



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in **Ingegneria Civile e Ambientale**

"Materiali da costruzione innovativi realizzati con rifiuti provenienti dalle macerie da demolizione, per uno sviluppo sostenibile del settore delle costruzioni"

"Innovative construction materials from demolition waste, for a sustainable development of the construction sector"

Relatore: Chiar.ma

Prof. ssa **Francesca Tittarelli**

Tesi di Laurea di:

Stefania Biancucci

A.A. 2020 / 2021

Prima di procedere con la trattazione, vorrei dedicare qualche riga a tutti coloro che mi sono stati vicini in questo percorso di crescita personale e professionale.

Un sentito grazie alla Prof.ssa Francesca Tittarelli per la sua infinita disponibilità e tempestività ad ogni mia richiesta.

Un grazie speciale a mio marito Andrea, la persona che più di tutte è stata capace di capirmi e di sostenermi nei momenti difficili. Grazie a te ho avuto il coraggio di mettermi in gioco e di capire che, in fondo, gli ostacoli esistono per essere superati.

Grazie ai miei figli e a tutta la mia famiglia perché senza di voi non sarei mai arrivata fino in fondo a questo difficile, lungo e tortuoso cammino.

Sommario

1. PREMESSA.....	7
2. INTRODUZIONE	1
3. CONCETTO DI C&D.....	3
3.1 TIPOLOGIA DI C&D	3
3.2 CLASSIFICAZIONE IN FUNZIONE DELLA LORO NATURA	4
3.3 GERARCHIA DEI C&D.....	5
4. I RIFIUTI DEL SETTORE EDILIZIO.....	11
4.1 INTRODUZIONE	11
4.1 I RIFIUTI DA C&D IN EUROPA.....	11
4.2 I RIFIUTI DA C&D IN ITALIA	14
4.3 LA SOLUZIONE È L'ECONOMIA CIRCOLARE.....	15
4.4 LA DEMOLIZIONE SELETTIVA.....	16
4.5 CESSAZIONE DELLA QUALIFICA DI RIFIUTO (END OF WASTE).....	18
4.6 REIMPIEGO DEI RIFIUTI	20
5. NORMATIVA RIFIUTI DA C&D	25
5.1 EUROPA.....	25
5.2 ITALIA	33
6. GESTIONE DEI C&D	35
6.1 PREMESSA GESTIONE DEI C&D	35
6.2 PROTOCOLLO UE PER LA GESTIONE DEI RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE	
36	
6.3 UNI/PdR 75/2020	38
6.4 GESTIONE C&D IN FASE PROGETTUALE.....	41
6.5 GESTIONE DEI C&D IN FASE ESECUTIVA	44
6.6 GESTIONE E GARANZIA DELLA QUALITÀ.....	52
6.7 PIATTAFORME DI APPROFONDIMENTO E DI CONSULTAZIONE DEGLI STAKEHOLDER	53
7. MATERIALI INNOVATIVI	57
7.1 PREMESSA.....	57
7.2 MATERIALI INNOVATIVI IN EDILIZIA.....	58
7.3. NANOTECNOLOGIA	68

7.4 MATERIALI AVANZATI	69
7.5 ESEMPI DI MATERIALI INNOVATIVI PROVENIENTI DA RICICLO DI C&D.....	70
7.6 I RIFLESSI DELL'INTRODUZIONE DEI NUOVI MATERIALI SUL PROCESSO PRODUTTIVO E SULLA ORGANIZZAZIONE DEL LAVORO	75
7.7 BUONE PRATICHE PER LA MINIMIZZAZIONE DEL PRELIEVO DI MATERIALE DA CAVA ED IL RECUPERO DEI RESIDUI DI CANTIERE	76
7.8 BUONE PRATICHE DI UTILIZZO DI MATERIALI PROVENIENTI DAL RICICLO DI RIFIUTI DA C&D NELLE INFRASTRUTTURE	78
8. CONCLUSIONI	81
8.1 STATO ATTUALE: TAVOLI DI LAVORO.....	81
8.2 CONCLUSIONI FINALI	84
8.3 CONCLUSIONI FINALI – CASO PRATICO	85
9. BIBLIOGRAFIA	89

1. Premessa

Il problema dell'eccessivo sfruttamento delle risorse naturali e delle emissioni di anidride carbonica in atmosfera da un lato e la grande quantità di rifiuti industriali non pericolosi annualmente smaltiti in discarica dall'altro, sono la forza motrice delle ricerche condotte per lo sviluppo di materiali sostenibili per il settore delle costruzioni e per l'industria.

I rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) sono il principale flusso di rifiuti nell'Unione Europea, pari a circa un terzo di tutti i rifiuti prodotti. Attualmente in Europa solo il 50% dei C&D viene riciclato. La corretta gestione del C&D e dei materiali riciclati, compresa la corretta gestione dei rifiuti pericolosi, può portare a notevoli benefici in termini di sostenibilità e qualità della vita, ma può anche offrire notevoli vantaggi per l'industria delle costruzioni e del riciclaggio dell'Unione Europea.

Oggi, le filiere di recupero e riciclo dei rifiuti provenienti dalle costruzioni sono una concreta opportunità per ridurre l'utilizzo di materiali non rinnovabili e ridurre gli impatti paesaggistici e ambientali.

Nasce così l'esigenza di sviluppare materiali e tecniche costruttive capaci di riorientare il settore in un'ottica di sostenibilità, ecologia e sicurezza.

In questo contesto, i materiali innovativi possono essere la risposta alla necessità di ridurre le problematiche ambientali imputate al settore delle costruzioni, sostituendo i materiali tradizionali ad alto impatto.

Lo studio affronterà nella prima parte la definizione dei rifiuti nell'edilizia tradizionale con riferimento alla nuova normativa europea e italiana; nella seconda parte si porrà l'attenzione sugli strumenti e sulle metodologie operative per migliorare la gestione dei rifiuti, ponendo particolare attenzione al potenziale riutilizzo o riciclo di alta qualità dei principali elementi ricavati dalla demolizione (contribuendo in tal modo allo sviluppo dell'economia circolare).

L'ultima parte dell'elaborato si focalizzerà sullo sviluppo dei materiali innovativi e sul contributo che questi possono fornire al settore delle costruzioni in termini di sostenibilità, sicurezza e qualità della vita.

2. Introduzione

In Italia, così come in Europa, la produzione di rifiuti è andata progressivamente aumentando, in conseguenza del progresso economico e dell'aumento dei consumi.

Il settore delle costruzioni è uno dei principali protagonisti della questione ambientale a causa dell'inarrestabile consumo del territorio, dell'alto consumo energetico e delle emissioni ad esso connesse.

Per tale ragione, un numero sempre maggiore di professionisti del settore e ricercatori cercano di risolvere questi problemi attraverso i principi dell'economia circolare, secondo cui i rifiuti non vengono smaltiti in discarica o inceneriti, ma sono riciclati, cioè riutilizzati come materiali che ritornano nel processo produttivo di nuovi beni.

Questi residui, che sono incorporati nel processo di costruzione, possono provenire dall'industria in generale o in particolare dal settore delle costruzioni stesso, vale a dire rifiuti da costruzione e demolizione (C&D).

Migliorare la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), puntando su alternative sostenibili quali il recupero (riciclo e riuso), può incidere significativamente sull'economia circolare “from cradle to cradle”) del settore edilizio. Questi obiettivi sono in linea con quelli di sviluppo sostenibile assunti dall'Unione Europea con l'Agenda 2030, e raggiungibili anche attraverso la transizione verso un'economia circolare, stabilita fin dal 2015 con il “Piano d'azione per l'economia circolare”.

La stessa Comunità Europea con la direttiva 2018/851/UE, che sostituisce la precedente del 2008, ha attribuito una notevole importanza, oltre che alla prevenzione ed allo smaltimento sicuro dei rifiuti, alle azioni volte ad aumentare il riciclaggio ed il riutilizzo.

Agli Stati Membri viene chiesto di impegnarsi affinché i materiali riciclabili non finiscano in discarica e in tal modo si vuole che entro il 2025 il riciclaggio dei rifiuti urbani sia di almeno il 50% in peso; quota destinata a salire al 60% entro il 2030 e al 65% entro il 2035.

In letteratura si trovano facilmente dibattiti riguardo la necessità di prevenire e di ridurre quanto più possibile, attraverso dei nuovi principi costruttivi, l'importo di rifiuti prodotti per la costruzione, la manutenzione e la demolizione di un edificio. Questi nuovi principi costruttivi devono prevedere prima di tutto la ridefinizione delle singole fasi (progetto, costruzione, uso e demolizione), per prevedere il quantitativo di rifiuti previsti, e un'attenzione particolare alla demolizione selettiva.

Infatti, perché il processo di riutilizzo sia più semplice e si diffonda, è indispensabile che tutta la filiera collabori. Dalla fase di progetto, per scegliere materiali con un ciclo di vita sostenibile, alla fase di demolizione, per facilitarne il recupero, alla fase della raccolta.

Con il seguente elaborato non ci si vuole focalizzare solo sull'importanza della prevenzione dei rifiuti nel ciclo di vita di una costruzione, ma anche sulle potenzialità di reimpiego dei rifiuti da costruzione e demolizione e sullo sviluppo e la progettazione di materiali innovativi intelligenti, realizzati con rifiuti provenienti dalla demolizione, capaci di rispondere alla necessità di riduzione delle problematiche ambientali imputate al settore delle costruzioni.

3. Concetto di C&D

Si definisce rifiuto, ai sensi dell'Articolo 183, comma 1, lettera a) del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152, qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore “si disfi” o “abbia deciso” o “abbia l'obbligo di disfarsi”.

Il comma 8 dell'art. 1 del d. Lgs. 152/2020, che modifica l'articolo 183 del d.lgs. 152/2006, introduce espressamente la definizione di “**rifiuti da costruzione e demolizione**” che sono definiti come “i rifiuti prodotti dalle attività di costruzione e demolizione” (lettera b-quater). L'obiettivo strategico per affrontare oggi il tema dei rifiuti è, come sottolineato dall' art. 1, comma 1, in attuazione dell'articolo 1, paragrafo 1 della direttiva 2018/851 (che modifica il campo di applicazione dell'articolo 177 del Codice dell'ambiente), quello di evitare la produzione dei rifiuti, sottolineando quanto tali previsioni costituiscano elementi fondamentali per il passaggio ad un'economia circolare in UE.

In questo contesto il rifiuto dev'essere visto come una risorsa economica da ricollocare nel ciclo produttivo, fintanto che non esaurisca la sua utilità economica.

3.1 Tipologia di C&D

Per una corretta gestione dei C&D generati in un'opera, è fondamentale identificare tipi e classi di rifiuti che potrebbero essere prodotti in essa. Pertanto si distinguono due tipologie di opere nel settore edilizio:

- Opere di nuova costruzione per uso residenziale, di servizio o industriale: le quantità e le caratteristiche dei C&D che vengono generati possono variare da un'opera all'altra, ma l'ottimizzazione della loro gestione dipende in larga misura dalle scelte effettuate in fase progettuale (dalla tecnica costruttiva, ai materiali impiegati preferendo quelli riciclati, dalla gestione del deposito, ecc...).
- Demolizione, riparazione o ristrutturazione di edifici ad uso residenziale, di servizio o industriale: le quantità e le caratteristiche dei C&D generati in esse sono molto variabili. La loro ottimizzazione richiede la preparazione di piani di gestione prima dell'inizio degli interventi con l'esecuzione di verifiche pre-demolizione. Una migliore raccolta di articoli per il riutilizzo e il riciclaggio richiede la demolizione selettiva e opportune operazioni in loco, come quella di eliminazione di rifiuti pericolosi, nonché la separazione di materiali che ostacolano il riciclaggio, compresi i materiali di

fissaggio, che massimizzi la possibilità di valorizzazione dei diversi flussi di materiali che saranno ottenuti (calcestruzzo, legno, metalli, ecc.).

3.2 Classificazione in funzione della loro natura

I rifiuti, secondo quanto disposto dall'art. 184, comma 1, del D.Lgs. 152/2006, devono essere classificati secondo l'origine in:

- rifiuti urbani
- rifiuti speciali

e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in:

- rifiuti pericolosi
- rifiuti non pericolosi.

La classificazione viene poi completata attribuendo al rifiuto il codice più idoneo del Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER), recentemente denominato Elenco Europeo dei Rifiuti (EER), in base alle attività e ai processi che hanno generato il rifiuto ed in base alle sue caratteristiche di pericolo.

I rifiuti da attività di costruzione e demolizione sono classificati come rifiuti speciali e possono essere pericolosi e non pericolosi.

I rifiuti pericolosi sono rifiuti costituiti o contaminati da sostanze pericolose; definiti come rifiuti che presentano una o più delle seguenti caratteristiche di pericolo, cioè “Esplosivo”, “Comburente”, “Infiammabile”, “Irritante – Irritazione cutanea e lesioni oculari”, “Tossicità specifica per organi bersaglio (STOT)/Tossicità in caso di aspirazione”, “Tossicità acuta”, “Cancerogeno”, “Corrosivo”, “Infettivo”, “Tossico per la riproduzione”, “Mutageno”, “Liberazione di gas a tossicità acuta”, “Sensibilizzante”, “Ecotossico” e “Rifiuto che non possiede direttamente una delle caratteristiche di pericolo summenzionate ma può manifestarla successivamente”.

Il regolamento (UE) n. 1357/2014 riporta le nuove caratteristiche di pericolo da attribuire ai rifiuti a partire dal 1° giugno 2015, rinominate con le lettere HP (al posto della precedente sigla H), per evitare la confusione con i codici identificativi di pericolo secondo il regolamento (CE) n. 1272/2008:

- HP1 esplosivo;
- HP2 comburente;
- HP3 infiammabile;

- HP4 irritante - irritazione cutanea e lesioni oculari;
- HP5 tossicità specifica per organi bersaglio (STOT)/tossicità in caso di aspirazione;
- HP6 tossicità acuta;
- HP7 cancerogeno;
- HP8 corrosivo;
- HP9 infettivo;
- HP10 tossico per la riproduzione;
- HP11 mutageno;
- HP12 liberazione di gas a tossicità acuta;
- HP13 sensibilizzante;
- HP14 ecotossico;
- HP15 "rifiuto che non possiede direttamente una delle caratteristiche di pericolo summenzionate ma può manifestarla successivamente".

I Rifiuti non pericolosi (RNP) sono i rifiuti che non contengono al loro interno sostanze considerate pericolose.

I Rifiuti inerti, come definiti dall'articolo 184, comma 3 lettera b) del D.Lgs. 152/2006, sono quei rifiuti solidi non pericolosi che per loro natura non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica, ovvero non si dissolvono, non bruciano, degradano naturalmente e non sono soggetti a reazioni fisiche o chimiche. Gli inerti, se non contaminati da altre sostanze pericolose, non hanno effetti nocivi sulla salute umana e non provocano inquinamento ambientale.

I rifiuti inerti includono una vasta categoria di materiali minerali granulari e particellari naturali, artificiali o riciclati da materiali edili.

Possono essere: sabbia, ghiaia, argilla espansa, vermiculite e perlite, quindi conglomerati cementizi, calcinacci, macerie, conglomerati bituminosi, cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, intonaci e tutti i residui di lavorazione non pericolosi che provengono da azioni di demolizione o da cantieri edili. Da questo elenco sono esclusi le terre e rocce da scavo.

3.3 Gerarchia dei C&D

I rifiuti di C&D possono essere suddivisi in tre categorie:

– **frazione riutilizzabile**: è costituita da quegli elementi che possono essere riportati alla loro forma precedente e riconvertiti direttamente alla loro funzione originale. Ne fanno parte, ad esempio, travi, finestre, inferriate di balconi, ecc. ;

– **frazione riciclabile:** è costituita dagli scarti riciclabili o dai rifiuti che, sottoposti a termodistruzione, forniscono energia. A differenza della frazione riutilizzabile, questa frazione non ha conservato né la forma né la funzione originarie;

– **frazione inutilizzabile:** è costituita dai componenti indesiderati presenti nel materiale da riciclare o dalle frazioni che contengono inquinanti, da conferire in discarica o trattare separatamente.

Nelle prime due categorie rientrano i rifiuti speciali non pericolosi, mentre la terza categoria fa riferimento ai rifiuti speciali pericolosi. Entrambe le tipologie vengono elencate nel Catalogo Europeo dei Rifiuti (CER).

Tale elenco è costituito da 20 capitoli, all'interno dei quali è possibile collocare qualunque rifiuto possibile, in funzione della fonte che lo ha generato.

Il capitolo 17 di suddetto catalogo è specifico per i rifiuti provenienti dalle operazioni di costruzione e demolizione.

Alcuni rifiuti generati nei processi costruttivi, come gli imballaggi, sono collocati in altri capitoli trattandosi di rifiuti comuni ad altri settori produttivi.

Il sistema di codifica CER si struttura in 3 livelli di disaggregazione: il primo livello, corrispondente ai capitoli, è rappresentato mediante un codice numerico a due cifre; il secondo livello, corrispondente ai sottocapitoli, è caratterizzato da un codice a 4 cifre che incorpora nelle prime due cifre il codice del capitolo al quale appartiene. Infine i rifiuti sono codificati con un codice numerico a 6 cifre che presenta il codice del sottocapitolo a cui appartiene.

I rifiuti pericolosi appaiono nell'elenco contrassegnati da un asterisco, e ad essi va anche attribuita una classe di pericolosità indicata con la sigla HP, seguita da un numero da 1 a 15.

Nella tabella 1 sono elencati e codificati secondo il CER i principali rifiuti pericolosi che possono essere generati in un processo edificatorio. Successivamente nella tabella 2 sono elencati e codificati secondo il CER i principali rifiuti inerti e non pericolosi che possono essere prodotti in un processo edificatorio.

RIFIUTI PERICOLOSI NEI PROCESSI EDIFICATORI	
Cod. CER	DEFINIZIONE
07. Rifiuti dei processi chimico organici	
07 07 01*	Soluzioni acquose di lavaggio e acque madri
08. Rifiuti della PFFU¹ di rivestimenti, adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa	
08 01 11*	Pitture e vernici di scarto, contenenti solventi organici o altre sostanze pericolose
13. Oli esauriti e residui di combustibili liquidi (tranne oli commestibili ed oli di cui ai capitoli 05 ,12 ,19)	
13 02 05*	Scarti di olio minerale per motori, ingranaggi e lubrificazioni, non clorurati
13 07 03*	Altri carburanti (comprese le miscele)
14. Solventi organici, refrigeranti e propellenti di scarto (tranne 07 e 08)	
14 06 03*	Altri solventi e miscele di solventi
15. Rifiuti di imballaggio²	
15 01 10*	Imballaggi contenenti residui di sostanze pericolose o contaminati da tali sostanze
15 02 02*	Assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi contaminati
16. Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco	
16 01 07*	Filtri dell'olio
16 06 01*	Batterie al piombo
16 06 03*	Batterie contenenti mercurio
17. Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco	
17 01 06*	Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche contenenti sostanze pericolose
17 02 04*	Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminate
17 03 01*	Miscela bituminosa contenenti catrame di carbone
17 03 03*	Catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04 09*	Rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
17 04 10*	Cavi, impregnati di olio, di catrame di carbone o di altre sostanze pericolose
17 05 03*	Terre e rocce, contenenti sostanze pericolose
17 05 05*	Fanghi di drenaggio, contenente sostanze pericolose
17 06 01*	Materiali isolanti contenenti amianto
17 06 03*	Altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
17 06 04*	Materiali isolanti contenenti diversi dalle voci 17 06 01* e 17 06 03*
17 06 05*	Materiali da costruzione contenenti amianto
17 08 01*	Materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
17 09 01*	Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
17 09 02*	Rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB ³
17 09 03*	Altri C&D, compresi rifiuti misti, contenenti sostanze pericolose
20. Rifiuti urbani inclusi i rifiuti della raccolta differenziata	
20 01 21*	Tubi fluorescenti ed altri rifiuti contenenti mercurio

Tabella 3.3.1. Rifiuti pericolosi (RP) più comuni nei processi costruttivi.

¹ Produzione, formulazione, fornitura ed uso

² Incluso assorbenti, stracci, materiali filtranti ed indumenti protettivi

³ Sigillanti, pavimentazioni a base di resina, elementi stagni in vetro e condensatori, contenenti PCB

RIFIUTI NON PERICOLOSI NEI PROCESSI EDIFICATORI	
Cod. CER	DEFINIZIONE
15. Rifiuti di imballaggio	
15 01	Imballaggi, compresi i rifiuti urbani di imballaggio oggetto di raccolta differenziata
15 01 01	Imballaggi incarta e cartone
15 01 02	Imballaggi in plastica
15 01 03	Imballaggi in legno
17. Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco	
17 01	Cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche
17 01 01	Cemento
17 01 02	Mattoni
17 01 03	Mattonelle e ceramiche
17 01 07	Miscuglio scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da 17 01 06*
17 02	Legno, vetro e plastica
17 02 01	Legno
17 02 02	Vetro
17 02 03	Plastica
17 03	Miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 03 02	Miscele bituminose diverse da quelle indicate da 17 03 01*
17 04	Miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04 01	Rame, bronzo, ottone
17 04 02	Alluminio
17 04 03	Piombo
17 04 04	Zinco
17 04 05	Ferro e acciaio
17 04 06	Stagno
17 04 07	Metalli misti
17 04 11	Cavi, diversi da 17 04 10*
17 05	Terra, rocce e fanghi da drenaggio
17 05 04	Terra e rocce, diverse da 17 05 03*
17 05 06	Fanghi di drenaggio, diversi da 17 05 05*
17 06	Materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto
17 06 04	Materiali isolanti diversi da 17 06 01* e 17 06 03*
17 08	Materiali da costruzione a base di gesso
17 08 02	Materiali da costruzione a base di gesso diversi da 17 08 01*
17 09	Altri rifiuti da costruzione e demolizione
17 09 04	Miscuglio di RCD diversi da 17 09 01*, 17 09 02* e 17 09 03*

Tabella 3.3.2. Rifiuti inerti e non pericolosi (RNP) più comuni nei processi costruttivi.

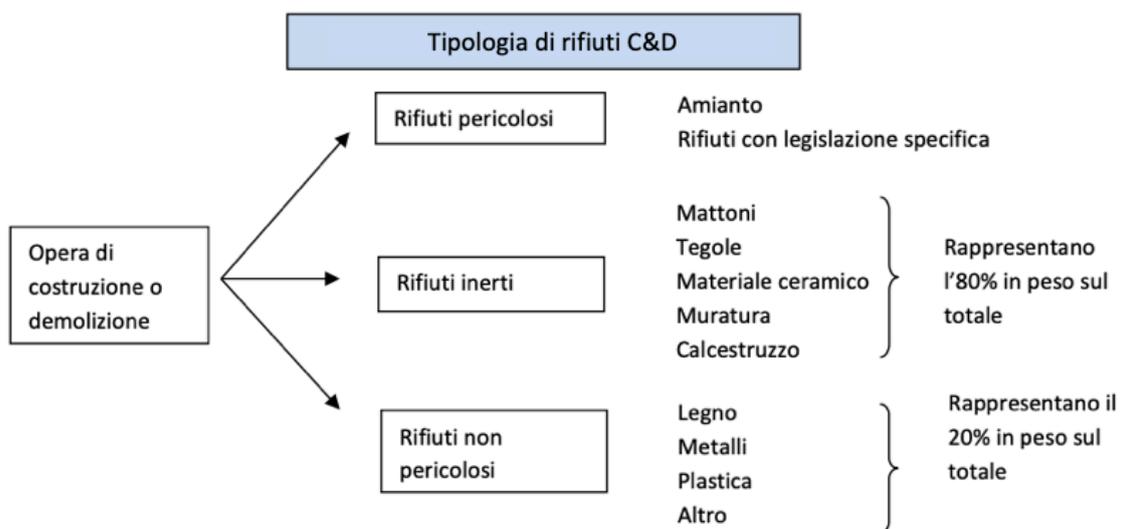


Figura 3.3.1. Schema distinzione tipologia di rifiuti

4. I rifiuti del settore edilizio

4.1 Introduzione

I materiali da costruzione e demolizione (indicati come C&D, Construction and Demolition), costituiscono una tipologia di rifiuti che comprende tutti gli scarti provenienti dalle diverse attività di: Costruzione, Manutenzione, Ristrutturazione, Demolizione di edifici, Opere civili, Infrastrutture di trasporto.

Difatti, durante i lavori di costruzione e di ristrutturazione di un edificio è inevitabile produrre dei rifiuti; questi materiali di scarto sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, conglomerati bituminosi fresati a freddo, intonaci, allettamenti.

Sono classificati rifiuti speciali in quanto composti merceologicamente da una parte di materiale inerte, che può essere avviato a smaltimento in apposite discariche, e da una parte di materiale pericoloso che deve essere trattato in modo diversificato in relazione alle proprie caratteristiche.

Sebbene la definizione di «*rifiuti da costruzione e demolizione*» si riferisca ai rifiuti risultanti da attività di costruzione e demolizione in senso generale, essa comprende anche i rifiuti derivanti da attività secondarie di costruzione e demolizione fatte da te effettuate nell'ambito del nucleo familiare. I rifiuti C&D dovrebbero essere corrispondenti ai tipi di rifiuti di cui al capitolo 17 dell'elenco di rifiuti stabilito dalla decisione 2014/955/UE nella versione in vigore il 4 luglio 2018.

