodologie di valutazione degli impatti ambientali più complete (Life Cycle Assessment). Anche dal punto di vista della fattibilità tecnica, si ricorda che specifici vincoli tecnologici, legati alle particolari condizioni in cui ci si trova ad operare, specialmente se si lavora su un edificio esistente, possono comportare un livello di praticabilità diverso da quello qui proposto come riferimento. È opportuno, dunque, soprattutto nelle fasi più avanzate della progettazione, compiere delle valutazioni specifiche prima di scegliere definitivamente un'opzione tecnica o l'altra.

7 BIBLIOGRAFIA

PUBBLICAZIONI

Addis B. (2005), *Building with reclaimed components and materials*, Earthscan, London.

Adams K., Hobbs G., Yapp C. (2013), *Dealing with Difficult Demolition Waste: A Guide*, Building Research Establishment, Watford (UK).

Altamura P. (2015), *Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, FrancoAngeli, Milano.

Altamura P. (2013), "Gestione eco-efficace dei materiali da costruzione nel ciclo vita dell'edificio. Strumenti per la prevenzione, il riuso e il riciclo dei rifiuti da C&D", Tesi di Dottorato, "Sapienza" Università di Roma, Relatore E. Cangelli, Co-relatore S. Baiani.

ANPAR (2018), "Gli aggregati riciclati nelle opere edili pubbliche e private: le opportunità ambientali ed economiche", available at: <http://anpar.org/wp-content/uploads/2018/10/GLI-AGGREGATI-RICICLATI-Impaginato-def.pdf>

Antonini E., Donati V., a cura di (2004), "Il mattone ritrovato. Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma", available at: http://www.provincia.fe.it/download/manuale_inerti.pdf?server=sd2.provincia.fe.it&db=/internet/internet.nsf&uid=5ED98CB7F0A13752C1257507002A59C1.

Brunner P. (2011), "Urban mining: A contribution to reindustrializing the city", *Journal of Industrial Ecology*, 15 (3) (2011), 339-34.

Baccini P., Brunner P. (2012), "Metabolism of the anthroposphere: Analysis, evaluation, design" (2nd ed.), The MIT Press, Cambridge, MA.

CMB (2019), "Studio di fattibilità nell'ambito dell'economia circolare mirato al recupero degli scarti in edilizia", MISE (C.I.G. 7320972137), available at: www.mise.gov.it/images/stories/documenti/allegati/coop/SF_Recupero_ScartiEdilizia.pdf

ENEA, INEC, ACR+, European Environmental Bureau, ECOPRENEUR (2020), "European Circular Economy Stakeholder Platform (ECESP) Coordination Group - Leadership Group on Construction, Orientation paper", available at: <https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/leadership-group-construction.pdf>.

Gepts B., Meex E., Nuyts E., Knapen E., Verbeeck G. (2019), "Existing databases as means to explore the potential of the building stock as material bank", in Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 225.

Hobbs G., Adams K. (2017), "Reuse of building products and materials – barriers and opportunities", Proceedings of the International HISER Conference, 21-23 June 2017, Delft University of Technology, pp. 109-113.

Koutamanis A., Van Reijn B., Van Bueren E. (2017), "Urban mining and buildings: A review of possibilities and limitation", Resource Conservation and Recycling, 138, 32-39.

Lassandro P. (2004), "Riutilizzare i materiali edili", in Recycling - demolizioni e riciclaggio, n. 01, Edizioni PEI, Parma.

Longo D. (2007), *Decostruzione e riuso. Procedure e tecniche di valorizzazione dei residui edilizi in Italia*, Alinea, Firenze.

Luciano A., Cutaia L., Cioffi F. et al. (2020a), "Demolition and construction recycling unified management: the DECORUM platform for improvement of resource efficiency in the construction sector", Environmental Science and Pollution Research, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09513-6>

Luciano A., Reale P., Cutaia L., Pentassuglia R., Elmo G. Elmo G., Mancini G. (2020b), "Resources Optimization and Sustainable Waste Management in Construction Chain in Italy: Toward a Resource Efficiency Plan", Waste and Biomass Valorization 11(10), pp. 5405-5417

Regione Veneto (2012), "Linee Guida Modalità operative per la gestione dei rifiuti da attività di costruzione e demolizione", Allegato alla DGR 1773 del 28 agosto 2012.

Rose C.M., Stegemann J.A. (2019), "Characterising existing buildings as material banks (E-BAMB) to enable component reuse", in Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability, 172 (2019), pp. 129-140.

COMUNICAZIONI COMMISSIONE EUROPEA E NORME TECNICHE

Commissione Europea (2014), "Resource efficiency opportunities in the building sector", COM 445.

Commissione Europea (2011), "Roadmap to a resource efficient Europe", COM 571.

Commissione Europea (2020), “A New Industrial Strategy for Europe”, COM/2020/102 final.
Commissione Europea (2020), “A new Circular Economy Action Plan. For a cleaner and more competitive Europe”, COM/2020/98 final.

Commissione Europea (2019), “The European Green Deal”, COM/2019/640 final.

Commissione Europea (2018), “Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings”, available at:
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31521/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Commissione Europea (2016), “Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione”,
available at:
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/it/renditions/native>.

UNI, UNI/PdR 75:2020 “Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un’ottica di economia circolare”, disponibile all’indirizzo:
<http://store.uni.com/catalogo/uni-pdr-75-2020>.