Ogni anno si stima che in Europa si producano circa 500 milioni di tonnellate di C&D: Un problema di dimensioni enormi che ha un impatto significativo dal punto di vista ambientale e di costi per la collettività in termini di salute e spese per smaltimenti e bonifiche.

Migliorare la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), puntando su alternative sostenibili quali il recupero (riciclo e riuso), può incidere significativamente sull'economia circolare del settore edilizio.

4.1 I rifiuti da C&D in Europa

Nel 2016 il totale dei rifiuti prodotti dalle attività economiche e domestiche nell'UE-28 ammontava a 2.538 milioni di tonnellate.

Il settore delle costruzioni ha contribuito alla produzione di rifiuti per il 36,4 % del totale, seguito dalle attività estrattive (25,3 %), dalle attività dell'industria (10,3 %), dai servizi idrici e di gestione dei rifiuti (10,0 %) e dalle attività domestiche (8,5 %); il restante 9,5 % è rappresentato dai rifiuti prodotti da altre attività economiche e dall'energia.

Quindi, si osserva che i settori dell'industria e delle costruzioni generano il maggior volume di rifiuti, i quali, insieme, rappresentano il 46,7% di tutti i rifiuti prodotti in Europa (fonte Eurostat 2016).

Alla luce di questi risultati, il traffico di C&D si identifica come flusso prioritario di rifiuti da parte dell'Unione Europea, in quanto rappresenta il 36,4% della produzione totale di rifiuti nell'UE (Grafico 4.1.1). Questo costituisce circa 923 milioni di tonnellate di C&D generate nell'UE nell'anno 2016.

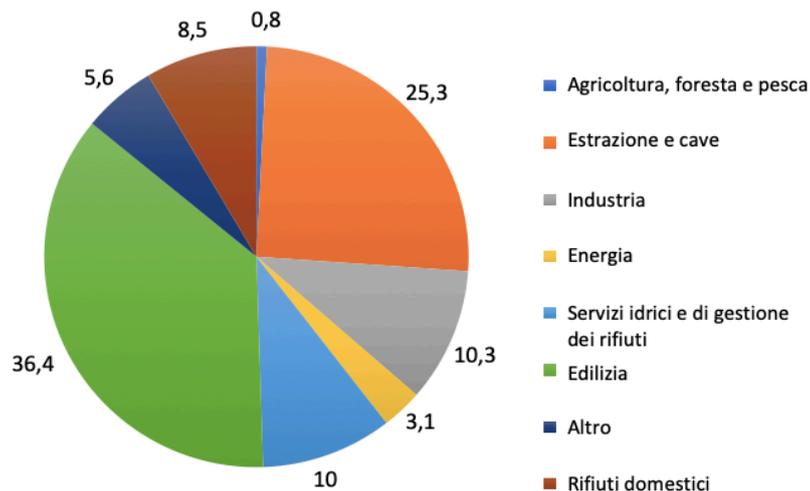


Grafico 4.1.1. Percentuale di rifiuti per ogni settore sul totale generato nell'UE (fonte Eurostat EU-28,2016)

Il quantitativo complessivo di rifiuti prodotti è in una certa misura legato alla dimensione demografica ed economica di un paese. Come risulta dalla tabella 4.1.1, i livelli più bassi di produzione di rifiuti sono generalmente registrati dagli Stati membri più piccoli dell'UE e quelli più elevati dai paesi più grandi. In Bulgaria e in Romania sono stati tuttavia prodotti quantitativi relativamente consistenti di rifiuti e in Italia si sono registrati invece quantitativi relativamente contenuti di rifiuti.

Generazione di rifiuti totali (kt)	
Paese	Totale
Austria	58.789
Belgio	59.219
Bosnia ed Erzegovina	6.125
Bulgaria	119.379
Repubblica Ceca	24.282
Cipro	2.453
Croazia	5.223
Danimarca	19.901
Estonia	23.945
Finlandia	121.504
Francia	311.306
Germania	361.550
Grecia	71.849
Irlanda	13.728
Islanda	1.059
Italia	137.308
Kosovo	2.856
Lettonia	1.850
Liechtenstein	502
Lituania	5.817
Lussemburgo	9.914
Macedonia	1.425
Malta	1.856
Montenegro	1.684
Olanda	136.231
Norvegia	10.864
Polonia	168.164
Portogallo	13.855
Romania	176.742
Serbia	48.928
Slovacchia	9.970
Slovenia	5.420
Spagna	114.633
Svezia	136.531
Regno Unito	261.545
Turchia	75.435
Ungheria	14.691

Tabella 4.1.1. Quantità di rifiuti totali generati nei diversi Paesi dell'UE nell'anno 2016 (fonte Eurostat EU-28,2016)

Le politiche UE di gestione dei rifiuti mirano a ridurre l'impatto dei rifiuti sull'ambiente e sulla salute e a migliorare l'efficienza delle risorse in Europa. L'obiettivo a lungo termine è di far diventare l'Europa una società del riciclaggio, che evita di produrre rifiuti e che, per quanto possibile, usa i rifiuti inevitabili come risorsa.

Lo scopo quindi è di conseguire livelli assai più elevati di riciclaggio e limitare l'estrazione di ulteriori risorse naturali. La gestione adeguata dei rifiuti è un elemento essenziale per garantire l'efficienza delle risorse e la crescita sostenibile delle economie europee.

4.2 I rifiuti da C&D in Italia

Secondo i dati forniti da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) la produzione di rifiuti speciali in Italia nel 2019 ha sfiorato la cifra di 154 milioni di tonnellate.

Di questi, il 45,5% è costituito dai rifiuti provenienti dal settore delle costruzioni e demolizioni (oltre 70 milioni di tonnellate) (figura 4.2.1), con un aumento del 20% nel 2018 rispetto al 2014.



Fig.4.2.1. Produzione di rifiuti speciali nel 2019 in Italia (fonte ISPRA-Rapporto rifiuti speciali ed.309/2019)

Ancora secondo Ispra, il recupero complessivo di materia nelle costruzioni raggiunge, nel 2019, il **78,1% del totale**. Il nostro Paese avrebbe dunque raggiunto gli obiettivi fissati dalla Direttiva Europea 2008/98/CE (e confermati anche dalla nuova Direttiva 851/2018), che prevedeva che il recupero di materiali da C&D dovesse raggiungere quota 70% entro il 2020. (Fig.4.2.2)

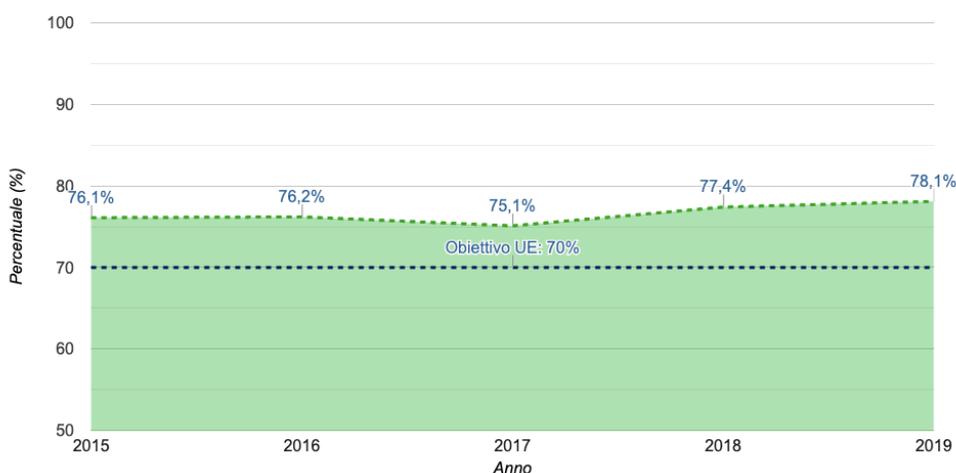


Fig.4.2.2. Percentuale di recupero di materiale C&D in Italia (fonte ISPRA-Rapporto rifiuti speciali ed.309/2019)

Purtroppo secondo Legambiente questi dati “non sono credibili”, in quanto nelle statistiche ufficiali vengono incluse solo le imprese di una certa dimensione.

La percentuale di recupero viene calcolata dall’Ispra attraverso le informazioni contenute nel Modello unico di dichiarazione ambientale (Mud), la cui compilazione è obbligatoria solo per i soggetti che effettuano operazioni di recupero e smaltimento di tali inerti, mentre le imprese di costruzione sono esentate, e quindi larga parte di queste non è tracciata nell’esito finale.

Oltre ai costruttori, sono esonerate dalla presentazione del Mud, , tutte le imprese che hanno meno di dieci dipendenti, di qualsiasi settore.

Quindi, “larga parte dei rifiuti da demolizione e ricostruzione oggi finisce in discarica e siamo ben lontani dall’obiettivo fissato al 2020 dall’UE”.

4.3 La soluzione è l’economia circolare

La gestione dei rifiuti è un elemento chiave dell’edilizia circolare perché permette di chiudere il cerchio e, recuperando, riciclando, riutilizzando quei materiali di scarto del processo edilizio dovuti alle fasi di costruzione e demolizione (C&D), li reimmette nel circuito, evitando così di estrarre nuove risorse vergini.

L’edilizia circolare inizia nelle primissime fasi del ciclo di vita di un edificio. Sia la fase di progettazione sia i processi di produzione incidono sull’approvvigionamento delle risorse, sul loro uso e sulla generazione di rifiuti (Figura 4.3.1).

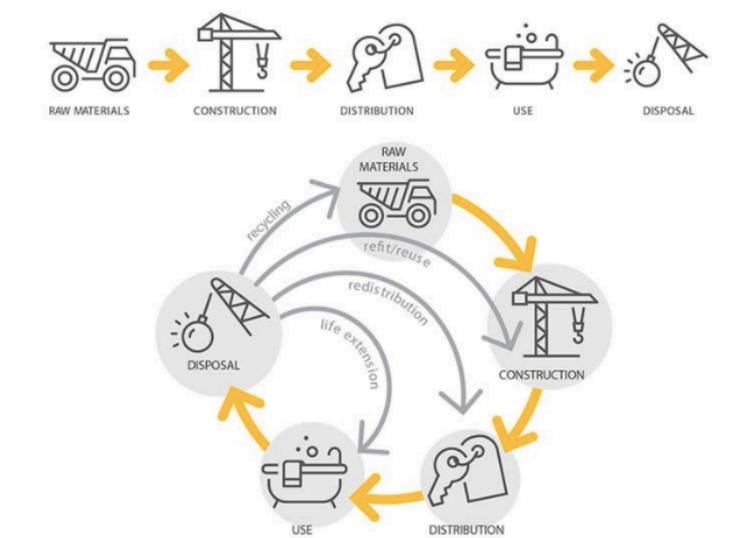


Figura 4.3.1. Confronto tra edilizia lineare e circolare (Fonte Infobuild-I rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) e l’edilizia circolare)

L’Agenzia Europea per l’Ambiente (EEA) ha pubblicato una breve nota informativa⁴ dove viene evidenziata la necessità di un maggior impegno da parte degli Stati membri per aumentare la prevenzione e il riciclo della grande quantità dei rifiuti prodotti dal settore delle costruzioni e delle demolizioni in Europa.

La nota sottolinea infatti come, ad oggi, molti dei flussi di materiale provenienti dal trattamento dei rifiuti da C&D non sono adatti per il riutilizzo o il riciclo di alta qualità, ostacolando così la piena transizione verso i principi dell’economia circolare.

Nella nota viene rilevato che una migliore prevenzione dei rifiuti da C&D e un riciclo di qualità superiore possano essere raggiunti solamente con l’attuazione di misure finalizzate:

- a rendere i materiali riciclati più competitivi in termini di costi rispetto ai materiali vergini;
- a fornire informazioni circa i materiali utilizzati negli edifici esistenti;
- a sensibilizzare gli utenti finali sulla qualità degli aggregati riciclati (prevedendo standard e passaporto dei materiali);
- a migliorare le modalità di demolizione.

4.4 La demolizione selettiva

In termini di sostenibilità, risultando essenziale la necessità di limitare il quantitativo di C&D prodotti, occorre che la fase prioritaria dell’intero ciclo di gestione sia rappresentata dalla demolizione di una struttura o di un edificio, in sintonia con l’idea della circolarità dell’uso di risorse e del riciclo di rifiuti.

In tal senso, è opportuno che sia massimizzato il riutilizzo dei componenti e dei materiali, potenziando l’adozione delle migliori tecnologie disponibili per il reimpiego e il recupero degli stessi.

Un trattamento adeguato di riciclo, finalizzato ad ottenere un materiale con caratteristiche qualitative che lo rendano idoneo al reimpiego, può avvenire dunque solo se preceduto da una demolizione selettiva che consenta di isolare frazioni monomateriali omogenei e adatti al trattamento, riutilizzabili o riciclabili, consentendo la valorizzazione dei rifiuti come materia prima seconda.

I prodotti della demolizione selettiva appartengono a diverse categorie: componenti o elementi riutilizzabili tali e quali; componenti o elementi reimpiegabili con funzioni differenti da quelle

⁴ “Rifiuti da costruzione e demolizione: sfide e opportunità in un’economia circolare”

originarie; materie prime seconde (Mps) reimpiegabili come materiali uguali a quelli d'origine dopo processi di trattamento, ma con diversa funzione e forma; materie prime seconde diverse dai materiali d'origine per forma e funzione, reimpiegabili dopo processi di trattamento come materiale diverso da quello d'origine.

Questo tipo di demolizione richiede, naturalmente, una riorganizzazione del cantiere edile, in cui le operazioni tradizionali vengono sostituite da operazioni di smontaggio, grazie ad un adeguato progetto di decostruzione, ad un'adeguata formazione del personale e alla predisposizione delle aree di stoccaggio per le diverse categorie di componenti, materiali e rifiuti. La demolizione selettiva generalmente può risultare più complessa e onerosa, in termini economici e di tempo: tuttavia lo scopo è quello di aumentare concretamente il livello di riciclabilità dei rifiuti inerti qualunque sia la configurazione di partenza dell'edificio secondo un approccio che privilegia l'aspetto della qualità del materiale ottenuto.

La prima regola per una demolizione selettiva ottimale consiste nel compiere la cosiddetta valutazione preliminare, la seconda nella rimozione e nel trattamento dei rifiuti pericolosi (bonifica), poi nello smontaggio dei componenti riutilizzabili, infine, nella demolizione selettiva dei materiali riciclabili (strip-out). Tutte queste fasi si compongono a loro volta di numerose sottofasi.

I vantaggi della fase di selezione della demolizione sono molteplici: è possibile riutilizzare i materiali di scarto, avere una minore quantità di rifiuti destinati in discarica, minori costi di trasporto e smaltimento, rifiuti omogenei e di maggior qualità, una migliore organizzazione del cantiere (in particolare nei centri storici cittadini dove si lavora spesso in spazi ristretti), una riduzione dei tempi di stoccaggio dei rifiuti in cantiere (quindi, tempi ridotti di cantiere e diminuzione di costi fissi).

Per contro, invece, si hanno tempi di demolizione mediamente più lunghi e maggior costo della manodopera.

In conclusione, si può affermare che la demolizione selettiva rispetto a quella tradizionale, contribuisce a ridurre l'impatto sull'ambiente delle lavorazioni edilizie grazie all'utilizzo di attrezzature meno invasive e rumorose, riduce i costi di smaltimento (in costante aumento) riduce i tempi di cantierizzazione (figura 4.4.1).

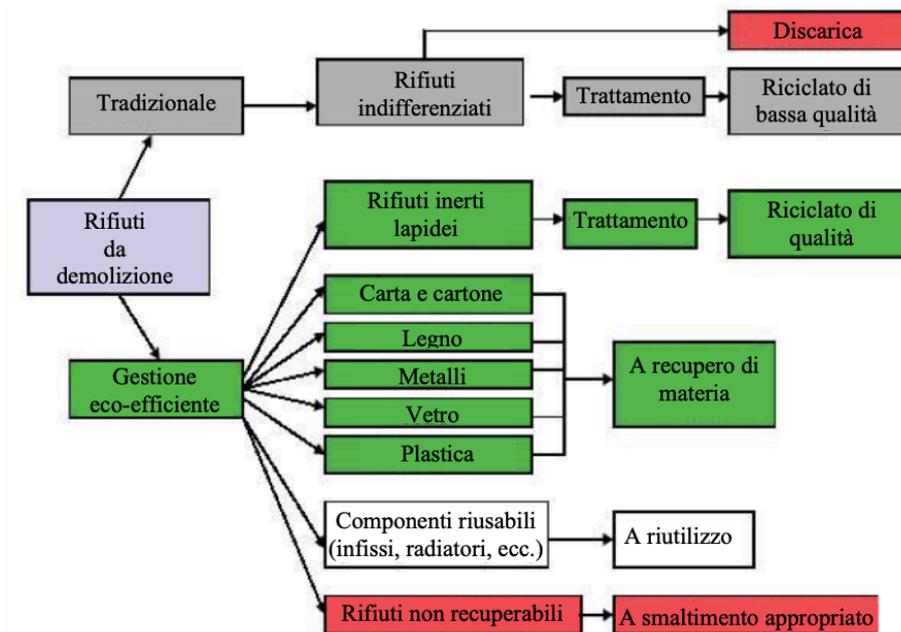


Fig.4.4.1. Schema comparativo di gestione rifiuti da C&D (Fonte: Corso di Produzione edilizia e Cantiere A.A. 2019-20 prof. Guido R. Dell'Osso)

4.5 Cessazione della qualifica di rifiuto (end of waste)

Per attuare l'economia circolare in vari settori industriali e soprattutto nell'edilizia è necessaria l'emanazione di uno strumento normativo che vada a regolamentare il settore del recupero dei rifiuti, con particolare riferimento alla cessazione della qualifica di rifiuto.

L'end of waste è la disciplina giuridica riguardante la cessazione della qualifica di rifiuto al termine di un processo di recupero.

E' quindi il processo che concretamente permette ad un rifiuto di tornare a svolgere un ruolo utile come prodotto. Non si riferisce al risultato finale, bensì al percorso che porterà a tale conclusione.

Il concetto di End of Waste (EoW) nasce in ambito comunitario con la direttiva 2008/98/CE del 19 novembre 2008, direttiva quadro in materia di rifiuti, modificata successivamente dalla nuova Direttiva (UE) 2018/851.

Un rifiuto cessa di essere tale (End of Waste), quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo, e soddisfatti i criteri specifici, da adottare nel rispetto delle seguenti condizioni (art. 184-ter del D.Lgs152/06):

1. la sostanza o l'oggetto sono destinati a essere utilizzati per scopi specifici;
2. esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
3. la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;

4. l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Nel caso della produzione di aggregati per le costruzioni (inclusi quelli dedicati a usi non strutturali come riempimenti e colmate) le prime tre condizioni sono soddisfatte in modo inequivocabile al momento in cui il produttore effettua la marcatura CE sulla base delle norme tecniche europee armonizzate (CEN).

L'operazione di recupero può consistere semplicemente nel controllare i rifiuti per verificare se soddisfano i criteri adottati caso per caso per specifiche tipologie di rifiuto.

I criteri dettagliati includono:

- materiali di rifiuto in entrata ammissibili ai fini dell'operazione di recupero;
- processi e tecniche di trattamento consentiti;
- criteri di qualità per i materiali di cui è cessata la qualifica di rifiuto ottenuti dall'operazione di recupero in linea con le norme di prodotto applicabili, compresi i valori limite per le sostanze inquinanti, se necessario;
- requisiti affinché i sistemi di gestione dimostrino il rispetto dei criteri relativi alla cessazione della qualifica di rifiuto, compresi il controllo della qualità, l'automonitoraggio e l'accreditamento, se del caso;
- un requisito relativo alla dichiarazione di conformità.

In mancanza di criteri specifici, continuano ad applicarsi, quanto alle procedure semplificate per il recupero dei rifiuti, le disposizioni di cui al decreto del Ministro dell'ambiente 5 febbraio 1998, e ai regolamenti dei decreti del Ministro dell'ambiente 12 giugno 2002, n. 161, e 17 novembre 2005, n.269.

La Legge 128 del 02 novembre 2019, ha modificato l'art. 184ter del Dlgs 152/06 che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto. Il comma 3 ter, introdotto dalla L. 128/2019 istituisce un sistema di controlli delle autorizzazioni la cui competenza è in capo al Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. L'ISPRA o le ARPA regionali hanno il compito di controllare a campione, *“la conformità delle modalità operative e gestionali degli impianti, ivi compresi i rifiuti in ingresso, i processi di recupero e le sostanze o oggetti in uscita, agli atti autorizzatori rilasciati nonché alle condizioni previste per la cessazione della qualifica di rifiuto, redigendo, in caso di non conformità, apposita relazione”*.

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), con Delibera n. 67 del 6 febbraio 2020, ha approvato le Linee Guida n. 23/2020 per l'applicazione della disciplina

“*End of Waste*” di cui all’art. 184 ter comma 3 ter del D. Lgs. n.152/2006 (Codice dell’Ambiente) e permettere ad ISPRA ed alle ARPA Regionali di operare le verifiche sugli impianti in modo omogeneo su tutto il territorio nazionale, definendo dei “Criteri condivisi per l’attività di controllo”, quali:

- La metodologia per la scelta del campione degli impianti da sottoporre a controllo
- La preparazione dell’ispezione
- L’esecuzione dell’ispezione
- I controlli sui rifiuti in ingresso
- I controlli sul processo di recupero
- I controlli sui prodotti in uscita

In accordo al Regolamento UE 305/2011 - detto CPR, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, anche gli aggregati di riciclo, come quelli naturali, devono essere marcati CE rispettando le caratteristiche minime fissate in funzione della destinazione d’uso.

4.6 Reimpiego dei rifiuti

I rifiuti C&D, composti per la quasi totalità da elementi che, per le loro qualità chimico-fisiche, si prestano benissimo al reimpiego nei settori dell’edilizia e delle infrastrutture, possono contribuire in maniera determinante a ridurre le impattanti estrazioni di materiali vergini dalle cave e a tagliare le emissioni del settore delle costruzioni.

Cosa particolarmente vera per le frazioni inerti come laterizi, calcestruzzi e sabbie, che in Italia una filiera ben strutturata e qualificata provvede ormai da anni a recuperare e trasformare in “aggregati riciclati” da destinare alle nuove costruzioni.

Una risorsa preziosissima per spingere un settore chiave come quello edile; strategico per l’economia ma anche tra quelli a maggiore impatto ambientale, verso modelli sempre più circolari.

Ad una prima analisi, come già detto in precedenza, i numeri sembrano avvalorare queste affermazioni.

Secondo l’ultimo rapporto Ispra, infatti, nel 2018 delle 59 milioni 800mila tonnellate di rifiuti da C&D generate in Italia (pari al 45% dell’intera produzione nazionale di rifiuti speciali) **più di 49 sono state avviate a operazioni di riciclo**, con un tasso di recupero dell’81%, di gran lunga superiore al target del 70% fissato dalle direttive europee in materia.

Un'autentica eccellenza dell'economia circolare italiana, se non fosse per il fatto che ad un'analisi più approfondita i dati di settore dipingono uno scenario di gran lunga **meno entusiasmante**.

I rifiuti da C&D, scrive infatti Ispra, «sono generalmente recuperati **in rilevati e sottofondi stradali**», ovvero operazioni che, per quanto abbiano una loro importanza, non riescono a sfruttare appieno il potenziale di quella inestimabile montagna di risorse.

Un problema che non è solo italiano, come dimostra un dossier dell'Agenzia europea dell'ambiente, secondo cui delle circa 400 milioni di tonnellate di rifiuti da costruzione e demolizione generate in Europa nel 2016, ultimo dato reso disponibile da Eurostat, una media dell'89% è stata sì avviata a recupero, ma quasi esclusivamente in forma di riempimento, visto che “il settore delle costruzioni – si legge nella ricerca – usa raramente materiali riciclati”.

Eppure quegli stessi rifiuti potrebbero contribuire a ridurre di netto le emissioni della filiera del cemento, allineandola agli ambiziosi obiettivi europei di decarbonizzazione fissati dal Green Deal: taglio delle emissioni del 55% entro il 2030 e neutralità carbonica al 2050.

Mantenendo ritmo e logiche attuali, si legge infatti nel dossier dell'EEA, entro il 2050, i materiali usati nel settore delle costruzioni genereranno ben 250 milioni di tonnellate di Co2, mentre già oggi il settore del cemento è da solo responsabile dell'8% delle emissioni globali. Eppure, secondo gli standard tecnici approvati a livello europeo, fino al 20% dei materiali vergini presenti nelle nuove malte può essere sostituito con scarti del cemento senza alterarne le proprietà fisico-chimiche.

Perché questo avvenga, scrive però il dossier, occorre rimuovere ostacoli a tutti i livelli della filiera. Ad esempio introducendo meccanismi fiscali che rendano non più convenienti le estrazioni di materiali vergini, inasprendo le tasse sui prelievi dalle cave e sullo smaltimento in discarica degli inerti, ad esempio, ma anche criteri end of waste che garantiscano uniformità qualitativa tra i prodotti derivanti dal riciclo dei rifiuti, vincendo la diffidenza che ancora oggi molti operatori nutrono nei confronti degli aggregati da recupero.

La maggior parte dei prodotti edili riciclati, ottenuti dal riciclo di polimeri, gomma, vetro, carta, legno e inerti è costituita da rivestimenti per pavimentazioni e per isolamenti termico e acustico e dai rivestimenti delle chiusure verticali. Il mercato dell'edilizia propone un numero consistente di prodotti riciclati che tende a crescere costantemente nel tempo: è dunque interessante accertare se un processo di riciclaggio può comportare un vantaggio sia di natura energetica che ambientale.

La riciclabilità di un prodotto da costruzione costituisce uno dei requisiti in molti recenti regolamenti edilizi e sistemi di valutazione dell'eco-compatibilità dell'edificio. E' indubbio che molti rifiuti possono essere potenzialmente riciclati: è sufficiente infatti che esista una tecnologia in grado di trasformare un rifiuto in una materia prima secondaria; ma affinché una tecnologia del recupero trovi applicazione e si sviluppi in un determinato territorio è opportuno considerare alcuni importanti aspetti:

- in primo luogo è necessario che in un distretto produttivo si vengano a creare le condizioni di base per poter sviluppare una vera e propria “filiera” del riciclaggio. Tali condizioni si sviluppano grazie alle iniziative messe a punto dalle pubbliche amministrazioni, oppure, mediante la nascita di consorzi tra aziende costruttrici, demolitrici, di trasporto etc., oppure, ancora, attraverso convenzioni siglate prima dell'inizio delle attività tra proprietà e imprese appaltatrici. In quest'ultimo caso è consuetudine che una delle aziende che si aggiudica l'appalto si assuma la responsabilità della raccolta, del trasporto e dello smaltimento di alcune categorie di rifiuti;

- un secondo aspetto di fondamentale importanza, che influisce sulla valutazione della riciclabilità di un prodotto, è legato al percorso che un rifiuto deve fare per essere riciclato. La fattibilità di un processo di riciclaggio, non può infatti prescindere dalle condizioni specifiche del contesto urbano e territoriale nel quale il cantiere è ubicato;

- un terzo fattore, estremamente rilevante, è rappresentato dalla differenza tra i costi delle materie prime naturali e i costi delle materie prime secondarie. Fino a quando i costi di approvvigionamento degli inerti naturali e i costi di produzione necessari per ottenere un prodotto finito saranno inferiori, o perlomeno identici, ai costi di recupero e di produzione di una materia riciclata, non vi saranno le premesse per lo sviluppo di un'attività di riciclaggio. In fase di demolizione i materiali prioritariamente destinati ad essere riciclati sono l'acciaio, l'alluminio e il ferro e ciò non è casuale. Questa priorità è ascrivibile al fatto che per i metalli è assolutamente competitivo il mercato del riciclato rispetto a quello dei metalli primari.

In generale, un investimento economico per l'introduzione di una tecnologia finalizzata al recupero, all'interno di un sistema di produzione esistente, è giustificato dalle aziende nel momento in cui si concretizzano le possibilità di ottimizzare i costi e, se possibile, di incrementare i guadagni. Laddove non vi sia la possibilità di ridurre i costi di produzione, dovrebbe essere la pubblica amministrazione a promuovere iniziative finalizzate alla diffusione dell'uso di materiali riciclati, attraverso contributi e incentivi, oppure mediante la

defiscalizzazione di oneri sostenuti dalle azienda per realizzare un impianto di recupero o un'opera; un ultimo aspetto da considerare riguarda le caratteristiche prestazionali del prodotto: come si è detto, il materiale riciclato dovrà rispondere a requisiti di qualità certificati da una marcatura CE, che ne garantiscano l'idoneità all'uso nel settore delle costruzioni. Per concludere, materiali, processi produttivi, demolizione o gestione del "fine vita" sono tutti aspetti che concorrono alla realizzazione di un progetto e alla sua complessiva sostenibilità ambientale, sociale ed economica.

5. Normativa Rifiuti da C&D

5.1 Europa

Le prime disposizioni emanate a livello comunitario in materia di rifiuti risalgono alla seconda metà del XX secolo.

La Direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti, approvata il 15 luglio 1975, fu adottata principalmente con lo scopo di porre fine alle disparità tra le disposizioni in applicazione nei vari Stati membri per lo smaltimento dei rifiuti. Il programma d'azione delle Comunità europee per la protezione ambientale, infatti, sottolineava la necessità di azioni comunitarie, compresa l'armonizzazione tra le diverse legislazioni, per la salvaguardia dell'ambiente e della salute umana.

Tale direttiva fu sostituita solo nell'aprile del 2006 dalla Direttiva 2006/12/CE, con lo scopo di far chiarezza sulla codificazione della precedente, dopo le numerose modifiche subite⁵.

Con la Direttiva 2006/12/CE gli Stati membri venivano invitati, oltre a provvedere in modo responsabile allo smaltimento e al recupero dei rifiuti, anche ad adottare misure intese a limitare la formazioni di rifiuti stessi, promuovendo tecnologie "pulite" e prodotti riciclabili e riutilizzabili, e a favorire il recupero dei rifiuti e l'utilizzazione dei materiali di recupero come materie prime, per preservare le risorse naturali. Tale direttiva definiva alcuni concetti basilari, come la nozione di rifiuto, recupero e smaltimento, e stabiliva gli obblighi essenziali per la gestione dei rifiuti, in particolare un obbligo di autorizzazione e di registrazione per un ente o un'impresa che effettui operazioni di gestione dei rifiuti e l'obbligo per gli Stati membri di elaborare piani per la gestione dei rifiuti.

Nel novembre 2008, entrava in vigore la Direttiva 2008/98/CE, nota anche come la "Direttiva Quadro Rifiuti", che abrogava e sostituiva la precedente Direttiva 2006/12/CE.

Questa direttiva stabiliva misure volte a proteggere l'ambiente e la salute umana prevenendo o riducendo gli impatti negativi della produzione e della gestione dei rifiuti, riducendo gli impatti complessivi dell'uso delle risorse e migliorandone l'efficacia.

Tale direttiva ribadiva l'applicazione della gerarchia dei rifiuti, che puntualizza un ordine di priorità della normativa e della politica in materia di prevenzione e gestione rifiuti.

⁵ Direttiva 91/156/CEE del Consiglio del 18 marzo 1991 modifica la direttiva 75/442/CEE relativa ai rifiuti.

La gerarchia assegna il primo posto alla prevenzione, seguita da preparazione per il riutilizzo, riciclaggio, recupero di energia e per ultimo smaltimento (Figura 5.1.1).



Fig.5.1.1. Gerarchia dei rifiuti; Art.4 Direttiva 2008/98/CE

Nell'applicare la gerarchia dei rifiuti, gli Stati membri si impegnavano ad adottare misure volte ad incoraggiare le opzioni che portavano al miglior risultato ambientale complessivo.

La Direttiva 2008/98/CE rifiuti nasceva anche dall'esigenza di precisare alcuni concetti basilari, essenziali per una corretta applicazione della normativa sui rifiuti e alcune definizioni fondamentali:

- «Rifiuto» qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi;
- «Rifiuto pericoloso» rifiuto che presenta una o più caratteristiche pericolose;
- «Produttore di rifiuti» la persona la cui attività produce rifiuti o chiunque effettui operazioni che hanno modificato la natura o la composizione di detti rifiuti;
- «Sottoprodotto» sostanza o oggetto derivante da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di tale articolo, a patto che certamente quest'ultimo sia ulteriormente utilizzato, o possa essere riutilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale, che sia prodotto come parte integrante di un processo produttivo o che il suo utilizzo sia legale;
- «Cessazione della qualifica di rifiuto» taluni rifiuti specifici che cessano di essere tali quando sono sottoposti ad operazioni di recupero incluso il riciclaggio e rispettano le seguenti condizioni:
 - a) La sostanza o oggetto è comunemente utilizzata per scopi specifici;
 - b) Esiste un mercato o una domanda per tale sostanza;

c) La sostanza o oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti;

d) L'utilizzo della sostanza o oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Assieme a fornire definizioni univoche, la Direttiva invitava gli Stati membri a codificare i rifiuti generati in modo univoco all'interno dell'intera Comunità. Con la decisione 2000/532/CE, ha istituito una lista europea di rifiuti, che include al suo interno anche i rifiuti pericolosi e tiene conto dell'origine e della composizione e, dove necessario, dei valori limite di concentrazione delle sostanze pericolose.

Dal 30 Maggio 2018, è attualmente vigente la Direttiva Rifiuti 2018/851/CE chiamato **“pacchetto europeo di misure sull'economia circolare”**, la quale introduce numerose e importanti modifiche, integrazioni e abrogazioni in materia di rifiuti.

Con tale Direttiva sono state apportate sostanziose modifiche alla direttiva rifiuti del 2008 sul presupposto che «la valutazione del ciclo di vita dei prodotti dovrebbe diventare la norma e il quadro normativo della progettazione ecocompatibile – finalizzato ad aumentare l'efficienza dei prodotti per ridurre il consumo di energia e di risorse – dovrebbe essere il più possibile ampliato», con un focus particolare al decisivo passaggio verso l'economia circolare.

Più in particolare, «al fine di creare un'autentica economia circolare, è necessario adottare misure aggiuntive sulla produzione e il consumo sostenibili, concentrandosi sull'intero ciclo di vita dei prodotti in modo da preservare le risorse e fungere da “anello mancante”. L'uso più efficiente delle risorse garantirebbe anche un considerevole risparmio netto alle imprese, alle autorità pubbliche e ai consumatori dell'Unione, riducendo nel contempo le emissioni totali annue dei gas a effetto serra»; inoltre «dovrebbero essere rafforzati gli obiettivi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativi alla preparazione per il riutilizzo e al riciclaggio dei rifiuti, affinché riflettano più incisivamente l'ambizione dell'Unione di passare a un'economia circolare».

Rafforzamento che viene attuato con l'art. 11 (Preparazione per il riutilizzo e riciclaggio) della direttiva 2018/851, fissando nuovi obiettivi con scadenze tra il 2020 e il 2035: in particolare è previsto il riciclo entro il 2025 per almeno il 55% dei rifiuti urbani (60% entro il 2030 e 65% entro il 2035) e parallelamente si vincola lo smaltimento in discarica (fino ad un massimo del 10% entro il 2035). Il 65% degli imballaggi dovrà essere riciclato entro il 2025 e il 70% entro il 2030. I rifiuti tessili e i rifiuti pericolosi delle famiglie (come vernici, pesticidi, oli e solventi)

dovranno essere raccolti separatamente dal 2025 e, sempre a partire dal 2025, i rifiuti biodegradabili dovranno essere obbligatoriamente raccolti separatamente o riciclati a casa attraverso il compostaggio.

La strategia a lungo termine è quella di coinvolgere le aziende nel realizzare prodotti con materiali nuovi, interamente riutilizzabili e che quindi non generino scarti, mentre quella a breve e medio termine è gestire gli scarti prodotti in modo più responsabile, attraverso il riutilizzo ed il riciclo.

Le nuove direttive puntano a migliorare l'ambiente, con una riduzione media annua delle emissioni di 617 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente.

Si attende, inoltre, anche un impatto positivo sull'occupazione, con almeno 500 mila posti di lavoro in più. Inoltre, l'economia circolare potrebbe fare da volano all'economia dell'area euro favorendo, secondo stime del Parlamento Europeo, una crescita del Pil fino al 7% in più entro il 2035.

Per il raggiungimento degli obiettivi imposti dalla Direttiva, gli strumenti vigenti nei Paesi dell'UE si basano su principi fondamentali:

Il principio della miglior opzione ambientale (art.4), cioè di minimizzazione degli impatti negativi sull'ambiente e sulla salute umana nel trattamento dei rifiuti;

Il principio di "responsabilità estesa del produttore", (art.14), che costituisce l'asse portante di questi obiettivi di economia circolare perseguiti dalla UE con l'intento di prolungare la vita dei prodotti (es. con il riutilizzo), ovvero di farli durare (es. con la riparazione) o di ritornare in vita (es. con il riciclaggio, anche multiplo); evitando, quindi, la formazione di rifiuti nel rispetto dei principi di precauzione e di tutela della salute e dell'ambiente nonché dei criteri di priorità nella gestione dei rifiuti.

Ciò vuol dire che i costi della gestione dei rifiuti, quindi dello smaltimento, trasporto ecc., vanno sostenuti da chi detiene il rifiuto, da chi lo ha detenuto in una fase precedente o, a ritroso, dal produttore del bene diventato rifiuto a fine ciclo. In questo contesto i costi per il conferimento in discarica di rifiuti dovrebbero essere aumentate per dimostrare il diretto rapporto tra il valore del materiale e il danno dovuto al suo smaltimento.

I principi di prossimità e autosufficienza (art.16), secondo cui ogni Stato membro si dota di una rete integrata e adeguata di impianti concepita in modo da consentire l'autosufficienza dell'UE nel suo complesso e dei singoli Stati nello smaltimento e nel

recupero di rifiuti urbani indifferenziati (La.Fem.Me, 2013). Per fare ciò i rifiuti devono essere gestiti il più vicino possibile al luogo di produzione.

Il principio di gerarchia Europea dei rifiuti (art. 4) esprime l'approccio da adottare nel trattamento dei rifiuti per minimizzare la quantità e massimizzare il recupero di materiali ed energia. In base a questo principio esiste un preciso ordine di priorità tra le diverse opzioni per la gestione di rifiuti, un ordine che va dalla: **Prevenzione, Preparazione per il riutilizzo, Riciclaggio, Recupero di altro tipo** (energia) e infine **Smaltimento in discarica** come ultima e residuale alternativa.

L'obiettivo della gerarchia è quello di far arrivare allo smaltimento la minor quantità possibile di rifiuti. La preparazione per il riutilizzo, e dunque il riuso, compare nella Gerarchia come seconda opzione, subito dopo la prevenzione, questo perché il riuso consente quasi sempre di minimizzare l'invio dei rifiuti in discarica e la produzione di CO₂, rispetto al riciclo che può richiedere l'utilizzo di molta energia.

Questo articolo è stato ampliato nella Dir. N.2018/851/UE, la quale ha introdotto un paragrafo nel quale stabilisce che gli Stati membri ricorrono a strumenti economici e ad altre misure per incentivare l'applicazione della gerarchia dei rifiuti.

Questi strumenti sono descritti nell'Allegato IV bis che contiene un elenco diretto ad incentivare la realizzazione dell'economia circolare con, ad esempio, tasse e restrizioni per il collocamento in discarica e l'incenerimento dei rifiuti che incentivano la prevenzione e il riciclaggio, lasciando il collocamento in discarica come opzione di gestione dei rifiuti meno preferibile e regimi di tariffe puntuali (pay-as-you-throw) che gravano sui produttori di rifiuti sulla base della quantità effettiva di rifiuti prodotti, etc. Inoltre, un'ulteriore raccomandazione agli Stati riguarda i sottoprodotti, cioè quegli scarti di produzione che possono essere gestiti come beni e non come rifiuti, se soddisfano tutte le condizioni previste dalla legge, con grandi vantaggi economici e gestionali. A riguardo, ciò che vuole trasmettere la nuova Direttiva è l'adozione di misure opportune per aiutare a riconoscere come sottoprodotto una sostanza o un oggetto derivante da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto e che non sia considerato rifiuto, bensì sottoprodotto se sono soddisfatte le condizioni di cui al medesimo articolo 5, paragrafo 1 della Direttiva 2008/98/CE, che disciplina i sottoprodotti.

Tali condizioni sono rimaste le medesime rispetto al precedente testo; la novità, invece, consiste nel prevedere che le stesse condizioni oggi “devono” sussistere obbligatoriamente affinché tali sostanze siano considerate sottoprodotti, al contrario, del precedente testo che prevedeva solo la “possibilità”.

Nella nuova Direttiva si rende, inoltre, obbligatorio adottare le misure necessarie, prima o durante il recupero, per eliminare le sostanze pericolose, le miscele e i componenti dai rifiuti pericolosi in vista del loro trattamento (comma 6).

Viene poi introdotto l'obbligo, entro il 31 dicembre 2023, di differenziare e riciclare i rifiuti organici alla fonte, senza miscelarli con altri tipi di rifiuti (comma 7).

Sono recepite (attraverso aggiunte o modifiche) le nuove definizioni di:

"rifiuto urbano", definito come:

a) rifiuti indifferenziati e rifiuti da raccolta differenziata prodotti in ambito domestico (compresi carta e cartone, vetro, metalli, plastica, rifiuti organici, legno, tessili, imballaggi, rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche, rifiuti di pile e accumulatori, e rifiuti ingombranti, ivi compresi materassi e mobili);

b) rifiuti indifferenziati e da raccolta differenziata provenienti da altre fonti che sono simili per "natura e composizione" ai rifiuti domestici (elencati negli Allegati L-quater e L-quinques del presente provvedimento). In tale ambito, sono anche inclusi, sebbene non richiamati, espressamente, dalle norme europee:

c) i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade e dallo svuotamento dei cestini portarifiuti;

d) i rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade ed aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua;

e) i rifiuti risultanti dalla pulizia dei mercati;

f) i rifiuti provenienti da aree cimiteriali, esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui alle lettere c), d) ed e).

Si precisa, come prevede la norma europea, che nei rifiuti urbani non rientrano:

g) i rifiuti della produzione, dell'agricoltura, della silvicoltura, della pesca, delle fosse settiche, delle reti fognarie e degli impianti di trattamento delle acque reflue, ivi compresi i fanghi di depurazione, i veicoli fuori uso, i rifiuti da costruzione e demolizione.

Rispetto a quanto già previsto dall'elenco dei rifiuti urbani vigente contemplato all'art. 184 del Codice (vedi infra), si introducono i rifiuti derivanti dalla pulizia dei mercati e dallo svuotamento dei cestini portarifiuti.

"rifiuto non pericoloso": rifiuto che non possiede alcuna delle caratteristiche di pericolo elencate nell'allegato I della parte quarta del Codice;

"rifiuto da costruzione e demolizione": rifiuti prodotti dalle attività di costruzione e demolizione; essa comprende anche i rifiuti derivanti da attività secondarie di costruzione e demolizione fatte da te effettuate nell'ambito del nucleo familiare. I rifiuti da costruzione demolizione dovrebbero essere intesi come corrispondenti ai tipi di rifiuti di cui al capitolo 17 dell'elenco di rifiuti stabilito dalla decisione 2014/955/Ue nella versione in vigore dal 04/07/2018.

"rifiuti alimentari": rifiuti biodegradabili di giardini e parchi, rifiuti alimentari e di cucina, prodotti ora anche da uffici, attività all'ingrosso, e mense, oltre che da nuclei domestici, ristoranti, servizi di ristorazione e punti vendita al dettaglio e rifiuti equiparabili prodotti dagli impianti dell'industria alimentare.

Questo elenco rappresenta il nuovo elenco dei rifiuti, di cui alla decisione 955/2014 alla parte quarta del Codice, redatto al fine di specificare che la corretta attribuzione dei codici dei rifiuti e delle caratteristiche di pericolo dei rifiuti è effettuata dal produttore sulla base delle linee guida redatte, entro il 31 dicembre 2020, dal Sistema nazionale per la protezione e la ricerca ambientale ed approvate con decreto del Ministero dell'ambiente.

Nel campo dell'edilizia, si stima che le emissioni di gas a effetto serra prodotte dall'estrazione di materiali, dalla fabbricazione di prodotti da costruzione e dalla costruzione e ristrutturazione degli edifici corrispondano ad una percentuale che va dal 5 al 12 % delle emissioni nazionali totali di gas a effetto serra. Una maggiore efficienza dei materiali potrebbe consentire una riduzione dell'80 % di queste emissioni.

Il futuro delle costruzioni passa anch'esso per l'innovazione ambientale. Attraverso la chiave dell'economia circolare diventa infatti oggi possibile guardare in modo nuovo al rilancio del settore, riducendo l'impatto degli interventi e spingendo il riciclo di materiali.

Le nuove Direttive europee, con il pacchetto sull'economia circolare, puntano su tali prospettive, aventi l'obiettivo di passare da un modello lineare, di grande impatto, a uno circolare.

In questo contesto, la gestione dei rifiuti diventa un elemento chiave, perché permette di chiudere il cerchio e, recuperando, riciclando, riutilizzando quei materiali di scarto del processo edilizio dovuti alle fasi di costruzione e demolizione (C&D), li reimmette nel circuito, con la concreta possibilità di ridurre l'impatto sugli ecosistemi e di aprire nuove opportunità di innovazioni di impresa, creazione di nuovi posti di lavoro e di ricerca applicata. La normativa europea nell'affrontare il tema dei rifiuti edili, pone alcuni principi, quali:

- la prevenzione, l'obiettivo è e rimane quello di ridurre la mole di rifiuti prodotti
- la riduzione, ancora meglio l'eliminazione, di tutte le sostanze tossiche presenti nei materiali da costruzione
- l'alta percentuale di riciclaggio, non solo quantitativa ma anche qualitativa
- l'abbattimento delle emissioni ad effetto serra prodotte dalla gestione dei rifiuti edili.

Con la Direttiva 2018/851/UE si modificano alcune definizioni e concetti contenuti nella precedente direttiva 2008/98/CE, anche con riferimento ai rifiuti da costruzione e demolizione. La nuova direttiva infatti stabilisce, riscrivendo l'art. 12, che gli Stati membri adottino misure intese a promuovere la demolizione selettiva al fine di consentire la rimozione e il trattamento sicuro delle sostanze pericolose e facilitare il riutilizzo e il riciclaggio di alta qualità tramite la rimozione selettiva dei materiali, nonché garantire l'istituzione di sistemi di cernita dei rifiuti da costruzione e demolizione almeno per legno, frazioni minerali (cemento, mattoni, piastrelle e ceramica, pietre), metalli, vetro, plastica e gesso.

Recuperare i rifiuti edili richiede di sostenere dei costi e la demolizione selettiva necessita l'utilizzo di macchine specializzate; tutto questo ha un costo che incide sui lavori da realizzare ma crea anche un beneficio economico in quanto si abbattano le spese legate allo smaltimento dei rifiuti in discarica, ed oltre a ciò, molti materiali potranno essere riusati, evitando l'acquisto di inerti naturali.

Il vantaggio non è solo economico ma anche ambientale.

Gli impatti ambientali prodotti dal settore delle costruzioni non si limitano alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione ma riguardano anche le emissioni in atmosfera.

La sfida climatica, nel settore edilizio, è collegata principalmente al consumo energetico e le soluzioni prospettate prevedono il passaggio alle energie rinnovabili e l'attuazione di misure di efficienza energetica.

5.2 ITALIA

In Italia è in vigore dal 26 Settembre 2020 il decreto legge n. 116/2020, che modifica il D.Lgs 152/2006 recependo le direttive europee sui rifiuti UE 2018/851.

Con l'entrata in vigore di questo decreto legislativo si è prodotta una svolta rilevante nel nostro paese sui temi dell'economia circolare e della gestione dei rifiuti.

Il recente recepimento delle direttive europee sull'economia circolare ha portato infatti ad una revisione strutturale del Codice dell'Ambiente del 2006 (Decreto Legislativo 152/2006 e smi) sotto vari aspetti. L'obiettivo è ridurre l'impatto ambientale dei prodotti attualmente sul mercato ed incentivare la produzione di articoli dal ciclo di vita più lungo e sostenibile. Insomma, bisogna concepire un oggetto pensando già al suo smaltimento e permettendone quanto più possibile il suo riutilizzo, la riparazione, il riciclo e il recupero di tutti i suoi componenti e dei materiali.

La principale innovazione consiste nel maggior numero di figure coinvolte nella gestione dei materiali e dei rifiuti e l'estensione delle responsabilità per lo smaltimento da parte dei produttori, per il quale il Ministero dell'Ambiente istituisce il Registro Nazionale. Il produttore mantiene quindi la responsabilità della corretta gestione del proprio rifiuto anche dopo averlo consegnato ai soggetti autorizzati al trattamento.

La responsabilità del produttore e del detentore di rifiuti non si esaurisce con obblighi documentali ma devono essere perfezionati con la gestione pratica dei rifiuti, a cominciare dalla codifica CER fino ad arrivare alla gestione del deposito temporaneo secondo nuovi criteri.

Gli adempimenti relativi ai registri di carico e scarico e dei formulari saranno definiti con appositi decreti di prossima emanazione e diverranno a compilazione cronologica, trovando sede in un **Registro Elettronico Nazionale per la Tracciabilità dei Rifiuti (RENTRI)**, gestito direttamente dall'Albo Nazionale dei Gestori Ambientali.

Viene prevista l'adozione, **entro il 31 dicembre 2020**, da parte del SNPA (sistema nazionale protezione ambientale) di **Linee Guida volte ad aiutare i produttori nel processo di classificazione dei codici rifiuto.**

Cambia, secondo l'articolo 183 del D.Lgs. 152/2006, la definizione di rifiuto urbano, che estende la **definizione di rifiuto urbano** ad alcuni rifiuti indifferenziati e da raccolta differenziata, cioè a quelli prodotti dalle attività riportate nell'allegato *L-quinquies* che sono **simili per natura e composizione** ai rifiuti domestici indicati nell'allegato *L-quarter*.

Tale modifica è rilevante solo ai fini del computo degli obiettivi di riciclo nazionale ed è entrato in vigore **a partire dal 1° gennaio 2021**. In sostanza, l'assimilazione dei rifiuti speciali a quelli urbani comporta che **nella percentuale di rifiuti che, da direttiva europea, l'Italia deve destinare al riciclo possono essere considerati sia i rifiuti urbani che quelli industriali**, mentre non va ad impattare sul soggetto che può gestire il rifiuto.

In materia di gestione dei suddetti rifiuti, il D.Lgs. 116/2020 introduce le seguenti novità:

- le aziende non sono obbligate a rivolgersi ad un gestore pubblico per il conferimento dei propri rifiuti e possono scegliere il privato (art. 198 del D.Lgs. 152/2006 comma 2-*bis*)
- le aziende che scelgono un operatore privato per la gestione dei propri rifiuti da avviare al recupero sono escluse dalla corresponsione della **componente tariffaria** rapportata alla quantità dei rifiuti conferiti (art. 238 del D.Lgs. 152/2006 comma 10)
- le aziende che scelgono un operatore pubblico saranno vincolate a tale operatore per un periodo non inferiore a cinque anni (art. 238 del D.Lgs. 152/2006 comma 10). Pertanto, dal privato si può disdire, dal pubblico, invece, prima dei 5 anni non è consentito.

A seguito della modifica dell'art. 184-ter, non è più prevista l'operazione di "preparazione al riutilizzo" tra le attività di recupero funzionali all'effettuazione di processi di "End of Waste". Si ricorda, in ogni caso, che "la preparazione per il riutilizzo" rimane un'operazione su rifiuto e necessita di apposita autorizzazione.

Sono introdotte nuove specifiche per tutti gli imballaggi che dovranno essere opportunamente etichettati in conformità alle norme UNI applicabili e in conformità alle determinazioni adottate dalla Commissione dell'Unione europea, per facilitarne la raccolta, il riutilizzo, il recupero ed il riciclaggio, nonché per dare una corretta informazione ai consumatori sulla destinazione finali.

6. Gestione dei C&D

6.1 Premessa gestione dei C&D

La gestione dei rifiuti è l'insieme delle politiche, procedure o metodologie volte a gestire l'intero processo dei rifiuti, dalla loro produzione fino alla loro destinazione finale coinvolgendo quindi la fase di raccolta, trasporto, trattamento (recupero o smaltimento) fino al riutilizzo/riciclo dei materiali di scarto, solitamente prodotti dall'attività umana, nel tentativo di ridurre i loro effetti sulla salute umana e l'impatto sull'ambiente.

Nel campo delle costruzioni, la materia è regolata da apposite normative e, a seconda della tipologia di rifiuto, si dovrebbe percorrere la strada più virtuosa per il suo smaltimento o, ancora meglio, per la sua gestione al fine di garantirne il riciclo/riutilizzo. Importante è anche l'approccio progettuale, che permetterebbe un ciclo virtuoso fin dal principio, con un uso razionale di risorse, l'utilizzo di materiali riciclabili e riciclati.

La gestione sostenibile dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), intesa come prevenzione, riuso, riciclo e/o corretto smaltimento, è un aspetto ormai indispensabile perché un cantiere possa essere definito "a basso impatto ambientale". Diversi enti locali italiani, oggi, stanno infatti aggiornando i propri regolamenti edilizi con l'introduzione di elaborati obbligatori specifici (Piano di Gestione dei Rifiuti di cantiere) che dimostrino una corretta e virtuosa gestione dei rifiuti in cantiere. Le nuove norme per gli appalti verdi in edilizia (i Criteri Ambientali Minimi - CAM - resi obbligatori dal "Collegato ambientale" e dal nuovo "Codice degli appalti") rafforzano inoltre la necessità, per i tecnici, di approfondire il quadro normativo in materia di rifiuti da C&D e di apprendere strategie e soluzioni tecniche per ridurre il volume. I CAM prevedono infatti l'obbligo di redazione di una "verifica pre-demolizione" e di un "piano di demolizione", nonché l'obbligo della demolizione selettiva e raccolta differenziata dei rifiuti da C&D con l'obiettivo minimo del 70% di riciclaggio.

Le finalità di una gestione eco-efficiente sono:

- conoscere in modo organico e completo il reale flusso dei rifiuti da costruzione e demolizione;
- ridurre la quantità e la pericolosità dei rifiuti da costruzione e demolizione, attraverso l'adozione di specifiche misure preventive da adottare in sede di progettazione e di demolizione degli edifici;
- ridurre la quantità di rifiuti smaltiti in discarica, assicurando che ciò avvenga con modalità efficaci e col minimo impatto sull'ambiente;

- promuovere il corretto recupero dei rifiuti da costruzione ed aumentare la quantità dei rifiuti recuperati nel rispetto dell'ambiente, in particolare di quelli passibili di essere riutilizzati come inerti da costruzione;
- migliorare la qualità dei materiali riciclati in modo da renderli sempre più concorrenziali rispetto alle materie prime vergini corrispondenti e promuovere condizioni di mercato favorevoli alla loro diffusione.
- Una gestione eco-efficiente dei rifiuti da C&D diviene leva di uno sviluppo di qualità, sostenibile e durevole i cui vantaggi sono:
 - sostituzione di materie prime vergini, con risparmio di cave e di territorio;
 - rifiuti che divengono risorse (Materie Prime Seconde), e conseguente risparmio nello smaltimento;
 - limitazione degli abbandoni e di smaltimenti illeciti mediante la creazione di un ciclo di recupero dei rifiuti ben funzionante, efficace ed economico;
 - riduzione del costo ambientale diretto.

6.2 Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione

Nel settembre 2016 l'UE ha emanato un protocollo specifico per la corretta gestione degli C&D, dato che la direttiva europea in materia di rifiuti norma a livello generale la gestione di quest'ultimi, non trattando specificamente i soli rifiuti da costruzione e demolizione. Il suddetto protocollo si inserisce nell'ambito della strategia per il settore delle costruzioni 2020, nonché della Comunicazione sulle opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia. Esso fa inoltre parte del più recente e ambizioso Pacchetto sull'economia circolare presentato dalla Commissione Europea, che contiene proposte legislative riviste in materia di rifiuti per stimolare la transizione dell'Europa verso un'economia circolare e aumentare così la competitività globale, promuovere la crescita economica sostenibile e creare nuova occupazione.

L'obiettivo generale del protocollo è aumentare la fiducia nel processo di gestione dei rifiuti C&D e nella qualità dei materiali riciclati da tali rifiuti.

Ciò sarà possibile mediante:

- a) una migliore identificazione, separazione alla fonte e raccolta dei rifiuti;
- b) una migliore logistica dei rifiuti;
- c) un miglior trattamento dei rifiuti;

d) la gestione della qualità;

e) condizioni politiche e condizioni quadro adeguate.

Per ogni ambito vengono presentate le modalità operative e gli *step* che si ritiene debbano essere rispettati perché fondamentali nella catena di gestione dei rifiuti da C&D (i primi tre) e implicazione trasversali (gli ultimi due).

Il protocollo è rivolto agli operatori del settore delle costruzioni (incluse le imprese di ristrutturazioni e le imprese specializzate in opere di demolizione), ai fabbricanti di prodotti da costruzione, alle imprese di trattamento, trasporto, logistica e riciclaggio dei rifiuti; alle autorità pubbliche a livello locale, regionale, nazionale e dell'Unione europea; agli organismi di certificazione della qualità per edifici e infrastrutture; agli acquirenti di materiali riciclati C&D.

I benefici più generali del protocollo comprendono:

- l'incremento della domanda di materiali riciclati C&D;
- la promozione di (nuove) attività imprenditoriali e (nuovi) soggetti nel settore delle infrastrutture per la gestione dei rifiuti;
- una maggiore cooperazione lungo la catena del valore dei rifiuti C&D;
- i progressi verso il raggiungimento degli obiettivi in materia di rifiuti C&D;
- i progressi verso mercati UE armonizzati per i materiali riciclati C&D (ove opportuno);
- la generazione di statistiche affidabili sui rifiuti C&D in tutta l'UE;
- la riduzione degli impatti ambientali e il contributo all'uso efficiente delle risorse.

Al fine di mettere in atto tutti gli obiettivi prefissati lungo la catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, il protocollo si basa sui seguenti 8 principi:

1. Sul mercato e promotore della competitività: Il protocollo è basato sul mercato e tiene pienamente conto dei costi e dei benefici (compresi quelli ambientali) della gestione dei rifiuti C&D. Esso ha carattere volontario.
2. Titolarità degli operatori e approvazione e sostegno da parte dei responsabili politici: Il protocollo deve essere riconosciuto e utilizzato da un gruppo il più ampio possibile di operatori e responsabili politici.
3. Trasparenza e rintracciabilità nel corso dell'intero processo di gestione dei rifiuti C&D: Occorre garantire la trasparenza di ciò che accade ai rifiuti in tutte le fasi del processo

di gestione dei rifiuti C&D. In questo modo si contribuirà ad accrescere la fiducia nei confronti dei prodotti riciclati. La rintracciabilità è quindi importante.

4. Promuovere la certificazione e le verifiche in ogni fase del processo: al fine di assicurare un livello minimo di qualità lungo l'intero processo di gestione dei rifiuti, le attività di verifica e la certificazione sono strumenti importanti per aumentare la qualità e ispirare maggiore fiducia nei materiali riciclati dai C&D;
5. Non occorre reinventare la ruota: il protocollo si basa sulle norme, sulle linee direttrici, sui protocolli, sulle migliori pratiche e sui sistemi di certificazione esistenti;
6. Ubicazione: poiché le circostanze locali, tra cui la portata e le zone limitrofe del progetto, influenzano notevolmente il potenziale di gestione dei C&D, è fondamentale riconoscere e rispettare tale diversità. Vanno riconosciute pienamente soprattutto le questioni di prossimità e quindi il diverso potenziale tra contesti urbani e rurali: la fattibilità del riciclaggio dei C&D, infatti, è molto più elevata in zone con una maggiore densità di popolazione. Anche la diversità geografica (zona montuosa o pianeggiante) e i tipi di costruzione sono due aspetti da tenere in considerazione;
7. Rispetto delle regole e delle norme ambientali, di salute e sicurezza: non ha senso promuovere il riciclaggio o il riutilizzo di C&D se ciò va a scapito dell'ambiente, della salute o della sicurezza. Il protocollo promuove inoltre l'adozione, all'interno del settore, del sistema dell'UE di ecogestione e audit (EMAS) dell'UE come strumento per valutare, segnalare e migliorare le prestazioni ambientali delle imprese.
8. Raccolta e generazione di dati nel corso dell'intero processo di gestione dei C&D: vanno perfezionate la raccolta e la generazione di dati e statistiche per l'adozione di migliori politiche e pratiche, consentendo anche un confronto tra Stati membri. Ciò richiede il tracciamento e la rintracciabilità di tutti i C&D generati. Ai fini della comparabilità dei dati è importante utilizzare denominazioni comuni per le diverse frazioni di C&D.

6.3 UNI/PdR 75/2020

Nel Febbraio 2020 è stata pubblicata in Italia la Prassi di Riferimento UNI/PdR 75/2020 “Decostruzione selettiva – Linea guida per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un’ottica di economia circolare”.

Il documento - frutto della collaborazione tra UNI e RTP (Rete Professioni Tecniche) - definisce un macro-processo per la decostruzione selettiva che favorisca il **recupero – cioè riuso e riciclo - dei rifiuti derivanti dalla costruzione e demolizione.**

Il processo descritto nel documento è orientato alla compatibilità con la gestione digitale del processo stesso e delle informazioni.

La prassi di riferimento delinea un processo per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare.

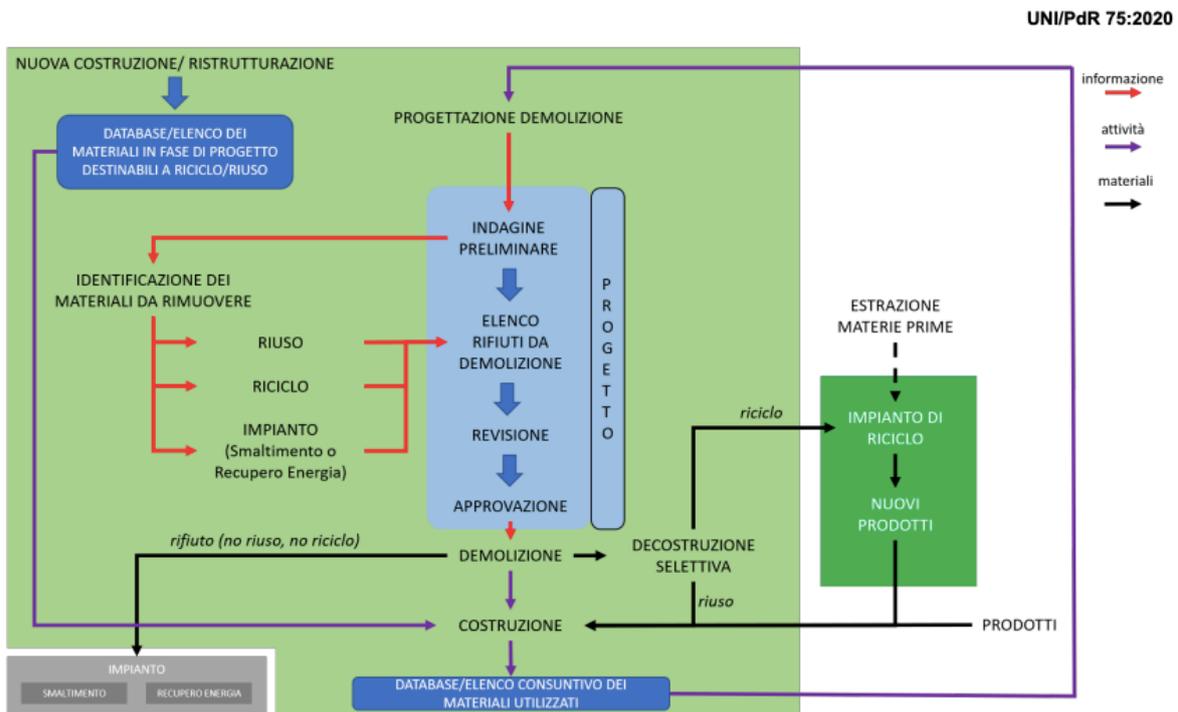


Figura 6.3.1. Schema relativo al processo di decostruzione selettiva

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.

Il processo di decostruzione selettiva si suddivide in **tre fasi**:

- *progettuale*,
- *operativa*,
- *aggiornamento* del database/elenco consuntivo dei materiali utilizzati nel costruito.

Le fasi 1 e 2 costituiscono il flusso della decostruzione selettiva, mentre la fase 3 identifica quanto utile a supportare in termini informativi il ciclo di vita della costruzione (circolarità) conservando l'indicazione dei materiali e dei prodotti effettivamente utilizzati nella costruzione/ristrutturazione. Il prodotto della fase 3 è quello che consente di semplificare la fase progettuale nell'eventualità di una successiva decostruzione, favorendo il tasso di riciclo e riuso.

La redazione del progetto di demolizione comprende le seguenti fasi (figura 6.3.1):

- **indagine preliminare:** verifica precedente alla demolizione (vedere art. 2.5.1 del D.M. 11/10/2017 Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici), di identificazione dei materiali da rimuovere e destinare a riuso, riciclo e smaltimento.

In particolare, deve prevedere:

1. individuazione di rifiuti pericolosi, o emissioni che possano insorgere durante la demolizione, che possono richiedere un trattamento ordinario o specialistico, al fine di minimizzare i rischi per l'ambiente e la salute umana;
2. una stima delle quantità dei rifiuti attraverso la ripartizione dei diversi materiali da costruzione secondo la codifica EER;
3. una stima della percentuale potenziale di riutilizzo e/o di riciclaggio raggiungibile sulla base di diverse ipotesi di intervento per il processo di demolizione;
4. una stima della percentuale potenziale raggiungibile con altre forme di recupero dal processo di demolizione;

– **fase di redazione dell'elenco dei rifiuti da demolizione;**

– **revisione del progetto:** sulla base degli esiti dell'indagine preliminare e dell'elenco rifiuti da demolizione, il piano di demolizione viene adeguato per permettere il recupero materiali soggetti a riuso, riciclo o altra forma di recupero, oppure in ultima istanza, da destinare a smaltimento;

– **approvazione:** l'approvazione del progetto di demolizione è effettuata in accordo tra committente e contraente. Per gli appalti pubblici, per progetto di demolizione si intende il piano di demolizione (come previsto dall'art. 2.5.1 del D.M. 11/10/2017 CAM "Edilizia").

6.4 Gestione C&D in fase progettuale

Il primo passo per una gestione eco-efficiente è quello di pianificare la gestione dei C&D, già nella fase di elaborazione del progetto, al fine di creare le migliori condizioni per la caratterizzazione e classificazione dei rifiuti nonché fissare i criteri di valorizzazione dei singoli flussi di materia, anche in rapporto alle possibilità offerte dal contesto locale.

La fase progettuale si compone dei seguenti compiti:

1. indagine preliminare;
2. progetto esecutivo.

Le finalità di tale fase, suddivisa nei compiti individuati, sono i seguenti quelle di avere un database dei materiali e un progetto.

A. INDAGINE PRELIMINARE

La fase preliminare, che ha come esito la realizzazione dell'Indagine Preliminare, inizia dalla corretta identificazione della tipologia del costruito.

L'Indagine Preliminare richiede una valutazione delle caratteristiche del costruito, al fine di valutare e descrivere:

- la tipologia e le caratteristiche della struttura oggetto di intervento, identificando, classificando e stimando quantità e tipologie dei rifiuti che si produrranno, in modo da avere già un quadro quantitativo.
- le attività svolte nella struttura per verificare se e come abbiano influito sulle caratteristiche qualitative dei materiali oggetto di demolizione;
- le caratteristiche del sito e dell'area circostante (ad esempio: spazi di accesso, vicinanza di abitazioni e di altri edifici, possibilità di movimentazione e deposito in cantiere, ecc.);
- le componenti o parti del costruito che possano essere smontate (infissi, sanitari, rubinetti, ecc.) suddividendole in base al potenziale livello di recuperabilità come:
 1. destinate al riuso, per una nuova utilizzazione diretta;
 2. destinate al riciclo;
 3. destinate ad altra forma di recupero (es. recupero energetico);
 4. destinate a strutture per lo smaltimento;
- gli impianti di recupero (riciclo) e di smaltimento (discarica o recupero energetico) presenti nel territorio, individuando per ognuno di essi le tipologie di CER accettate;
- la presenza di potenziali rifiuti pericolosi o altre criticità ambientali.

B. PROGETTO ESECUTIVO

L'indagine preliminare consente di procedere alla revisione e conseguente approvazione del progetto di decostruzione selettiva. La revisione consiste nell'integrare l'indagine preliminare con gli interventi per la rimozione delle componenti che contengono rifiuti pericolosi, per il recupero delle componenti da destinare a riuso o riciclo, nonché per la separazione delle frazioni da destinare a smaltimento in discarica o recupero energetico.

Il Progetto Esecutivo deve:

- individuare le modalità e gli interventi di smontaggio e di demolizione nonché i rifiuti da esse derivanti con relativa assegnazione del CER;
- individuare e dimensionare gli spazi riservati ai depositi temporanei dei rifiuti, secondo la classificazione CER ovvero per categorie omogenee; in particolare, deve essere prevista la netta separazione dei rifiuti pericolosi da quelli non pericolosi, secondo le normative applicabili e vigenti;
- prevedere l'eventuale utilizzo di impianti di trattamento mobili ai fini del riciclo;
- stimare le quantità che si produrranno;
- stimare le quantità di rifiuti prodotta attraverso la parte di demolizione che non può essere o non sarà di tipo selettivo;
- identificare il crono-programma dell'intero processo di decostruzione selettiva/non selettiva, prevedendo di:
 1. stimare i tempi di smontaggio e di decostruzione oggetto dell'intervento;
 2. individuare gli impianti di riciclo e di smaltimento autorizzati ad accettare/trattare i CER prodotti dallo smontaggio e dalla demolizione;
 3. definire la gestione del deposito temporaneo dei rifiuti presso il cantiere;
 4. definire le modalità di trasporto, ovvero i fornitori del servizio autorizzati dalle vigenti norme;
 5. elaborare il piano di gestione dei rifiuti;
 6. elaborare il piano di demolizione ;
 7. stimare i costi.

Le azioni basate su questa verifica garantiranno la sicurezza dei lavoratori, miglioreranno la qualità e aumenteranno la quantità dei prodotti riciclati. La verifica contribuirà anche ad aumentare la quantità di materiali da riutilizzare vicino o presso il cantiere. Inoltre, la realizzazione di tali controlli può aiutare i clienti a fissare i livelli di prestazioni per le imprese di demolizione, a sostenere un piano di gestione dei rifiuti specifico per un determinato

cantiere, a dimostrare credenziali ambientali, ad aumentare l'efficienza in termini di materiale e mano d'opera, a ridurre i rifiuti e a massimizzare il profitto.

Una verifica pre-demolizione consiste di due parti:

a) Informazioni raccolte: l'identificazione di tutti i materiali di rifiuto che saranno generati durante la demolizione con l'indicazione della quantità, della qualità e dell'ubicazione nell'edificio o nelle infrastrutture civili, con riferimento alle operazioni da eseguire per poter scorporare questi materiali dall'opera. Si devono identificare tutti i materiali e le quantità da raccogliere.

b) Informazioni aggiuntive riguardanti:

- i materiali per i quali esiste l'obbligo di separazione alla fonte (come ad esempio i rifiuti pericolosi);
- i materiali che possono/non possono essere riutilizzati o riciclati;
- modalità di gestione dei rifiuti (non pericolosi e pericolosi);
- le diverse modalità e tecnologie di riciclaggio.

Una verifica pre-demolizione deve prendere in considerazione i mercati locali dei rifiuti C&D e dei materiali riutilizzati e riciclati, e gli impianti di riciclaggio disponibili nella zona.

Una buona verifica pre-demolizione viene effettuata da un esperto qualificato con adeguate conoscenze dei materiali da costruzione, delle tecniche costruttive e della storia dell'edificio.

Un esperto qualificato deve avere familiarità con le tecniche di demolizione, il trattamento e la trasformazione dei rifiuti, nonché con i mercati (locali).

Sebbene la verifica pre-demolizione si concentri sui prodotti ("cosa"), occorre preparare un piano di gestione dei rifiuti ("come") orientato ai processi, se si riutilizzerà o riciclerà del materiale proveniente da operazioni di costruzione, ristrutturazione o demolizione. Un buon piano di gestione dei rifiuti contiene informazioni su come verranno eseguite le varie fasi della demolizione, da chi verranno eseguite, quali materiali saranno raccolti in modo selettivo alla fonte, dove e come saranno trasportati, quale sarà il riciclaggio, il riutilizzo o il trattamento finale e quale il seguito da dare. Tale piano riguarda anche il modo di affrontare le questioni della sicurezza, nonché il modo di limitare gli impatti ambientali, tra cui la lisciviazione e la polvere. Nel piano va precisato come saranno gestiti sia i rifiuti non pericolosi sia quelli pericolosi.

È fondamentale che le attività di demolizione siano effettuate secondo un piano. Dopo la demolizione, l'impresa deve fornire una panoramica su ciò che è stato realmente raccolto alla

fonte e dove sono stati trasportati i materiali di rifiuto (per il riutilizzo, per il pre-trattamento (cernita), per il riciclaggio, per l'incenerimento, per la messa in discarica...). Queste informazioni devono essere (1) controllate con quanto previsto nell'inventario, e (2) trasmesse alle autorità.

6.5 Gestione dei C&D in fase esecutiva

La fase operativa consiste nell'attuazione di quanto previsto nel progetto esecutivo attraverso vari step.

A. IDENTIFICAZIONE, SEPARAZIONE SELETTIVA E DEPOSITO TEMPORANEO

La prima operazione da eseguire in cantiere per la gestione dei C&D prevede l'identificazione e la separazione selettiva alla fonte per ogni tipologia di rifiuti.

Un aspetto fondamentale della corretta gestione dei rifiuti consiste nel mantenere i materiali separati e una parte fondamentale della separazione alla fonte è l'eliminazione di rifiuti pericolosi, nonché la separazione di materiali che ostacolano il riciclaggio, compresi i materiali di fissaggio: quanto più efficace è la separazione tanto più elevata sarà la qualità degli aggregati e dei materiali riciclati. Tuttavia, il grado di separazione dipende in gran parte dalle opzioni disponibili presso lo stabilimento (ad es. lo spazio e la mano d'opera) e dai costi e i ricavi dei materiali separati.

La separazione alla fonte comporta i seguenti tipi di operazione:

separazione dei rifiuti pericolosi; decostruzione (smantellamento compresa la separazione dei flussi secondari e dei materiali di fissaggio); separazione dei materiali di fissaggio; e demolizione strutturale o meccanica.



Figura 6.5.1. Esempio di demolizione selettiva (Fonte <http://www.recoverweb.it/>)

Ad ogni tipologia di rifiuto generato sarà affidato un codice CER, in modo da garantire una interpretazione univoca del rifiuto in tutto il territorio europeo. I rifiuti così smistati, sono

raccolti in un' apposita area segnalata nel cantiere adibita a deposito temporaneo in attesa delle successive operazioni.

Per i rifiuti pericolosi, quest'ultimi saranno obbligatoriamente etichettati con la simbologia che ne indica il pericolo, e mantenuti in condizioni di igiene, evitando la contaminazione con altri materiali.



Figura 6.5.2. Esempi di imballaggio rifiuti pericolosi e relativa etichetta (www.aglioniangelo.it).

B. TRATTAMENTO IN LOCO, OPERAZIONI DI RIUTILIZZO

Occorre incentivare al massimo le operazioni in loco in quanto possono essere vantaggiose in termini di costi e ridurre le esigenze di trasporto e quindi l'impatto globale di CO₂. Tuttavia, le decisioni su tale preparazione in loco per il riutilizzo e il riciclaggio vanno assunte caso per caso, a seconda delle caratteristiche del cantiere, delle dimensioni del cantiere e della prossimità del cantiere stesso ad aree verdi, a popolazione residente e a imprese. Tali decisioni devono tener conto di fattori e rischi economici, ambientali, sociali e per la salute. Questo tipo di operazioni spesso richiede autorizzazioni o licenze.

Un esempio di riutilizzo in sito è rappresentato dai rifiuti inerti non contaminati, come le terre e rocce da scavo, che vengono reimpiegati nello stesso cantiere, successivamente ad operazioni di trattamento in impianti mobili di recupero. In questo modo i rifiuti perdono il loro carattere di rifiuto e vengono denominati come sottoprodotti.

Un' altra opportunità del trattamento in loco dei materiali da demolizione è rappresentata dal fatto che possano interfacciarsi con attività industriali che possano accogliere i materiali provenienti dalla demolizione.

Il progettista della demolizione analizzerà dunque spazi, attività compresenti, insediamenti abitativi, e redigerà un piano di demolizione che comprenda anche le opportunità di

interfaccia. A parità di edificio od opera da smantellare cambierà completamente l'approccio se siamo in zona rurale con disponibilità di spazi o in area urbana fortemente popolata.

C. LOGISTICA E TRASPORTO

Successivamente alla fase di stoccaggio in depositi temporanei, i rifiuti da C&D, laddove non riutilizzati in sito previo trattamento, vengono smaltiti come macerie e scarti edili in impianti autorizzati al riciclo e/o recupero oppure smaltiti in discarica, con l'ottica di minimizzazione dei costi ambientali ed economici; minimizzando i costi di trasporto e di conferimento agli impianti di lavorazione e massimizzando il tasso di recupero dei rifiuti.

La consegna dei rifiuti può avvenire per conto dell'impresa edile incaricata dei lavori di ristrutturazione, oppure può essere affidata ad aziende professionali di trasporto rifiuti in conto terzi, registrata e autorizzata dalle autorità statali.

Durante il trasporto, i rifiuti devono essere accompagnati da un formulario di identificazione (F.I.R.); Esso garantisce la tracciabilità dei rifiuti durante il trasporto e identifica i soggetti coinvolti nella gestione complessiva del ciclo (produttore, trasportatore, destinatario o intermediari), oltre ad altre informazioni necessarie a ricostruire il tragitto dei rifiuti, ovvero la possibilità di conoscere l'esatta ubicazione del rifiuto così come la sua provenienza; inoltre il formulario permette l'identificazione dei rifiuti trasportati (quantità, tipologia, codice CER, produttore, gestore).

FORMULARIO RIFIUTI
PR 1131689 /12

1. PRODUTTORE O INTERMEDIARIO
Denominazione e Ragione sociale: **Rossi Mario S.r.l.**
Vivibilità locale: **cantiere Z.I. Blu, 15 - 39100 Bolzano (BZ)**
Cod. Fis.: **00000000222**

2. DESTINATARIO
Denominazione e Ragione sociale: **Boccher S.r.l.**
Luogo di Destinazione: **Località Visle - 38051 Borgo Valsugana (TN)**
Cod. Fis.: **01880600224** N. Autoriz. / Abit. **77** ex **200213**

3. TRASPORTATORE
Denominazione e Ragione sociale: **Rossi Mario S.r.l.**
Vivibilità: **Via Verdi, 10 - 38122 Trento (TN)**
Cod. Fis.: **00000000222** N. Autoriz. / Abit. **000** ex **000000**

4. CARATTERISTICHE DEL RIFIUTO
Denominazione e / Descrizione del rifiuto: **cemento**
Codice CER: **17.01.01** **INORGANICO** **INODORE** **SFUOSO**

5. DESTINAZIONE DEL RIFIUTO
 R13 **inorganico / inodore**

6. QUANTITÀ
Peso: **3.000**

7. MODALITÀ E MEZZI DI TRASPORTO
Cognome e Nome del Condotto: **Arancio Giorgio** **AA 000 BB** **22012013 0945**

8. TRASPORTO AL DESTINATARIO
 Accompagnato per intero **Accompagnato per la maggior quantità** **NO**
 Attività per la gestione autorizzata

9. FIRMARE
Firma del Produttore / Intermediario: _____
Firma del Destinatario: _____

10. STAMPARE
Stampa del Produttore / Intermediario: _____
Stampa del Destinatario: _____

Figura 6.5.3. Fac simile formulario identificazione rifiuti italiano (fonte web https://docplayer.it/docs-images/40/1064264/images/page_20.jpg)

D. OPERAZIONI DI VALORIZZAZIONE

Seguire la gerarchia dei rifiuti offre ampi vantaggi in termini di uso efficiente delle risorse, di sostenibilità e risparmio. Esiste una vasta gamma di opzioni di trasformazione e trattamento dei rifiuti, comunemente note come preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e il recupero di energia e materiali – in quest'ordine di priorità.

Tutti i soggetti che producono materiale derivante da lavori di costruzione e demolizione adottano tutte le misure atte a favorire la riduzione di rifiuti da smaltire in discarica, attraverso operazioni di reimpiego nel rispetto della gerarchia dei rifiuti, previa verifica della compatibilità tecnica al riutilizzo in relazione alla tipologia dei lavori previsti. Il conferimento in discarica avviene (con le modalità previste dalla normativa vigente) esclusivamente nei casi in cui non risulti possibile una delle operazioni di riutilizzo e recupero.

Nelle attività di separazione dei materiali e del loro stoccaggio si possono distinguere - per facilità operativa - tre macrocategorie di materiali, che a loro volta si suddividono in molteplici tipologie:

- **La frazione riutilizzabile**, costituita da quegli elementi che possono essere riportati alla loro forma precedente e riconvertiti direttamente alla loro funzione originale: finestre, inferriate di balconi, travi ecc. Occorre promuovere la preparazione per il riutilizzo in quanto comporta una trasformazione minima o nulla. In teoria, il riutilizzo offre vantaggi ambientali persino maggiori del riciclaggio poiché non presenta gli impatti ambientali associati al ritrattamento.
- **La frazione riciclabile**, costituita dagli scarti riciclabili o dai rifiuti che, sottoposti a termodistruzione, forniscono energia. Il riciclaggio del materiale concerne soprattutto la frazione litoide, il legno non trattato e i metalli, mentre l'utilizzo dal punto di vista termico riguarda i componenti organici, come pavimenti in P.V.C. o legno trattato. A differenza della frazione riutilizzabile, questa frazione non ha conservato né la forma né la funzione originarie.
- **La frazione inutilizzabile**, costituita dai componenti indesiderati presenti nel materiale da riciclare o dalle frazioni che contengono inquinanti, da conferire in discarica o trattare separatamente.

TIPOLOGIA C&D	TRATTAMENTO
PIETRA (Terra superficiale e da scavo)	RIUTILIZZO in sito come rinterro nello stesso cantiere o in un altro cantiere.
CALCESTRUZZO	RICICLAGGIO, previa frantumazione, come pietrisco per calcestruzzi, drenaggi o rinterri
METALLO	RIUTILIZZO/RICICLAGGIO in nuovi prodotti
MATERIALE CERAMICO	RIUTILIZZO/RICICLAGGIO, previa frantumazione, per rinterri
LEGNO	RIUTILIZZO/RICICLAGGIO per la fabbricazione di compensati
VETRO	RICICLAGGIO, previa frantumazione, come pietrisco per calcestruzzi, drenaggi o rinterri
ASFALTO	RICICLAGGIO per rinterri o come asfalto
CONTENITORI E IMBALLAGGI IN PLASTICA/CARTONE	RIUTILIZZO/RICICLAGGIO in nuovi prodotti
OLI, PITTURE e PRODOTTI CHIMICI	TRATTAMENTO SPECIALE in impianti autorizzati
APPARECCHI ELETTRICI – MACCHINARI	DEPOSITO in punti puliti
MACERIE	RICICLAGGIO o TRATTAMENTO in impianti autorizzati
RIFIUTI PERICOLOSI	TRATTAMENTO SPECIALE in impianti autorizzati
RIFIUTI ORDINARI	DEPOSITO in discarica

*Tabella 6.5.1. Proposta di trattamento C&D in funzione della loro tipologia
(Fonte https://webthesis.biblio.polito.it/view/creators/Di_Corato=3AStefania=3A=3A.html)*

Le attività di recupero dei rifiuti possono essere suddivise in:

- attività di recupero di materia;
- attività di recupero di energia.

A sua volta, e a seconda della natura merceologica del rifiuto, il recupero di materia comprende diverse tipologie di recupero.

Ricordando che per “recupero” si intende qualsiasi operazione il cui principale risultato sia di permettere ai rifiuti di svolgere un ruolo utile, sostituendo altri materiali che sarebbero stati altrimenti utilizzati per assolvere una particolare funzione o di prepararli ad assolvere tale funzione, all'interno dell'impianto o nell'economia in generale, l'allegato C della parte IV del decreto Lgs n.152/2006, modificato con l'art.8 del D.Lgs n.116/2020 riporta un elenco di operazioni di recupero.

Prospetto A.1 – Operazioni di recupero

OPERAZIONI DI RECUPERO	
R1	Utilizzazione principale come combustibile o altro mezzo per produrre energia
R2	Recupero/rigenerazione dei solventi
R3	Riciclaggio/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche); sono compresi la preparazione per il riutilizzo, la gassificazione e la pirolisi che utilizzano i componenti come sostanze chimiche e il recupero di materia organica sotto forma di riempimento
R4	Riciclaggio /recupero dei metalli e dei composti metallici, compresa la preparazione per il riutilizzo
R5	Riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche; Sono compresi la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio di materiali da costruzione inorganici, il recupero di sostanze inorganiche sotto forma di riempimento e la pulizia del suolo risultante in un recupero del suolo
R6	Rigenerazione degli acidi o delle basi
R7	Recupero dei prodotti che servono a ridurre l'inquinamento
R8	Recupero dei prodotti provenienti da catalizzatori
R9	Rigenerazione o altri reimpieghi degli olii
R10	Trattamento in ambiente terrestre a beneficio dell'agricoltura o dell'ecologia
R11	Utilizzazione di rifiuti ottenuti da una delle operazioni indicate da R1 a R10
R12	Scambio di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate da R1 a R11
R13	Messa in riserva di rifiuti per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

Ricordando che per “smaltimento” è intesa qualsiasi operazione diversa dal recupero anche quando l’operazione ha come conseguenza secondaria il recupero di sostanze o di energia, L’Allegato B alla parte IV del decreto Lgs n.152/2006 riporta un elenco di operazioni di smaltimento;

Prospetto A.2 – Operazioni di smaltimento

OPERAZIONI DI SMALTIMENTO	
D1	Deposito sul o nel suolo (ad es. discarica, ecc.)
D2	Trattamento in ambiente terrestre (es. biodegradazione di rifiuti liquidi o fanghi nei suoli)
D 3	Iniezioni in profondità (ad es. iniezione dei rifiuti pompabili in pozzi, in cupole saline o in faglie geologiche naturali, ecc.)
D 4	Lagunaggio (ad es. scarico di rifiuti liquidi o di fanghi in pozzi, stagni o lagune, ecc.)
D 5	Messa in discarica specialmente allestita (ad es. sistemazione in alveoli stagni separati, ricoperti e isolati gli uni dagli altri e dall’ambiente, ecc.)
D 6	Scarico dei rifiuti solidi nell’ambiente idrico eccetto l’immersione
D 7	Immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino
D 8	Trattamento biologico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli che vengono eliminati secondo uno dei procedimenti indicati da D1 a D12
D 9	Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli che vengono eliminati secondo uno dei procedimenti indicati da D 1 a D 12 (ad es. evaporazione, essiccazione, calcinazione, ecc.)
D 10	Incenerimento a terra
D 11	Incenerimento in mare
D 12	Deposito permanente (ad es. sistemazione di contenitori in una miniera)
D 13	Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni indicate da D1 a D12
D14	Ricondizionamento preliminare prima di una delle operazioni indicate da D1 a D13
D15	Deposito preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D14 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti)

In base al nuovo D.Lgs n.116/2020, per le operazioni di smaltimento D13 (raggruppamento), D14 (ricondizionamento) e D15 (deposito preliminare) si introduce, a partire dal 26 settembre 2020, anche la necessità di ottenere da parte del produttore dei rifiuti

un'attestazione di avvenuto smaltimento, resa ai sensi del D.P.R. n. 445 del 2000, e sottoscritta dal titolare dell'impianto. Tale attestazione deve contenere almeno, i dati dell'impianto e del titolare, la quantità dei rifiuti trattati e la tipologia di operazione di smaltimento effettuata.

E. DEMOLIZIONE SELETTIVA

Negli interventi di demolizione, il recupero della massima quantità possibile di rifiuti dipende dalla adozione di prassi di demolizione di tipo selettivo, che consentono la separazione dei materiali di risulta in frazioni omogenee, al fine di favorirne la valorizzazione in termini di recupero e di ridurre le quantità da smaltire in discarica, quindi di massimizzare il rifiuto da C&D indirizzato al processo di riuso e riciclo (end of waste).

L'efficacia della demolizione selettiva aumenta quando le attività di disassemblaggio vengono opportunamente programmate per modalità di esecuzione e sequenza. Tali attività non sono necessariamente conseguenti nel tempo ma, ad eccezione di alcune, possono essere eseguite in contemporanea. Per tale ragione, la demolizione è supportata da un'attenta progettazione, capace di organizzare le molteplici fasi di lavoro attraverso precise indicazioni sulle tecnologie, sulla sequenza e sulle modalità del disassemblaggio (Figura 6.5.4).

La progettazione infatti, determina e individua le qualità e le quantità di rifiuto oggetto di riuso, riciclo, altre forme di recupero o smaltimento attraverso una documentazione strutturata per la verifica della trasparenza delle attività, al fine di supportare un controllo ex-post da parte di tutti gli stakeholder, a livello comunale, regionale e nazionale.

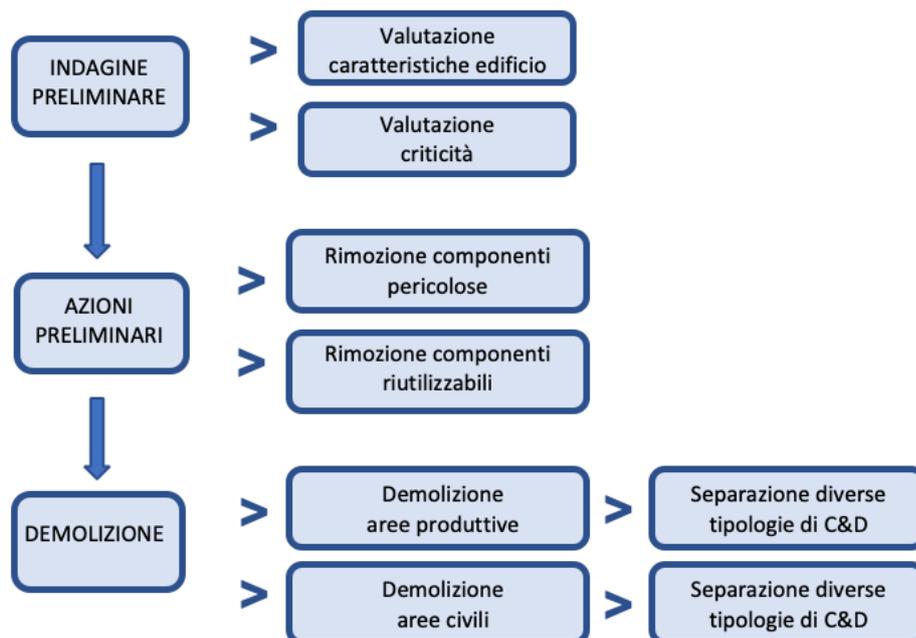


Figura 6.5.4. Fasi operative demolizione selettiva.

F. FASE DI AGGIORNAMENTO DEL DATABASE/ELENCO CONSUNTIVO DEI MATERIALI UTILIZZATI NEL COSTRUITO

In aggiunta agli obblighi documentali di legge, ai fini di una corretta decostruzione selettiva, è necessario produrre una documentazione contenente le informazioni che hanno la finalità di fornire un'indicazione non esaustiva per le informazioni minime da prevedere nella relazione tecnica dell'Indagine Preliminare alla demolizione selettiva.

Nell'ottica di un'economia circolare, il database deve essere custodito dal committente e messo a disposizione per un eventuale nuovo intervento.

6.6 Gestione e garanzia della qualità

La gestione della qualità è un passo fondamentale per accrescere la fiducia nei processi di gestione dei rifiuti C&D e la fiducia nella qualità dei materiali riciclati da questi ultimi. Il valore qualitativo dei materiali da costruzione riciclati dipende dalle loro caratteristiche ambientali e dalle loro prestazioni tecniche. Adeguati protocolli e procedure di gestione della qualità consentono ai fornitori di controllare e garantire i loro processi e la qualità dei prodotti. È quindi necessario promuovere la garanzia di qualità dei processi primari (dal cantiere di demolizione alla logistica dei rifiuti e la trasformazione dei rifiuti), nonché la comunicazione di informazioni affidabili e precise circa le prestazioni dei prodotti riciclati o riutilizzati.

Al fine di sviluppare ulteriormente il mercato per materiali da costruzione riciclati, la rintracciabilità e il tracciamento dei flussi di rifiuti sono essenziali. Le procedure di tracciamento e rintracciabilità possono contribuire a sviluppare fiducia nei materiali da costruzione secondarie, che possono essere considerate come una parte essenziale della gestione della qualità.

Gli sforzi compiuti per migliorare la qualità e accrescere la fiducia sono proficui solamente se realizzati lungo tutta la catena della gestione dei rifiuti.

Per garantire la credibilità dei processi di trattamento e lavorazione connessi ai prodotti da C&D è fondamentale avvalersi sia degli strumenti cogenti, come la marcatura CE richiesta obbligatoriamente per i prodotti, con certificato emesso da un ente di certificazione notificato presso la Commissione Europea, che di strumenti volontari premianti richiamati da specifica legislazione, come ad esempio la convalida da parte di un ente di certificazione della asserzione ambientale redatta dal produttore secondo la norma ISO 14021 (ad esempio, per un

calcestruzzo, la convalida della asserzione ambientale inerente il contenuto di riciclato) (Decreto D.M. 11 ottobre 2017 - CAM).

In parallelo vanno avviati strumenti economici (sia disincentivanti che incentivanti) e politici. Il mercato degli aggregati riciclati e degli altri prodotti derivanti da demolizione è un mercato povero, dove spesso il valore dei materiali non riesce a compensare i costi di raccolta, riciclo e garanzie prestazionali.

Per tale motivo, in questa fase di transizione del comparto, è utile prevedere il ricorso a strumenti economici, disincentivanti dello smaltimento e incentivanti dell'impiego di materiali riciclati:

- Attraverso l'introduzione di un divieto di smaltimento in discarica per le frazioni altamente riciclabili ed anche una riorganizzazione del percorso di smaltimento del flusso;
- Attraverso la disincentivazione dell'attività estrattiva con l'eventuale introduzione di tassazioni più elevate;
- Potenziando il mercato degli aggregati riciclati: ad esempio, rendendo operativi alcuni strumenti normativi già esistenti come il GPP (Green Public Procurement) e i CAM (Criteri Ambientali Minimi) in edilizia;
- Favorendo la produzione di aggregati riciclati di qualità che possono essere destinati ad impieghi di maggior valore, come la produzione di calcestruzzo a medio/bassa resistenza;
- Attraverso l'organizzazione di campagne informative sulle proprietà di questi materiali, verso i quali sussiste ancora una certa diffidenza generalizzata;
- Ottimizzando il sistema di gestione al fine di limitare il trasporto dei rifiuti e le fasi intermedie di gestione (stoccaggio) e minimizzando lo smaltimento in discarica dei rifiuti C&D;
- Infine, in vista di un possibile aumento dei costi di demolizione selettiva, sarebbe utile ragionare sulla possibilità di garantire degli incentivi statali che facilitino la transizione verso un'economia più circolare nel settore edile e nella gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione.

6.7 Piattaforme di approfondimento e di consultazione degli stakeholder

Applicare i principi dell'economia circolare in un settore strategico come quello delle costruzioni e demolizioni può comportare rilevanti benefici per l'ambiente e opportunità per

le imprese, le PA e i centri urbani. Occorre adottare un approccio integrato che miri a favorire nuovi modelli di produzione per la filiera C&D e a superare le barriere esistenti, a minimizzare i rifiuti e ottenere maggior valore dalle risorse creando punti di aggregazione di enti e istituzioni, imprese, associazioni e altri soggetti coinvolti nella filiera.

Sebbene il recupero dei materiali della filiera C&D comporti benefici ambientali ed economici diffusi per enti, pubbliche amministrazioni, imprese e collettività, in termini di riduzione dello smaltimento in discarica, dei rischi di sversamento abusivo, dell'esaurimento delle risorse naturali e di promozione del loro recupero, ad oggi vi sono diverse barriere, di tipo finanziario, strutturale, operativo, tecnologico e di mercato, che frenano la diffusione di meccanismi virtuosi nel rispetto dei principi di economia circolare.

Di questi temi si dibatte in due piattaforme di approfondimento e di consultazione degli stakeholder strettamente interconnesse: **ECESP** - European Circular Economy Stakeholder Platform (<https://circulareconomy.europa.eu/platform/>) e **ICESP** (www.icesp.it), piattaforma mirror di ECESP a livello italiano, creata e coordinata da ENEA.

Comuni gli obiettivi di fondo delle due iniziative: superare le attività settoriali ed evidenziare le opportunità e le sfide intersettoriali tramite un punto di incontro dove le parti interessate possano condividere le loro soluzioni e collaborare per affrontare sfide specifiche, collegando le iniziative esistenti e sostenendo l'economia circolare a livello europeo, nazionale e locale.

In qualità di gestore, ENEA trasferisce le informazioni derivate dalla partecipazione al gruppo di coordinamento ECESP verso gli stakeholder italiani aderenti ad ICESP e, allo stesso tempo, diffonde in Europa le buone pratiche italiane nel campo dell'economia circolare raccolte tramite la piattaforma italiana (Figura 6.7.1).



Figura 6.7.1. Interazione tra piattaforma ECESP e piattaforma ICESP (fonte sito web ICESP)

La Piattaforma Europea degli stakeholder sull'economia circolare, nata nel 2017, (insieme allo European Commission Circular Economy Financing Expert Group), lanciate dalla Commissione Europea a supporto delle strategie per il piano di azione sull'economia circolare e dei futuri finanziamenti sul tema. La piattaforma è supportata da un Gruppo di Coordinamento, composto di 24 rappresentanti delle organizzazioni e società di tutta Europa, di cui ENEA, unico membro italiano, è parte attiva anche in particolare nel Leadership Group sul settore delle costruzioni.

La Piattaforma Italiana ICESP è nata nel maggio 2018, per essere l'interfaccia nazionale e rafforzare il ruolo dell'Italia quale paese-chiave per la promozione, implementazione e diffusione di strategie circolari ad alto valore aggiunto e, al contempo, di aumentare il peso e la rappresentatività del nostro paese nella comunità internazionale. La piattaforma ICESP è dotata di un manifesto programmatico (Carta ICESP) che definisce motivazioni, finalità, interessi comuni e strumenti operativi dell'iniziativa, e da un regolamento che regola il funzionamento della piattaforma e definisce il ruolo degli aderenti.

Al gruppo di lavoro specifico sulla filiera C&D ad oggi hanno aderito 13 diverse organizzazioni appartenenti al mondo imprenditoriale, della ricerca e formazione, alle associazioni di categoria e la società civile per oltre 30 persone partecipanti al tavolo (Figura 6.7.2).



Figura 6.7.2. I Gruppi di lavoro di ICESP (fonte sito web ICESP)

Le attività mirano a individuare e promuovere buone pratiche e casi di successo relativi alla chiusura dei cicli nella filiera anche a livello intersettoriale ed individuare criticità normative e tecniche del settore. In questo senso, il primo output del gruppo è un position paper (in corso di pubblicazione) contenente le priorità strategiche per lo sviluppo della filiera circolare nel settore C&D e la mappatura di buone pratiche nazionali di settore relative ai diversi aspetti e pilastri dell'economia circolare.

La consultazione effettuata ha identificato le seguenti priorità strategiche per la filiera C&D:

1. Adeguamento della normativa;
2. Estensione dell'applicazione del Green Public Procurement (GPP) e dei relativi Criteri Ambientali Minimi (CAM);
3. Aumento della competitività degli aggregati riciclati rispetto a quelli naturali. Oltre a tali priorità è stata realizzata la mappatura di n. 19 buone pratiche che incidono su diversi stadi della filiera con una preponderanza nello stadio dell'end-of-life dei materiali della filiera C&D con un relativo impatto nella fase di costruzione/recupero.

L'applicazione di un metodo scientifico-tecnologico come quello adottato nelle piattaforme sopramenzionate consente di supportare la realizzazione di sistemi di gestione trasparenti, efficienti, completi e agili della filiera delle costruzioni e dei materiali da costruzione lungo tutto il ciclo di vita, anche attraverso analisi dei flussi e dei relativi mercati, indispensabile per un'efficace chiusura del ciclo. I lavori contribuiranno così a delineare i punti di forza e di debolezza della filiera, oltre che individuare le azioni strategiche da implementare lungo tutta la catena del valore, nel breve, medio e lungo periodo, per uno sviluppo delle filiere in coerenza con i principi dell'economia circolare.

7. Materiali innovativi

7.1 Premessa

Il futuro delle costruzioni passa per l'innovazione ambientale. Attraverso la chiave dell'economia circolare diventa oggi possibile guardare in modo nuovo al rilancio del settore, riducendo l'impatto degli interventi e spingendo il riciclo di materiali. L'utilizzo di materiali di recupero, sottoprodotti, End of Waste nel processo produttivo dell'edilizia rappresenta un modo per ridurre il conferimento in discarica di materiali di scarto, riducendo al contempo il consumo di risorse non rinnovabili e le emissioni di CO₂, proprio grazie all'utilizzo di materiali di recupero, anche provenienti da altri cicli produttivi.

In un'ottica del costruire sempre più orientata verso l'ottimizzazione e l'affidabilità delle prestazioni di prodotti e sistemi, nonché verso la sostenibilità economica e ambientale degli interventi architettonici, i materiali innovativi diventano la risposta alla necessità di ridurre le problematiche ambientali imputate al settore delle costruzioni, contribuendo alla realizzazione di soluzioni più efficienti in termini di risparmio di risorse energetiche e materiali nell'intero ciclo di vita, attraverso l'utilizzo di minori quantità di materie prime, la capacità di facilitare e ridurre le operazioni di manutenzione necessarie, di produrre energia pulita o assorbire agenti inquinanti, di garantire durabilità e affidabilità prestazionale nel tempo.

Un materiale innovativo, infatti, deve essere progettato, realizzato e applicato con lo scopo primario di contenere i consumi energetici, le emissioni di inquinanti ed i quantitativi di rifiuti, garantendo, contestualmente, eccellenti prestazioni meccaniche ed elevati requisiti di sicurezza e di comfort abitativo. Si deve innanzitutto distinguere tra i materiali e componenti per l'edilizia, prodotti in fabbrica e poi montati in cantiere, e le tecnologie edilizie, ovvero i sistemi costruttivi che tali materiali e componenti assemblano per formare il manufatto finito (sia esso edificio o infrastruttura). Nel primo caso i produttori hanno iniziato un percorso di innovazione da più tempo rispetto all'edilizia, ed hanno spesso beneficiato degli effetti del trasferimento tecnologico da altri settori manifatturieri ad elevata innovazione (ad esempio l'uso degli isolanti sottili multi riflettenti nei tetti e nelle pareti, derivati dall'industria aerospaziale). Parliamo spesso, in questo caso, di innovazioni adattive, ovvero di gradualmente miglioramenti dei manufatti che offrono prestazioni sempre più elevate, rispetto al prototipo tradizionale. Nel caso delle tecnologie, la diffusione sul mercato di nuovi sistemi costruttivi è fenomeno abbastanza recente, dovuto principalmente al convergere di condizioni economiche (la crisi e la necessità di contenere i costi di produzione), ambientali (richiesta di

altissime prestazioni energetiche agli edifici) e tecnologiche (la disponibilità di tecnologie di assemblaggio a secco, in legno e in acciaio, già sperimentate da almeno due decenni, soprattutto in ambito europeo). Il futuro prossimo dell'edilizia sostenibile sta tra le nuove tecnologie (utilizzabili non solo per la realizzazione di nuovi edifici ma anche per la sopraelevazione o estensione di quelli esistenti), e l'impiego dei materiali innovativi.

7.2 Materiali innovativi in edilizia

Con materiali innovativi si indicano genericamente prodotti innovativi e tecnologici ad alte prestazioni capaci di rispondere meglio alle esigenze del progettista, frutto di ricerche di laboratorio molto complesse. Ottenuti da **materiali di scarto o recupero** come risposta ecologica all'edilizia tradizionale. Talvolta perfino in grado di dare nuove risposte a problematiche che fino ad oggi erano irrisolte.

L'esigenza di ridurre il consumo di risorse naturali limitate spinge infatti l'industria a recuperare e riciclare una quantità sempre maggiore di materiali provenienti da precedenti cicli produttivi industriali (in questo caso edilizi).

Tali materiali si differenziano da quelli tradizionali, sia perché realizzati in tempi più recenti e quindi, confinati ancora in ambiti sperimentali, sia perché sono progettati e realizzati intervenendo sulla loro composizione, sul ciclo di produzione e sulla fase di fine vita con l'obiettivo di migliorarne le prestazioni meccaniche-strutturali e ambientali.

Una panoramica di tutti i materiali innovativi è fornita dalla Material ConneXion Italia (it.materialconnexion.com), il più grande centro internazionale di ricerca, sviluppo, propaganda e consulenza sui materiali e processi produttivi innovativi e sostenibili. Il database conta più di 7.000 materiali e processi produttivi, suddivisi in diverse categorie: polimeri, ceramici, vetri, metalli, cementi, naturali e derivati, materiali a base di carbonio, processi produttivi.

In particolare, i materiali innovativi attualmente impiegati in ambito edilizio nel mondo possono essere divisi in:

1. Materiali compositi,
2. Schiume strutturali,
3. Calcestruzzi alternativi,
4. Malte eco-sostenibili,
5. Vernici innovative,
6. Materiali isolanti.

1. Materiali compositi

Un “materiale composito” è genericamente un materiale ottenuto combinando due o più componenti in modo che il prodotto finale presenti proprietà diverse da quelle dei singoli costituenti.

Molti di questi prodotti compositi sono arrivati nel mondo delle costruzioni dopo essere stati scoperti e applicati in settori completamente diversi come la medicina e soprattutto l'aeronautica.

Si tratta di materiali prodotti con tecnologie innovative che ne determinano elevatissime caratteristiche fisico-meccaniche, come leggerezza, resistenza e stabilità dimensionale, bassa corrosione e facilità di installazione.

Altra qualità molto importante in ambito architettonico è la loro duttilità e plasmabilità che garantiscono massima libertà di creazione, quindi la possibilità di realizzare forme estremamente originali. I materiali compositi, noti anche con l'acronimo **FRP**, da Fiber Reinforced Polymers, sono i materiali compositi maggiormente utilizzati in edilizia, soprattutto, per interventi di recupero e consolidamento strutturale di opere in calcestruzzo armato e muratura.

Sono ottenuti dalla combinazione di una resina polimerica e di una fibra di rinforzo che può essere vetro, carbonio, keflar, ma anche canapa, bambù e lino. In questi ultimi tre casi si parla di materiali bio compositi.



Figura 7.2.1. Materiali compositi (fonti web https://www.edilportale.com/news/2019/04/focus/materiali-compositi-e-fibrorinforzati-frp-guida-alla-scelta_69977_67.html e <https://zedprogetti.it/2019/04/28/rinforzo-strutturale-materiali-compositi/>)

Negli ultimi anni la ricerca accademica e scientifica a livello nazionale ed internazionale ha permesso la sperimentazione e lo sviluppo di materiali compositi a matrice inorganica conosciuti con gli acronimi **FRCm** (*Fiber Reinforced Cementitious Matrix*): compositi impiegati per il consolidamento strutturale di opere in c.a. o in muratura, costituiti da una rete

di rinforzo fissata al supporto con una malta a matrice cementizia, quindi fondamentalmente inorganica, a differenza degli FRP che sono invece fissati con resine e **CRM** (*Composite Reinforced Mortar*): tecnica riconducibile a quella del tradizionale **intonaco armato** su murature esistenti, che prevede l'utilizzo di un'armatura di rinforzo costituita da **reti ed angolari preformati in fibre di vetro (GFRP) o carbonio (CFRP)** annegati in una **malta strutturale a base di calce o cementizia** (inorganica).

Il ricorso a resine inorganiche consente di sviluppare un sistema composito più compatibile con i supporti murari e con l'edilizia storica in generale, essendo più traspiranti e più resistenti ai solfati rispetto, ad esempio, alle matrici cementizie.

I nuovi materiali compositi sono oggetto di specifici documenti tecnici emanati dal CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) e delle Linee Guida del CSLPP (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).

In sintesi, l'innovazione sui materiali compositi è perseguita agendo sia sulla matrice legante che sulle fibre di rinforzo attraverso la: sostituzione delle fibre sintetiche (vetro, carbonio, etc.) con fibre naturali (p.es. canapa) e minerali (p.es. basalto); sostituzione della matrice polimerica e cementizia con matrici inorganiche a base di calce e/o eco-pozzolana.

AMBITI APPLICATIVI DEI MATERIALI COMPOSITI

I materiali compositi innovativi trovano applicazione nel campo delle tecniche di rinforzo strutturale di elementi in calcestruzzo armato e muratura.

Gli interventi di rinforzo consistono, generalmente, nell'applicazione, per adesione o mediante dispositivi meccanici di ancoraggio, di lamine, tessuti, reti e barre in materiale composito sugli elementi strutturali della costruzione. I materiali compositi innovativi, ovvero realizzati impiegando elementi di rinforzo in fibra naturale e minerale (canapa e basalto) e matrici inorganiche, in particolare, permettono di combinare alti valori di resistenza e rigidità con ottime caratteristiche di leggerezza, durabilità, versatilità e sostenibilità, e quindi, si presentano come soluzioni a basso impatto ambientale e non invasive sia su strutture in calcestruzzo armato che su murature storiche. Grazie all'estrema leggerezza, inoltre, possono essere messi in opera senza l'ausilio di particolari attrezzature e macchinari, in tempi brevi e, spesso, senza interrompere l'esercizio delle strutture da rinforzare. Particolarmente significativo ed innovativo dal punto di vista ambientale risulta essere il processo produttivo degli elementi di rinforzo in fibra naturale e minerale che, rispetto ad elementi di rinforzo in acciaio, necessitano di un minor consumo di energia garantendo quindi, un minor impatto

ambientale anche per effetto della minore CO₂ emessa in atmosfera. In aggiunta, la canapa essendo un materiale “negative carbon” sintetizza il carbonio, riduce le emissioni di CO₂ nell’atmosfera e consente quindi, di mitigare il fenomeno del riscaldamento globale.

Infine, l’utilizzo di matrici inorganiche a base di calce o pozzolana su strutture esistenti in muratura ha mostrato come esse siano da preferire rispetto a quelle organiche e/o cementizie, perché possono fornire una lunga durabilità, un’adeguata resistenza meccanica nonché, elevata compatibilità meccanica e chimico-fisica con il substrato murario grazie alle eccellenti proprietà di permeabilità e resistenza ai solfati.

2. Schiume strutturali

Innovatività e sostenibilità si conciliano nell’ambito delle schiume a matrice polimerica ed ibrida, che mostrano elevate prestazioni sia nella funzione di isolamenti termo-acustici che in quella strutturale. Tra le schiume a matrice polimerica rientrano le schiume poliuretatiche che, esibendo eccellenti caratteristiche di isolamento termo-acustico e di assorbimento agli urti, sono tra le più importanti e diffuse nel settore delle costruzioni; tuttavia, la bassa resistenza e rigidità ne impediscono l’uso come materiali strutturali in campo edilizio.

Per superare questo problema, si sono sviluppate alcune schiume ibride che combinano le proprietà dei materiali inorganici (principalmente proprietà meccaniche, stabilità dimensionale e traspirabilità) con quelle della schiuma polimerica (principalmente isolamento termico, acustico e leggerezza), risultando molto versatili per applicazioni nel settore dell’edilizia e facilmente gestibili in cantiere.

In tale contesto, è stato sperimentato un nuovo materiale che migliora le proprietà meccaniche delle schiume poliuretatiche (polimero organico) mediante l’aggiunta di cemento (materiale inorganico). Tale materiale, noto come *Hypucem*⁶, nasce come unione combinata di una schiuma polimerica con cemento, in cui le due fasi - organica ed inorganica - vengono continuamente connesse tra loro per creare una struttura finale estremamente resistente, uniforme ed omogenea, presentando nel contempo le caratteristiche della fase cementizia idrata e quella della fase polimerica espansa.

Il materiale quindi, presenta proprietà di isolamento termico ed acustico tipica delle schiume poliuretatiche e permeabilità al vapore acqueo, resistenza al fuoco ed elevate caratteristiche meccaniche ed adesione proprie del cemento.

⁶ Brevetto Italiano No. IT2006MI01235, estensione mondiale PCT/IB2007/001842

La principale innovazione delle schiume strutturali può essere così sintetizzata nell'incrementare le proprietà meccaniche delle schiume polimeriche (organiche) attraverso l'integrazione di materiale cementizio (inorganico).

AMBITI APPLICATIVI DELLE SCHIUME STRUTTURALI

Le schiume organiche ed ibride trovano un larghissimo impiego nel settore delle costruzioni, principalmente, come sistemi per la coibentazione di pareti verticali, coperture e pavimenti.

Le applicazioni delle schiume spaziano dalla realizzazione di prodotti specifici per le coperture, alle applicazioni in opera, a spruzzo o mediante iniezione, nelle intercapedini esistenti, allo sviluppo di pannelli isolanti per pareti perimetrali.

L'Hypucem, in particolare, integrando in un unico materiale i vantaggi dei materiali cementizi con quelli delle schiume poliuretatiche, esibisce elevate proprietà fonoassorbenti e termiche e al contempo risulta traspirante, resistente al fuoco, aderente verso i materiali lapidei e dotato di buone proprietà meccaniche. Queste caratteristiche ne consentono l'applicazione in isolamenti termici a cappotto, cavetti di finestre e porte, pareti alleggerite con proprietà termoacustiche, casseri a perdere, strutture sandwich e strutture prefabbricate.

3. Calcestruzzi innovativi

Nel settore del cemento, meno del 40% delle emissioni di CO₂ è legato alla combustione necessaria per fornire energia termica al processo di produzione del clinker, il costituente principale del cemento.

Contestualmente, ad incidere sul profilo ambientale del conglomerato cementizio vi è l'utilizzo indiscriminato di risorse naturali per il confezionamento degli aggregati.

La necessità di preservare e limitare l'uso di risorse naturali, di ridurre le emissioni di CO₂ e, parallelamente, la necessità di limitare i problemi derivanti dallo smaltimento dei rifiuti tramite i processi di riciclo e di riuso, ha portato l'attenzione sulla possibilità di sostituire, parzialmente o totalmente, gli inerti ed il cemento Portland con materiali alternativi e riciclati, tra cui le scorie d'altoforno, le ceneri volanti e il fumo di silice, oppure in forma di nuovi leganti, quali ad esempio i geopolimeri, noti anche come cementi alcalini.

Queste sostituzioni possono ridurre significativamente l'energia richiesta per produrre il cemento e di conseguenza anche le emissioni di CO₂.

Nello specifico quindi, le principali innovazioni sul calcestruzzo sono perseguite agendo sul legante cementizio e sugli aggregati attraverso la messa a punto di leganti innovativi e aggregati riciclati.

Leganti innovativi: Il cemento Portland in una miscela di calcestruzzo può essere sostituito da aggiunte di tipo II (p.es. cenere volante, fumo di silice, etc.) che, oltre a comportare una riduzione degli impatti ambientali consentono, al contempo, di migliorare la resistenza e la durabilità del conglomerato finale.

Oltre al cemento di cui sopra, si possono utilizzare altre tipologie di cementi classificati secondo la norma UNI EN 197-1/2011² sulla base della loro composizione.

Si possono annoverare tra queste innovazioni i clinker belitici (la calcinazione richiede temperature inferiori rispetto al clinker tradizionale e quindi minori qualità di combustibile e di emissioni di CO₂ correlate), i cementi alluminosi (dove la riduzione delle CO₂ è legata alla modifica della composizione chimica della miscela costituente il clinker), i leganti alcalini attivati (Alkali activated binders, ricorso diffuso alle scorie attivate), i cementi alle scorie supersolfatati (Supersulfated slag cements, con un potenziale di riduzione della CO₂ dell'80% rispetto al CEM I), i cementi silicici di calcio carbonatibili (Carbonatable calcium silicate cements, fanno presa a contatto con la CO₂ piuttosto che con l'acqua con un potenziale di riduzione della CO₂ del 60%).

Aggregati riciclati: Generalmente, gli aggregati riciclati sono confezionati utilizzando come materie prime scarti e sotto-prodotti industriali; in dettaglio:

- gli aggregati riciclati possono essere prodotti usando i rifiuti da costruzione e demolizione (C&D) e possono essere impiegati nella costruzione e manutenzione di opere edili, per la realizzazione di elementi costruttivi come rilevati, sottofondi, fondazioni, riempimenti e drenaggi e per la produzione di misti cementati, calcestruzzi e conglomerati bituminosi;
- ulteriori linee di ricerca si sono orientate sulla possibilità di produrre aggregati artificiali leggeri sostituendo all'argilla espansa, inerti prodotti utilizzando come materia prima scarti industriali (polvere di forno da cemento, loppa d'altoforno) e scarti di origine naturale (legno mineralizzato o gusci di palma da olio).

Tra i calcestruzzi innovativi, inoltre, si annoverano i calcestruzzi ad elevatissime prestazioni (o Ultra High Performance Concrete - UHPC), materiali cementizi che nascono dalla necessità di "migliorare" i calcestruzzi tradizionali al fine di rispondere alle esigenze che il moderno settore edile riscontra sia in termini di sicurezza strutturale, sia di durabilità.

In particolare, gli UHPC, rispetto ai calcestruzzi tradizionali, presentano migliori proprietà meccaniche in termini di resistenza, durabilità e stabilità. Tipicamente, tali proprietà sono garantite da:

- un ridotto rapporto a/c (acqua/cemento) per l'impiego di additivi super-fluidificanti;
- impiego di aggiunte minerali (p.es. fumo di silice) che, allocandosi nei vuoti interstiziali lasciati dai granuli di cemento, determinano un sistema meno poroso, più densificato e quindi meccanicamente più resistente oltre che impermeabile agli agenti aggressivi;
- aggregati di frantumazione di alta qualità (basalto, granito, quarzite, ecc.) capaci di assicurare un'elevata resistenza meccanica ed un'ottima adesione all'interfaccia tra aggregato e matrice cementizia;
- aggiunta di fibre che conferiscono al materiale un comportamento duttile (es. Calcestruzzo Fibrorinforzato o Fiber Reinforced Concrete, FRC).

AMBITI APPLICATIVI DEI CEMENTI INNOVATIVI

I calcestruzzi realizzati a partire da aggregati riciclati presentano differenti tipologie di applicazione che dipendono dalla natura e dalla percentuale dell'aggregato riciclato, come riportato nelle norme tecniche delle costruzioni³.

Nel caso di completa presenza di aggregati riciclati nel mix design del calcestruzzo, le applicazioni riguardano la realizzazione di massetti, sottofondi di vario genere e la realizzazione di elementi di arredo urbano. Laddove si utilizzi, invece, una sostituzione di aggregati naturali con quelli riciclati in percentuali inferiori al 30%, il conglomerato cementizio può essere utilizzato anche come materiale strutturale.

In aggiunta agli aggregati prodotti utilizzando rifiuti da C&D, un'altra linea di tendenza riguarda lo sviluppo e la produzione di granuli espansi realizzati con scarti industriali (es. plastica) da utilizzare come aggregati per la produzione di calcestruzzi leggeri (UNI EN 13055-1 e UNI 10667-14) da impiegare in applicazioni strutturali e non.

Con riferimento al primo caso, ad esempio, il calcestruzzo leggero riciclato può essere impiegato per la realizzazione di pannelli prefabbricati strutturali ad elevato isolamento termo-acustico, mentre nel secondo caso per la realizzazione di massetti fonoassorbenti, barriere stradali e recinzioni.

Numerosi vantaggi derivano anche dall'utilizzo di calcestruzzi ad altissime prestazioni per applicazioni strutturali, che, rispetto ai calcestruzzi convenzionali, consentono di incrementare le proprietà meccaniche (resistenza a compressione, a flessione, modulo di elasticità, resistenza del legame malta-aggregati, tenacità e resistenza all'abrasione), di migliorare la durabilità (bassissima permeabilità al cloruro ed all'acqua, alta resistenza agli attacchi chimici,

alta resistività elettrica), di ridurre i costi (es. di manutenzione) e tempi di produzione e messa in opera.

Tra i calcestruzzi ad alta resistenza si annoverano i calcestruzzi fibrorinforzati (Fiber Reinforced Concrete - FRC) e i calcestruzzi autocompattanti (Self Compacting Concrete - SCC).

L’FRC è un calcestruzzo cementizio additivato con fibre corte di acciaio, di materiale polimerico, di materiale inorganico o di materiali naturali, che, dopo la fessurazione, presenta una significativa resistenza residua a trazione (tenacità), mentre il SCC è un calcestruzzo fluido e resistente alla segregazione che, senza necessità di vibrazione durante il getto, è capace di riempire completamente gli spazi tra armature e casseforme. Le principali applicazioni degli FRC riguardano la realizzazione di pavimentazioni industriali in calcestruzzo dove, generalmente, le fibre vengono impiegate in sostituzione della rete elettrosaldata, di barriere autostradali essenzialmente per aumentarne la resistenza all’urto, di dighe e nel settore delle gallerie (sia nelle opere provvisoriale e sia per i rivestimenti finali). Il calcestruzzo SCC, invece, è utilizzato nel settore della pavimentazione industriale, nelle strutture facciavista di notevole pregio, nelle gallerie, nei calcestruzzi preconfezionati e prefabbricati, nelle strutture fittamente armate e nelle opere con geometrie complesse.

4. Malte eco-sostenibili

La performance ambientale della malta a base di cemento, così come per il calcestruzzo, è influenzata dal legante cementizio e dagli aggregati fini naturali (sabbia) presenti nella sua composizione. Con l’obiettivo di ridurre gli impatti ambientali, sono state sviluppate malte eco-sostenibili in cui al cemento o parte di esso si sono sostituiti leganti alternativi e alla sabbia inerti prodotti da scarti e sottoprodotti industriali.

In particolare, nelle malte innovative, gli aggregati di origine naturale sono sostituiti in parte o nella totalità con rifiuti da costruzione e demolizione (C&D, polvere ottenuta dalla macinazione di vecchi laterizi o calcestruzzo demolito) o da scarti del vetro e della plastica.

Particolare attenzione è stata posta anche sulla possibilità di sostituire il legante cementizio con calce ed aggiunte minerali di tipo II (p.es. loppa d’altoforno, cenere volante, pozzolana, metacaolino), riducendo al minimo il quantitativo di legante idraulico e migliorando le caratteristiche di resistenza e di durabilità della miscela.

Le principali innovazioni possono essere sintetizzate nella:

- sostituzione del cemento con leganti low-carbon (p.es. aggiunte di tipo II naturali ed artificiali);
- sostituzione degli aggregati naturali con aggregati riciclati a partire da scarti e sottoprodotti industriali.

AMBITI APPLICATIVI DELLE MALTE ECO-SOSTENIBILI

Le malte eco-sostenibili, prodotte con inerti riciclati e leganti innovativi, trovano applicazione nella realizzazione di massetti, intonaci, sottofondi per le pavimentazioni ed interventi di consolidamento e recupero strutturale di opere in muratura.

Come precedentemente specificato, l'impiego di malte a base di calce su strutture esistenti in muratura (attraverso interventi di ristilatura dei giunti ed applicazione di intonaci armati) ha mostrato come esse siano da preferire rispetto a quelle cementizie, perché possono fornire una lunga durabilità, un'adeguata resistenza meccanica nonché elevata compatibilità meccanica e chimico-fisica con il substrato murario. Le malte innovative inoltre, presentano una bassa conducibilità termica, elevata permeabilità, ottima resistenza al fuoco e durabilità e al contempo garantiscono il requisito meccanico di resistenza a compressione previsto dalle attuali Norme Tecniche delle Costruzioni.

5. Vernici innovative

La radiazione solare durante la stagione estiva provoca un surriscaldamento delle superfici esterne di un sistema edilizio, causando un innalzamento della temperatura interna e quindi, un maggiore consumo di elettricità dovuto all'uso di condizionatori.

Inoltre, gli scambi termici giornalieri possono provocare un indebolimento e un invecchiamento accelerato dei materiali utilizzati per il rivestimento degli edifici, quali guaine, pitture e materiali isolanti.

Una soluzione a questo tipo di problema è data dall'uso di "cool material" ovvero "materiali freschi", in grado di mantenere la propria temperatura bassa durante l'esposizione alla radiazione solare. La particolarità dei "cool material" risiede nell'elevata riflettanza solare, ovvero nell'elevata capacità di riflettere la radiazione solare incidente sul materiale, e nell'elevata emittanza termica, ovvero nell'elevata capacità di riemettere all'esterno il calore assorbito. L'uso della tecnologia "cool roof" è attualmente in vigore negli USA, sia nelle pubbliche amministrazioni che nelle civili abitazioni, soprattutto in Florida e in California, dove la disponibilità commerciale di prodotti certificati risulta molto ampia. In buona parte della penisola italiana invece, questa tecnologia risulta ancora limitata ed usata in maniera più

o meno inconsapevolmente (ad esempio in centri come Alberobello, Ostuni dove il colore predominante delle abitazioni è il bianco) soprattutto per la mancanza di un quadro normativo e di linee guida specifiche.

Tuttavia, sono in corso numerose attività di ricerca volte all'individuazione ed allo sviluppo di vernici "cool roof" da applicare al contesto climatico italiano in grado di esibire buone caratteristiche ottiche spettrali e quindi, evitare il surriscaldamento estivo dei fabbricati, ridurre il consumo di elettricità per il condizionamento dell'aria e le emissioni di gas ad effetto serra, innalzando, inoltre, il livello di comfort percepito dagli utenti.

AMBITI APPLICATIVI DELLE VERNICI INNOVATIVE

Le vernici energetiche innovative trovano applicazione come rivestimenti schermanti e riflettenti su pareti perimetrali ed orizzontali esterne di un sistema edilizio; in maniera più dettagliata, tali vernici sono utilizzate in applicazioni "cool roof" (tetto freddo) e "cool pavements" (pavimenti freddi), ovvero nella realizzazione delle coperture, dei tetti abitativi e delle pavimentazioni urbane.

Generalmente, i sistemi edilizi non adottano alcun tipo di prevenzione contro il riscaldamento da irradiazione solare. Questo determina che la superficie non rivestita può arrivare a raggiungere temperature comprese tra i 60 e i 90°C, determinando uno scarso comfort microclimatico interno che si traduce in utilizzo di sistemi di climatizzazione e quindi, in alti consumi energetici ed emissioni di gas serra. Tali vernici, invece, esibendo proprietà molto spinte in termini sia di riflettività della radiazione solare, sia di alta emittanza, consentono di migliorare il comfort ed il benessere termo-igrometrico degli abitanti e di diminuire il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione.

6. Materiali isolanti

Un edificio, in fase di utilizzo, deve generalmente, garantire una temperatura costante dell'ambiente interno, un'umidità controllata, un adeguato isolamento dai rumori interni ed esterni ed un ricambio d'aria costante; condizioni che possono essere garantite ed ottimizzate attraverso una corretta identificazione, progettazione ed installazione di sistemi di isolamento termo-acustico. L'isolamento termo-acustico è infatti, tra gli elementi che incide in misura notevole sulle valutazioni di sostenibilità di un edificio.

Il materiale isolante, se erroneamente scelto in fase di realizzazione, può determinare un'elevata percentuale di consumi energetici in fase di utilizzo di un edificio, o, viceversa,

ridurre l'utilizzo di energia per il mantenimento delle condizioni di comfort termo-igrometrico all'interno dello stesso.

Numerosi materiali isolanti sono in fase di sviluppo e sperimentazione e tra questi si annoverano il *Vacuum Insulation Panel* (VIP) e l'*aerogel*.

L'*aerogel*, costituito dal 99,8% da aria e dallo 0,2% di silice, si presenta sotto forma di gel in cui la componente acquosa viene rimpiazzata con un gas. Si ottiene così un materiale molto leggero, capace di resistere alle alte temperature e dalle preziose caratteristiche isolanti, grazie a due importanti proprietà del materiale: la struttura stretta del reticolo cristallino impedisce la circolazione dell'aria e, di conseguenza, la dispersione del calore per convezione, mentre la bassa conduttività termica della silice abbatte le perdite per conduzione.

Il *Vacuum Insulation Panel* invece è costituito da una schiuma silicea incapsulata sottovuoto che abbatte la conduttività termica, rivestita da un film con uno strato più esterno in alluminio che riduce la trasmissione per irraggiamento.

Entrambi i materiali presentano una conducibilità termica molto bassa, pari a $0,003 \text{ W/mK}$ per il VIP e $0,013 \text{ W/mK}$ per l'*aerogel*, contro 0,25 e 0,35 W/mK dei materiali isolanti attualmente utilizzati (p.es. poliuretano, lana di roccia, lana di vetro, etc.). Si deduce quindi, che questi materiali sono capaci di fornire un alto potere coibente con spessori inferiori anche di dieci volte rispetto ai materiali isolanti tradizionali, comportando un risparmio in termini di materiali, costi e energia.

AMBITI APPLICATIVI DEI MATERIALI ISOLANTI

Il *VIP* (Vacuum Insulation Panel) e l'*aerogel*, presentando bassissimi valori di conducibilità termica, sono in grado di garantire elevate performance termiche in spessore contenuti e sono quindi impiegati per interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti dove, generalmente è richiesto un alto isolamento termico in bassi spessori: questi materiali sono proposti quindi, come isolanti termici per pareti, coperture e solai.

In particolare, l'*aerogel* e il *VIP* possono essere utilizzati sia per la realizzazione di cappotti termici esterni che di cappotti interni, soprattutto quando la sagoma dell'edificio non può essere alterata, come nel caso di edifici di interesse storico-artistico.

7.3. Nanotecnologia

La **nanotecnologia** definisce uno specifico ramo della scienza applicata e della tecnologia dedicato al controllo della materia su scala atomica e molecolare, più precisamente nanometrica, dove per nanometro s'intende un milionesimo di metro.

Le potenzialità di sviluppo di queste tecnologie nell'industria delle costruzioni sono molto elevate, sebbene il loro uso sia per ora limitato perché le tecniche e i nanoingredienti costano troppo e non consentono, allo stato attuale, di ottenere prodotti in grado di competere con quelli già esistenti. Essi sono principalmente utilizzati in cementi e cls, materiali isolanti e rivestimenti.

Solo le grandi multinazionali ed alcune università forniscono i nano materiali (sono necessarie complesse fasi di laboratorio per la loro produzione), distribuendoli poi al mercato delle altre imprese.

Tra le varie categorie di materiali per l'edilizia derivanti da nanotecnologie, quelli fotocatalitici, basati sul trattamento con biossido di titanio, rappresentano i materiali maggiormente sviluppati, per cui è oggi largamente presente sul mercato un'offerta di prodotti innovativi.

Da tempo le nanotecnologie e le applicazioni sono state numerose e in molteplici campi: dalla medicina all'elettronica, per lo sviluppo di circuiti e sensori, nel settore dell'energia, per additivare i combustibili o per realizzare celle solari ad alto rendimento, solo per citarne alcuni. In edilizia trovano impieghi vari: in materiali compositi strutturali più leggeri e resistenti, nei materiali di rivestimento a bassa manutenzione, in materiali cementizi più performanti. Proprio l'impiego di nanomateriali nella composizione del calcestruzzo porterà a significative riduzioni delle emissioni da CO₂ e l'uso di isolanti termici performanti si tradurrà in un miglioramento dell'efficienza energetica.

7.4 Materiali avanzati

Tra i materiali innovativi rientrano anche i cosiddetti materiali avanzati, recentemente introdotti anche dalla Commissione Europea tra le tecnologie abilitanti ritenute fondamentali per la crescita e l'occupazione, poiché sviluppano soluzioni o miglioramenti tecnologici.

Materiali con nuove funzionalità e caratteristiche che permettono alle imprese di differenziarsi portando innovazioni ed elevando la qualità dei prodotti.

I materiali avanzati si differenziano dagli altri per la loro funzionalizzazione. Spesso per la loro realizzazione viene modificata la loro struttura chimica e fisica. Molto spesso nascono da spinte all'innovazione derivate da altri settori tecnologici.

L'edilizia infatti è un settore in cui l'innovazione penetra molto lentamente.

I materiali per poter entrare nell'uso comune devono essere sottoposti a specifici processi che ne testano le prestazioni. E talvolta a questo si aggiunge il fatto che possono esserci difficoltà tecniche nell'impiego o mancare norme specifiche per regolarne l'uso.

I materiali avanzati portano funzionalità e caratteristiche nuove e performanti.

Possono essere di natura polimerica, ceramica, metallica. Consentono di realizzare prodotti in grado di ridurre l'impatto ambientale e il consumo delle risorse. Sono inclusi in tale categoria anche i cosiddetti smart materials, ossia i *materiali intelligenti* in grado di reagire a opportuni stimoli ambientali, modificando le proprie caratteristiche.

Come la facciata che reagisce alla pioggia, progetto di Chao Chen, studente del Master in Product Design al Royal College of Arts di Londra, o il mattone sviluppato da una ricercatrice del California Polytechnic State University, capace di filtrare l'inquinamento e proteggerci passivamente tra le pareti domestiche: il Breathe Brick. Interessanti anche gli studi sviluppati dall'Università di Tokyo nel settore ceramica che hanno portato alla creazione della ceramica che accumula calore e lo rilascia su richiesta. Una tecnologia in grado di accumulare energia termica per un lungo periodo e di rilasciarla in modo graduale grazie a una leggera pressione.

7.5 Esempi di materiali innovativi provenienti da riciclo di C&D

Gli esempi che seguono non sono esaustivi dei materiali innovativi presenti sul mercato, piuttosto identificano prodotti già sperimentati e diffusi nel campo dell'edilizia, oppure particolarmente rilevanti per le caratteristiche innovative.

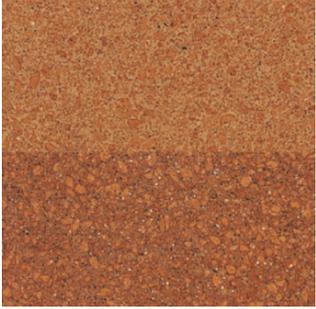
LEGNO

Riguardo al legno, materia prima naturale per eccellenza, bisogna distinguere i prodotti modificati per ridurre il materiale vergine impiegato dai materiali riciclati veri e propri.

Pannello legno riciclato leb / idroleb gruppo Mario Saviola	
	<p>caratteristiche innovative: Il Pannello Ecologico è realizzato al 100% con legno riciclato ed è in grado di coniugare la valenza ambientale con la qualità del manufatto finito. Mantiene la solidità, la compattezza, l'indefornabilità e la resistenza nel tempo dei prodotti similari realizzati con legno vergine.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Grazie a 1,5 milioni di tonnellate di legno post-consumo lavorato ogni anno le aziende del Gruppo Saviola riescono a risparmiare dall'abbattimento 10.000 alberi ogni giorno. Inoltre, la raccolta riduce i volumi destinati alla discarica e determina un minor impatto ambientale. Il Pannello Ecologico è utilizzato per realizzare: mobili, rivestimenti, allestimenti ignifughi, pareti, arredamenti di locali pubblici (scuole, uffici, ospedali, biblioteche, comunità, ecc.)</p> <p>certificazione prodotto Certificazione FSC "100 % Recycled". Certiquality 100% legno post-consumo. Emissioni di formaldeide secondo la normativa CARB statunitense.</p>

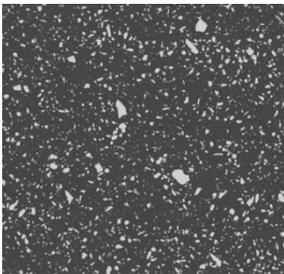
LATERIZI E MANUFATTI CEMENTIZI COMPOSITI

Nel campo delle ceramiche la percentuale di recupero nei prodotti è molto elevata, ma anche per laterizi e manufatti in cemento ci sono numerosi esempi di prodotti che inglobano inerti da riciclo, o impieghi dei materiali di scarto nel ciclo produttivo.

Cottostone SANNINI Impruneta e STONE Italiana	
	<p>caratteristiche innovative: Materiale ricomposto a base prevalentemente di cotto. Sannini, in joint-venture con la Stone Italiana, brevettando questo nuovo materiale, sintesi di storia e tecnologia, è riuscita a fondere due diverse culture, quella del cotto e quella della pietra, associando le qualità dell'uno a quelle dell'altro.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Tra le potenzialità allo sviluppo troviamo le qualità fisiche e prestazionali, meccaniche e di resistenza superiori al prodotto naturale di partenza; programmabilità della produzione in grandi quantità a grandi, medi e piccoli formati e differenti spessori; disponibilità di lavorazione su morfologie diversificate con tagli ad elevata precisione; il ciclo di produzione a lastra singola supera la difficoltà e l'onerosità della segaggione da blocco caratteristica dei lapidei.</p> <p>Tra le problematiche che possono ostacolare la diffusione troviamo: la bassa sostenibilità dovuta all'utilizzo delle resine e il non prevedere nell'impasto frammenti di cotto riciclati; la percezione ottica del prodotto che per precisione e finitura si allontana dalle qualità estetiche dello storico materiale imprunentino.</p>
Thermokappa DANESI LATERTECH s.p.a.	
	<p>caratteristiche innovative Blocco in laterizio porizzato con inserti isolanti (Neopor, sughero o lana di roccia). Garantiscono un miglior comfort abitativo e una sensibile riduzione dei consumi energetici per il raffrescamento estivo. Tra i pregi si può anche menzionare la buona permeabilità al vapore che evita la formazione di condense interstiziali e l'elevato comfort acustico.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Si possono realizzare pareti monostrato dello spessore di 32, 40 cm per edifici a basso consumo energetico, evitando l'impiego di ulteriori sistemi di isolamento. Garantiscono un'elevata sicurezza rispetto alle azioni fuori piano che si possono innescare durante un evento sismico sulle pareti pluristrato.</p>
Sand Matrix Officina dell'Ambiente	
	<p>caratteristiche innovative: Sand Matrix è una materia prima secondaria utilizzata per la produzione del cemento, di manufatti in calcestruzzo, di laterizi e come aggregato per la produzione di conglomerati bituminosi.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Utilizzabile nella produzione dei laterizi come smagrante dell'argilla, nella produzione del conglomerato bituminoso come aggregato fine e nella produzione di manufatti in calcestruzzo. Limita le opere di escavazione per l'approvvigionamento di materie naturali ed evita lo smaltimento di rifiuti speciali in discarica.</p> <p>certificazione prodotto Marcatura CE secondo la UNI EN 12620. Socio GBC Italia. Certificazione ISO 14001 nel 2005. Certificazione Emas nel 2006.</p>

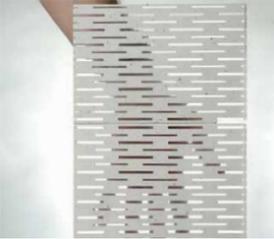
LAPIDEI

Consolidato, anche nel caso dei lapidei, l'impiego di materiali riciclati nei prodotti compositi, come l'agglomerato quarzo-resina *Second Life* della Santa Margherita, con 90% di materiale di riciclo, oppure il pavimento della linea Metallico di Stone Italiana, con inerti metallici da riciclo.

Second Life SANTA MARGHERITA	
	<p>caratteristiche innovative: Agglomerato costituito al 89 % da materiale riciclato (feldspato) legato con resina poliestere arricchita da pigmenti colorati. Differente dagli altri materiali Santa Margherita che invece contengono alte percentuali di materiali naturali come quarzo e marmo.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Le lastre possono essere utilizzate per arredamento d'interni, in particolare per pavimenti e piani cucina. Nell'ottica dello sviluppo sostenibile risulta positivo l'utilizzo di materiali di scarto prodotti dalle industrie di marmi e pietre naturali. Bisogna però indicare la delicatezza del materiale dovuta alla bassa resistenza al calore e agli attacchi acidi.</p> <p>certificazione prodotto Certificazione su contenuto di Riciclato (89% di feldspato). Socio GBC Italia. Certificazione NSF e Greenguard.</p>
Metallico STONE ITALIANA	
	<p>caratteristiche innovative: La caratteristica del materiale è la presenza all'interno dell'impasto di elementi di silicio metallico, ottenuto dagli scarti di lavorazione dell'industria microelettronica e dell'alluminio. Rimane un agglomerato di inerti, resina strutturale poliestere (circa 7%) e coloranti organici. Della resina una parte è originata da fonti vegetali rinnovabili ottenute da piante non GM (geneticamente modificate) ed IP (Identità preservata).</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Viene prodotto in lastre da 140×305 cm per i piani della cucina e del bagno, per i pavimenti e i rivestimenti. La massa del ricomposto ha qualità fisiche e prestazionali fisiche, meccaniche e di resistenza superiori al prodotto naturale di partenza.</p>

CEMENTO

Molto impiegati malte, massetti e intonaci bioedili, o i calcestruzzi drenanti. La ricerca dei maggiori gruppi del cemento si concentra su prodotti con alto contenuto di materiali riciclati, come il Cemento Termico (Italcementi), oppure sull'impiego di materia di recupero nel processo produttivo (molto interesse suscitano l'uso della loppa d'altoforno e della pula di riso nella cementificazione).

I Light ITALCEMENTI	
	<p>caratteristiche innovative: Pannelli realizzati combinando un'innovativa matrice cementizia con resine speciali, i.light consente non solo di trasmettere la luce, naturale o artificiale, ma permette anche di scorgere ciò che si trova al di là del manufatto, creando un effetto trasparenza sorprendente.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo: Tra le potenzialità allo sviluppo annoveriamo: la sua qualità estetica, la facilità di messa in opera, il miglior uso della luce naturale (diminuzione consumi). Tra gli ostacoli allo sviluppo v'è la non totale sostenibilità delle materie di cui è composto (cemento e resina) e l'esistenza di prodotti con qualità estetiche similari anche se di differente resistenza. Infine la sua riciclabilità è diminuita dalla necessaria separazione dei materiali di cui è composto.</p> <p>certificazione prodotto: Aderisce al WBCSB, UNGC (global Compact delle Nazioni Unite). Carbon Footprint, validazione raccolta dati secondo la ISO 14064-1. Certificazione ISO 14001. Presentato Rapporto di sostenibilità 2011.</p>
Eco.buid ITALCEMENTI	
	<p>caratteristiche innovative: Cemento ottenuto con l'utilizzo di materiali rigenerati in sostituzione dei materiali naturali di cava in un'ottica di economia circolare. L'azienda pone grande attenzione al contenimento di CO₂ e al riutilizzo delle acque del processo di produzione. Italcementi sostituisce con materiali di recupero le proprie materie prime naturali provenienti dalle attività estrattive (in cave e miniere) come calcare, argilla e scisti.</p> <p>Fra i materiali alternativi utilizzati ci sono i rifiuti non pericolosi provenienti da altri settori industriali come le ceneri volanti, i gessi chimici, le scorie d'alto forno, e le scaglie di laminazione. Inoltre, utilizza materiali da costruzione e demolizione, tutti sottoposti a rigidi tracciamenti, come aggregati per la produzione di calcestruzzo. Entrambe le pratiche consentiranno di evitare l'escavazione di 15 milioni di tonnellate l'anno di materiali, con una importante riduzione nell'utilizzo di risorse naturali aiutando così a contenere il riscaldamento globale, mantenendo sempre elevati standard qualitativi.</p>
ECONCRETE Eco.Men.	
	<p>caratteristiche innovative: E' realizzato con materiali da C&D + sabbia di fonderia + legante idraulico (cemento) + acqua. Si tratta di una miscela di materiali le cui proporzioni e i quantitativi sono stati prefissati in base agli studi di laboratorio, al fine di ottenere caratteristiche fisico-meccaniche adattabili alle esigenze della sovrastruttura da realizzarsi. Impiega aggregati alternativi, limitando così l'estrazione di materiale naturale. I materiali, che derivano dal recupero di rifiuti inerti, devono infatti necessariamente passare attraverso un processo di recupero debitamente autorizzato.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo: Le sue caratteristiche meccaniche permettono, a parità di prestazioni in opera, una diminuzione dello spessore globale della sovrastruttura. Permette un abbattimento delle tensioni alla base degli strati superficiali in conglomerato bituminoso, aumentando significativamente la vita utile della strada.</p>

Fibre HOLCIM Italia Spa	
	<p>caratteristiche innovative: Calcestruzzo strutturale con fibre in polipropilene o acciaio. L'impiego di fibre in un sistema cementizio migliora la risposta del materiale alla propagazione delle fessure indotta dall'insorgere delle tensioni di trazione.</p> <p>Le Fibre possono essere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • fibre di polipropilene, utili a contrastare il ritiro plastico superficiale riducendo così il rischio di fessurazioni delle strutture. • fibre di acciaio che incrementano sensibilmente la resistenza a flessione e agli urti del materiale, contrastando inoltre il ritiro igrometrico. <p>Test di laboratorio su dosaggi e dimensioni delle fibre hanno determinato la miscelazione appropriata, in relazione ai volumi del getto da eseguire e alle prestazioni richieste dall'opera.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo Indicato per la realizzazione di strutture in cui è necessario ridurre gli effetti del ritiro e dove sia richiesta durabilità e resistenza a forti sollecitazioni e usura. In specifiche situazioni fa evitare l'utilizzo di reti elettrosaldate e/o armature secondarie.</p> <p>Esempi d'applicazione sono: pavimentazioni, strutture idrauliche soggette ad erosione, cls a spruzzo, pile di ponti fluviali in alveo, murature in assenza di armature che richiedono elevate proprietà meccanica e resistenza al fuoco.</p> <p>Riguardo le possibili problematiche del materiale v'è la suscettibilità ad attacchi corrosivi di fibre ad alto contenuto di carbonio.</p> <p>certificazione prodotto Presentato Rapporto di sostenibilità 2011. Socio GBC italia.</p>
I.Clime ITALCEMENTI	
	<p>caratteristiche innovative</p> <p>Il nuovo cemento termico ha le stesse caratteristiche di durabilità e resistenza dei calcestruzzi tradizionali, ma con coefficienti di conducibilità termica molto bassi, grazie alla presenza di aggregati provenienti da materiali inorganici di riciclo che vengono opportunamente trattati per ottenere materiali con caratteristiche innovative. Fra le proprietà del materiale possono essere annoverate la bassa conducibilità termica, l'elevata permeabilità al vapore e l'apprezzabile inerzia termica.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo</p> <p>Le soluzioni previste riguardano sia gli impieghi strutturali che la produzione di pannelli compositi per la formazione di setti o rivestimenti di facciata, sempre a base di materiali cementizi, con gradi di finitura superficiale diversificati e tali da poter sostituire le tradizionali finiture a base di intonaco. Sostenibilità nell'intero ciclo di vita per l'uso di materie di riciclo e la sua stessa riciclabilità. Possibile utilizzo di isolanti appropriati invece che cemento.</p> <p>certificazione prodotto Brevettato da Italcementi.</p>
DERBIGUM NT DERBIGUM	
	<p>caratteristiche innovative: E' una membrana impermeabile bituminosa che, grazie alle nuove tecnologie, apre le porte al concetto di copertura ecologica secondo i principi dell'economia circolare. Applicata con un adesivo a freddo ecocompatibile si ottiene il tetto bituminoso più ecologico del mercato.</p> <p>E' realizzato con materie prime secondarie derivanti da sfridi e da vecchie membrane bituminose riciclate. La formulazione specifica associata ai polimeri conferisce alla membrana caratteristiche notevoli sul lungo termine, tanto dal punto di vista tecnico che ecologico.</p> <p>E' provvisto sulla faccia superiore di due armature, una in velo di vetro e una in tessuto non tessuto di poliestere, per una stabilità dimensionale perfetta e un'eccellente resistenza allo strappo e alla perforazione. Il peso del rotolo (25 kg) ne facilita la movimentazione.</p> <p>potenzialità e ostacoli allo sviluppo: Le sue caratteristiche meccaniche permettono, a parità di prestazioni in opera, una diminuzione dello spessore globale della sovrastruttura. Permette un abbattimento delle tensioni alla base degli strati superficiali in conglomerato bituminoso, aumentando significativamente la vita utile della strada.</p>

7.6 I riflessi dell'introduzione dei nuovi materiali sul processo produttivo e sulla organizzazione del lavoro

L'introduzione di nuovi materiali nell'edilizia non comporta, in linea generale, profonde trasformazioni nel processo produttivo in stabilimento, né nelle fasi lavorative in cantiere. Le trasformazioni indotte riguardano le singole fasi produttive interessate, ma non stravolgono l'organizzazione generale del cantiere e del lavoro.

Sostanzialmente si impiegano le stesse tecnologie, analoghi macchinari, sia per la produzione dei materiali riciclati che per quelli compositi. Nel caso della posa in opera, l'utilizzo di nuovi materiali deve naturalmente essere accompagnato da una formazione specifica dei lavoratori, che mira a far conoscere le nuove caratteristiche e la corretta posa degli stessi.

Maggiore è il grado di innovazione del materiale, tanto più accurata e tempestiva dovrà essere l'azione formatrice, poiché una mancanza di formazione professionale adeguata si potrebbe tradurre in una scorretta modalità di posa, e dunque potrebbe in parte vanificare i miglioramenti conseguibili con l'uso di materiali ad alte prestazioni. Per quanto riguarda invece il processo produttivo nella filiera, ovvero considerando le possibili trasformazioni ed opportunità anche a monte del processo produttivo, si deve sottolineare come l'introduzione e lo sviluppo dei materiali riciclati costituisca un'opportunità per creare interessanti micro economie locali, legate alla raccolta, al recupero e al riciclaggio dei rifiuti, con sviluppo di attività di filiera e creazione di nuova occupazione. Si tratta di un'occupazione non specializzata, necessaria nelle fasi di raccolta, differenziazione e trasporto dei rifiuti, purtuttavia può costituire un'opportunità di crescita e riconversione ecologica dei territori, e costituisce, a sua volta, la condizione necessaria per lo sviluppo dell'industria del riciclato in edilizia.

In generale si può dire che, per i lavoratori coinvolti, sia negli stabilimenti di produzione dei materiali che nei cantieri, come anche nell'ambito delle filiere produttive, non cambiano le mansioni né l'organizzazione del lavoro, piuttosto si aggiungono fasi produttive (fasi di laboratorio nel caso della produzione di nanomateriali, fasi di raccolta e recupero per i materiali riciclati). L'esigenza che si rileva trasversalmente, per tutti i materiali e in tutte le fasi produttive, è quella di una formazione tempestiva ed accurata, e dunque la tendenza alla specializzazione, ai vari livelli, cresce in misura significativa.

7.7 Buone pratiche per la minimizzazione del prelievo di materiale da cava ed il recupero dei residui di cantiere

Per ridurre l'estrazione di materiali di cava bisogna puntare a rendere competitivo il recupero di rifiuti inerti. In Italia ogni anno vengono posti in discarica circa 55 milioni di tonnellate di rifiuti provenienti da demolizioni o costruzioni.

Questi, se correttamente lavorati, possono diventare una eccellente alternativa agli inerti e agli aggregati per il cemento. È questa la strada intrapresa nei principali Paesi europei, dove una politica di progressiva riduzione del conferimento degli scarti edili in discarica accompagnata da un'attenta incentivazione del riciclo per tutti gli usi compatibili sta consentendo di ridurre il prelievo di materiali nelle cave e di aumentare ogni anno la quantità di materiale riciclato e riutilizzato nell'industria delle costruzioni.

Due sono in Italia i temi a cui guardare rispetto alle buone pratiche da attuare: il recupero di aree cava abbandonate e l'innovazione prodotta attraverso il riutilizzo di inerti provenienti dall'edilizia.

Il recupero di aree dismesse per usi ricreativi, turistici e naturalistici sta diventando una pratica diffusa in molte realtà, sia attraverso un intervento degli stessi cavatori che da parte di pubbliche amministrazioni in aree dimesse e abbandonate.

Tra le decine di aree recuperate in tutta la Regione Emilia Romagna, disseminate in tutte le province, spicca la zona di Collecchio (PR). In particolare un'area estrattiva, quella di Madregolo situata ai margini del torrente Taro, ha visto nel corso degli ultimi anni una evoluzione, passando dalla tradizionale attività di cava alla localizzazione di uno dei principali siti regionali in cui vengono riciclati i materiali inerti. Quando è terminata l'attività estrattiva, nel corso del 2008, sono rimasti nel sito gli impianti per il trattamento delle rocce cavate che, con l'acquisto di materiale da altre cave, sono successivamente stati riattivati per la produzione di aggregati da utilizzare nelle operazioni di manutenzione di strade ed autostrade.

I risultati anche in questo caso sono estremamente positivi, grazie alla produzione annuale di 25.000 tonnellate di aggregati riciclati e circa 32.000 tonnellate di asfalto riciclato.

Un esempio di recupero e riutilizzo di materiale derivato dalla demolizione di strutture esistenti è rappresentato dal nuovo Stadio della Juventus. La sua realizzazione ha infatti visto il recupero dei materiali dismessi del vecchio Stadio "Delle Alpi" che sono stati poi reimpiegati nel nuovo cantiere. Si tratta di 40.000 metri cubi di calcestruzzo, frantumati ed utilizzati come sottofondo del rilevato strutturale del nuovo impianto, a cui si aggiungono

5.000 tonnellate di acciaio, 2.000 metri quadrati di vetro e 300 tonnellate di alluminio. Il tutto ha portato anche un notevole risparmio economico stimato in circa 2 milioni di euro.



Fig.7.7.1. Juventus Stadium

Un altro esempio di recupero e riutilizzo di materiale derivato dalla demolizione di strutture esistenti è rappresentato dai padiglioni dell'Expo 2015. I cantieri hanno visto un largo utilizzo di acciaio, dalle strutture portanti alle fondazioni smontabile e recuperabile al 100%. Dopo Expo le 1.000 tonnellate di elementi in acciaio, giuntate mediante bulloni, sono state smontate e trasportate per poi riassemblarle a Dubai per Expo2020.



Fig.7.7.2. Expo

7.8 Buone pratiche di utilizzo di materiali provenienti dal riciclo di rifiuti da C&D nelle infrastrutture

Tra le buone pratiche da segnalare c'è quello del riciclo degli inerti. Un esempio concreto di quanto l'innovazione del settore può portare ad un vero sviluppo sostenibile, accompagnato dalla crescita occupazionale, è quello dell'azienda veneta Eco.Men., del Gruppo Me.Fin..

L'inizio dell'attività risale agli inizi degli anni '50, e la conoscenza del territorio e dei suoi materiali, del mercato e delle sue esigenze fa evolvere l'attività indirizzandola verso la produzione di calcestruzzo e alla gestione dei trasporti, fino al recupero di materiali inerti e alla loro riqualificazione.

L'unità Eco.Men. di Carmignano di Brenta (PD) è dotata di un impianto per la riqualificazione di rifiuti. L'attività, che prevede il riutilizzo di diversi tipi rifiuti inerti (tra i quali materiali da C&D, scorie di acciaieria, sabbie di fonderia), è autorizzata al trattamento di 730.000 tonnellate all'anno di rifiuti e garantisce il proprio prodotto finito da una serie di procedure di controllo aziendali e ambientali che permettono il monitoraggio costante del materiale in impianto.

Questi materiali, che derivano dal recupero di rifiuti inerti, devono infatti necessariamente passare attraverso un processo di recupero debitamente autorizzato. Per la gestione dei rifiuti vengono effettuate verifiche a monte (che comprendono la classificazione del rifiuto come non pericoloso e non tossico, in funzione dell'autorizzazione dell'impianto) e verifiche a valle del processo di recupero condotte per accertare la rispondenza dei parametri delle analisi rispetto all'autorizzazione.

Tra gli esempi più importanti in cui sono stati utilizzati i materiali riciclati ci sono alcune infrastrutture stradali come il Passante di Mestre, la Variante della SS 246 a Montecchio Maggiore, la Tangenziale di Limena (PD) e l'Interporto di Padova. Uno degli esempi più curiosi è quello relativo alla storia della nascita della Tangenziale di Limena. Tutti i materiali utilizzati per realizzare il sottofondo di questa infrastruttura, completata nel 2004, sono stati ricavati dalla demolizione dell'ex mangimificio "Sole" di Cittadella (PD), edificio che era in disuso dal 1990. I 4.000 metri cubi di macerie ottenuti, pari a 5.500 tonnellate di cotto e calcestruzzo, sono stati lavorati per ottenere uno stabilizzato granulometrico ottimale, il che ha permesso di non avvalersi di materiale altrimenti estratti in natura ed evitare inoltre l'inutile sfruttamento di discariche. Uno dei prodotti più importanti di questa azienda, soprattutto per le sue applicazioni, è denominato Econcrete, che deriva dal recupero di rifiuti di lavorazioni

industriali e di materiali da demolizione e costruzione limitando così l'utilizzo e l'estrazione di materiale naturale dalle cave. Nel caso del Passante di Mestre l'utilizzo di Econcrete ha garantito un risparmio di materiale naturale del 71%, una riduzione delle deformazioni del materiale sottoposto a sollecitazioni veicolari variabile dal 10 al 37%, un aumento della vita utile della strada pari a 88% e un sensibile abbattimento dei costi complessivi dell'opera.

Un altro esempio in cui sono stati utilizzati i materiali riciclati nella realizzazione di un'infrastruttura riguarda il primo tratto della pista ciclabile realizzata a Roma con il progetto GRAB (Grande Raccordo Anulare delle Bici), a Lungotevere Oberdan, ripavimentato con asfalto green e tecnologico, studiato ad hoc per le piste ciclabili. Il tratto di pista ciclabile è stato sostituito con asfalti e additivi di ultima generazione, che hanno permesso di utilizzare per oltre metà materiale proveniente dal riciclo. Inoltre l'aggiunta di materia prima seconda permette di abbassare le temperature di lavorazione, e di conseguenza di risparmiare energia e di ridurre i vapori bituminosi, aumentando di quasi il doppio la vita delle pavimentazioni grazie a speciali polimeri.

A questi esempi di buone pratiche devono affiancarsi però un atto di coraggio da parte del Governo e dei privati, introducendo nei capitolati una percentuale minima di aggregati riciclati non inferiore al 50% che vadano ad interessare non solamente gli Enti pubblici e le società a prevalente capitale pubblico, ma tutti gli interventi e le opere pubbliche e private senza distinzione.

I Comuni possono individuare percentuali fisse e cogenti di utilizzo per le opere pubbliche e favorire l'impiego di aggregati riciclati con incentivi e premialità per le opere private. Il regolamento edilizio di Bologna, già da qualche anno, ha individuato nell'incremento del volume edificabile uno strumento interessante che ha sortito buoni risultati. L'incentivo diventa un elemento progettuale di significativa importanza economica.

E' in via di definizione da parte del Comune di Ferrara un accordo fra associazioni di categoria e con gli organi di controllo, nonché con gli ordini professionali, per la promozione dell'impiego di aggregati di riciclo nelle diverse opere pubbliche e private: si ritiene importantissimo il coinvolgimento di tutti i soggetti interessati per superare la diffidenza dei progettisti sull'uso di inerti riciclati. A tale proposito, la Regione Piemonte, proprio nel proposito di incentivare l'utilizzo dei riciclati, promuove, oltre alla differenziazione del prezzo, l'idea di affiancare al prezzario un capitolato speciale d'appalto.

8. Conclusioni

8.1 Stato attuale: Tavoli di lavoro

Secondo l'**European Environment Agency**, ciascuna delle fasi del ciclo di vita di un edificio, dalla progettazione alla costruzione all'utilizzo fino alla demolizione, offre numerose opportunità per incrementare il tasso di circolarità e ridurre le emissioni, tanto che se si riuscissero ad attuare tutte le iniziative presentate nel **Piano d'azione per l'economia circolare dall'Unione Europea**, entro il 2050 le emissioni prodotte dagli edifici durante tutto il loro ciclo di vita potrebbero ridursi del 60% rispetto ai valori del 2015.

Affinchè si mettano in pratica queste iniziative bisogna puntare sull'innovazione e sulla sostenibilità.

Diversi sono stati i tavoli di lavoro per discutere e fornire contributi sull'economia circolare nel campo dell'edilizia in questi ultimi anni: tra gli ultimi e più interessanti c'è il position paper "**L'economia circolare: un'opportunità per ripensare le costruzioni**", elaborato durante **Italia 2030**, il progetto del **Ministero dello Sviluppo Economico e Luiss Business School** per il futuro sostenibile del Paese.

In esso, tra le altre cose, sono state individuate **tre aree di intervento prioritarie per ripensare il mondo dell'edilizia**.

1. È prima di tutto necessario concentrarsi sul **tema dei rifiuti derivanti dalle demolizioni e delle costruzioni**, e in particolar modo sulle barriere di natura giuridica e tecnica che ostacolano il recupero, il riciclo e l'utilizzo di questi materiali. In attuazione delle Direttive europee si devono fissare i riferimenti normativi che valgano su tutto il territorio nazionale, e che le Regioni possono dettagliare ma senza vuoti normativi o contraddizioni.

E' anche fondamentale intervenire rispetto all'impatto ambientale del settore delle costruzioni, riducendo il prelievo di materiali da cava. E' possibile farlo premiando nei capitolati di appalto i materiali provenienti da inerti riciclati, e rivedendo i costi di smaltimento in discarica e di prelievo da cava come si è fatto negli altri Paesi europei dove si sono ridotte le cave e aumentati i posti di lavoro.

2. La seconda area di interesse individuata è quella dei **materiali alternativi**, con la necessità di determinare degli indicatori in fatto di sostenibilità e durabilità delle materie scelte. L'innovazione tecnologica nella progettazione di nuovi materiali è fondamentale, sia perché essa contribuisce a migliorare la sostenibilità globale

(recuperando e riciclando una quantità sempre maggiore di materiali provenienti da precedenti cicli produttivi in campo edilizio) sia perché migliora la qualità del costruito e le condizioni professionali e di sicurezza dei lavoratori (in quanto sono progettati e realizzati intervenendo sulla loro composizione, sul ciclo di produzione e sulla fase di fine vita con l'obiettivo di migliorarne le prestazioni meccanico-strutturali e ambientali). È necessario certificare questi prodotti con strumenti univoci ed efficaci per la diffusione di informazioni riguardo la loro sostenibilità. Un importante strumento in tal senso è la Dichiarazione Ambientale del Prodotto. Le Dichiarazioni Ambientali di Prodotto o EPD (Environmental Product Declaration) forniscono infatti, dati quantitativi sul profilo ambientale di un prodotto, calcolati secondo le procedure del ciclo di vita (Life Cycle Assessment) ed espressi tramite indicatori di impatto ambientale.

In questa direzione in Italia nel 2015 è nato il programma EPDIItaly (epditaly.it), sviluppato dalla ICMQ S.p.A.⁷, il cui scopo principale consiste nel fornire uno strumento per valorizzare l'impegno che le aziende italiane stanno riponendo nel ridurre gli impatti ambientali legati ai prodotti o servizi erogati. Lo strumento è rappresentato dalla Dichiarazione Ambientale di Prodotto nella quale l'azienda può riportare le informazioni di carattere ambientale legate ai prodotti e servizi sviluppati. Le EPD all'interno del Programma EPDIItaly, in particolare, consentono alla aziende di comunicare le performance ambientali dei propri prodotti/servizi in modo comprensibile e credibile, in quanto oggetto di verifica da parte di un soggetto terzo indipendente (Organismo di certificazione). Nel 2016, inoltre, è stato approvato il nuovo Regolamento di EPDIItaly (rev.2) contenente l'iter per la creazione di una EPD, nonché le modalità di gestione delle EPD all'interno del Programma EPDIItaly (epditaly.it/general-programme-information).

Attraverso le EPD le aziende edilizie potranno:

- posizionare in maniera distintiva i propri prodotti sul mercato consentendo a consumatori e partner commerciali di fare scelte consapevoli;
- rispondere ai requisiti ambientali richiesti dalle recenti normative;

⁷ ICMQ è organismo accreditato da ACCREDIA (n. registrazione 002H) per la verifica e convalida delle dichiarazioni ambientali di prodotto per i prodotti da costruzione, per i cementi, per il calcestruzzo e per l'acciaio

- rafforzare il proprio impegno verso la sostenibilità; implementare un sistema di miglioramento continuo della qualità ambientale dei prodotti e servizi per l'edilizia.

Le aziende produttrici dotandosi della EPD quindi, vedranno riconosciute le caratteristiche di sostenibilità dei materiali e dei prodotti sviluppati ed al contempo, acquisteranno maggior valore e prestigio nel mercato delle costruzioni.

3. Infine è necessario lavorare ai criteri di progettazione e di gestione delle costruzioni, con particolare attenzione alla digitalizzazione e alla riduzione della vulnerabilità climatica.

La maggior parte delle imprese edili sa che la digitalizzazione offre molteplici opportunità e nuove possibilità per la creazione di processi effettivi ed efficienti.

La digitalizzazione sta introducendo di fatto significative trasformazioni nel settore delle costruzioni: nella gestione delle risorse umane, nel disegno assistito dal computer, nella partecipazione alle gare di appalto partecipate su piattaforme digitali, nella contabilità dei lavori con software dedicati.

Tra i vari strumenti, emergono in modo particolare nell'ambito della digitalizzazione:

- il BIM (Building Information Modeling - *modello di informazioni relative ad un edificio*): un modello che contiene tutte le informazioni che riguardano l'intero ciclo di vita dell'edificio, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione. La premessa di base del Building Information Modeling è la collaborazione tra diverse persone coinvolte nelle diverse fasi del ciclo di vita di un'opera al fine di inserire, estrarre, aggiornare o modificare le informazioni nel BIM.

Pertanto, con l'ausilio del modello virtuale BIM e il contributo di tutte le figure (architetti, ingegneri, consulenti, analisti energetici, ecc.) coinvolte nel progetto, *l'opera viene "costruita" prima della realizzazione fisica*. Ciò consente di disporre di un quantitativo di informazioni attendibili e trasmissibili, in un modo che non era possibile in precedenza.

Recepito in Italia con un decreto legge nel 2017, è obbligatorio per le opere di importo a base di gara sopra i 15 milioni.

- i sistemi per la gestione documentale (DMS, Document Management Systems): software per mezzo del quale è possibile creare, condividere, archiviare e

consultare i documenti in modo facile e immediato e gestire l'intero processo di approvazione e conservazione.

Qualsiasi documento è immediatamente reperibile, a disposizione per essere inoltrato a uffici interni, clienti, fornitori. Può essere inserito in un processo di workflow che consente a una comunità di utenti di svolgere in modo collaborativo qualunque funzione e produrre documenti certificati.

- ed il cloud computing (risorse di archiviazione, database, rete, etc, tramite internet) per offrire innovazione rapida, risorse flessibili ed economie di scala.

8.2 Conclusioni finali

Con il presente lavoro si è voluto affrontare la problematica dei rifiuti provenienti dalla gestione dei materiali di costruzione e demolizione e dare una risposta sul come una loro corretta gestione potesse portare a notevoli benefici in termini di sostenibilità e qualità della vita, offrendo anche notevoli vantaggi per l'industria delle costruzioni e del riciclaggio dell'Unione Europea.

Si è visto che con l'attuazione delle iniziative presentate nel **Piano d'azione per l'economia circolare dall'Unione Europea** si hanno notevoli vantaggi che sono tanto più evidenti se si analizzano gli esiti delle trasformazioni produttive non solo nell'ambito dell'edilizia, ma piuttosto in tutta la filiera produttiva, che comprende le attività industriali a monte (produzione dei materiali e componenti per l'edilizia), e quelle a valle (attività di gestione e commercializzazione).

Il miglioramento della qualità e sostenibilità degli interventi, la creazione di una vera e propria filiera di recupero e riutilizzo dei materiali inerti in edilizia, oltre ad apportare notevoli miglioramenti da un punto di vista ambientale, permetterebbe secondo l'Unione Europea, di creare almeno 700 mila nuovi posti di lavoro a regime entro il 2030, che possono arrivare a circa 1 milione considerando tutto l'indotto della filiera delle costruzioni.

Parallelamente al superamento delle criticità tecniche, tuttavia, è essenziale ricordare l'importanza che ricopre anche **il cambio di mentalità**: Il ruolo del cliente o dell'utente finale di una costruzione è cruciale per l'adozione dei principi dell'economia circolare nella sua costruzione da parte di diverse parti interessate (Adams et al., 2017) poiché il cliente stabilisce gli obiettivi per la sostenibilità. Per cui sono prioritarie le politiche di prevenzione e affinché le politiche si possano trasformare in comportamenti virtuosi è cruciale l'aspetto della

comunicazione, per aumentare la consapevolezza e generare un cambio di mentalità, in particolar modo se le azioni diventano poi premianti.

8.3 Conclusioni finali – Caso Pratico

Si vuole terminare questo lavoro riportando il caso pratico di una ristrutturazione con superbonus 110% su un'abitazione unifamiliare, nel rispetto delle indicazioni riportate nel Decreto Rilancio n.34/2020.

I lavori vengono eseguiti con materiali che rispondono ai requisiti dei Criteri Ambientali Minimi (CAM) – decreto 11 ottobre 2017, nel quale, tra gli scopi del legislatore, ci sono la tutela della salute e della sicurezza delle persone e dell'ambiente.

In particolare, il decreto prevede che i prodotti da costruzione possiedano almeno una ben definita percentuale di materiale riciclato⁸.

Nel caso specifico si sta eseguendo intervento di rinforzo strutturale antisismico con prodotti della linea Keracoll GeoSteel (Figura 8.3.1) basato sull'impiego di Geomalte minerali e naturali a base di Geolegante e calce naturale NHL associate a tessuti GeoSteel in acciaio perlitico galvanizzato a elevatissima resistenza e tenacità. Questi sistemi rispettano pienamente le nuove concezioni progettuali e le indicazioni normative vigenti, proponendo sistemi moderni, innovativi, semplici da realizzare, meno onerosi e più rapidi, totalmente ecosostenibili, rispettosi della salute degli operatori e dell'ambiente.



Figura 8.3.1. Keracoll GeoSteel

⁸ (<https://www.donnegeometra.it/portfolio/il-superbonus-110-soltanto-con-materiali-idonei/>)

Successivamente verrà eseguita la posa in opera di pannelli isolanti in polistirolo espanso sinterizzato (EPS) della ditta Polyplast (Figura 8.3.2).



Figura 8.3.2. Pannelli isolanti in polistirolo espanso sinterizzato (EPS) della ditta Polyplast

Tali materiali sono rispondenti ai requisiti contemplati alla lett.a) dell’art.119 del D.L. 34/2020 (**Decreto Rilancio**) secondo cui “i materiali isolanti applicati sulle pareti esterne degli edifici rispettino i dettami dei CAM (Criteri Ambientali Minimi) Edilizia di cui al Decreto 11/10/2017”; in particolare inoltre, è richiesta la conformità al punto 2.4.1.3 “sostanze pericolose”. La gamma di **pannelli in EPS** (polistirene espanso sinterizzato) inoltre è in possesso della certificazione ambientale EPD Italy sul mercato italiano.

Anche i materiali utilizzati per la coibentazione del tetto saranno rispondenti ai requisiti richiesti dalla normativa, comprese le tegole, capaci di contrastare il fenomeno del surriscaldamento globale grazie all’effetto albedo (le tegole riflettono, attraverso la loro superficie con vernici riflettenti, la radiazione del sole).

In definitiva si può concludere che l’Italia, attivando lo strumento del superbonus 110%, ha prodotto un duplice effetto positivo:

- far ripartire il settore delle costruzioni, in crisi da decenni, producendo effetti consistenti sull’economia;
- rigenerare gli edifici costruiti, puntando sulla sostenibilità ambientale e sul risparmio energetico, per rispondere alle importanti sfide climatiche ed

ambientali previste per il settore civile dal *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*, soprattutto con l'impiego di nuove tecnologie e di materiali innovativi.

Attraverso questo bonus, quindi, è possibile innescare una catena virtuosa che si autoalimenta e che ha un impatto significativo su molti importanti aspetti del Paese, dall'aumento del Pil nazionale, all'incremento del livello di occupazione, passando per il miglioramento e la rivalutazione del patrimonio edilizio. Affinché, però, questo circolo faccia sentire i suoi effetti anche in futuro, è necessario che tali interventi non si limitino a essere strumenti passeggeri per superare la crisi attuale, ma diventino strutturali e disponibili anche dopo la ripresa.

9. Bibliografia

- Altamura Paola, Costruire a zero rifiuti, Franco Angeli, Milano, 2015
- Bompan E., Brambilla I. N., Che cosa è l'economia circolare, 2016
- Bonoli, I materiali riciclati “driver” dell’edilizia sostenibile, 2015
- BRE Smartwaste, 2015, <https://www.smartwaste.co.uk/page.jsp?id=30>
- D.Lgs 50/2016 Codice Appalti e D.Lgs. 56/2017 Correttivo al Codice Appalti – il Green Public Procurement diventa obbligatorio
- Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna, in applicazione dell’Accordo di Programma, 2004
- ISPRA, Delibera 89, Criteri e indirizzi tecnici condivisi per il recupero dei rifiuti inerti, 29 novembre 2016
- Comunicazione della Commissione 2018/C 124/01 del 9 aprile 2018 - Orientamenti tecnici sulla classificazione dei rifiuti - Informazioni provenienti dalle istituzioni, dagli organi e dagli organismi dell'Unione Europea
- CAM Edilizia: Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici (approvato con DM 11 ottobre 2017, in G.U. Serie Generale n. 259 del 6 novembre 2017)
- Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Napoli Associazione Costruttori Edili della Provincia di Napoli, La Gestione dei Rifiuti nelle Attività di Costruzione e Demolizione, 2009
- Circular Economy Network, ENEA, 3° Rapporto economia circolare, 2021
- Commissione Europea, Nuovo piano d’azione per l’economia circolare, 2020
- Commissione Europea, Piano d’azione dell’Unione europea per l’economia circolare, 2015
- Commissione Europea, Pacchetto sull’economia circolare: domande e risposte, 2015
- Commissione Europea, Protocollo UE per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione, 2016
- Commissione Europea, decisione 2014/955/UE, 2018
- D.Lgs 50/2016 Codice Appalti e D.Lgs. 56/2017 Correttivo al Codice Appalti – il Green Public Procurement diventa obbligatorio
- D.Lgs 152/06 e s.m.i., Codice dell’Ambiente (TUA), 2021

- Ceruti F., Luciano A., Luprano V., Ottimizzare la filiera della costruzione e demolizione, ENEA, 2019
- Edillab Dossier tematici 5, 2017
- Ellen MacArthur Foundation, Circular Economy, pubblicazioni varie
- ENEA, 3° rapporto sull'economia circolare in italia, 2020
- ENEA, Ecoprogettazione e Modelli di business circolari e collaborativi in edilizia, 2020
- Federbeton Confindustria, Rapporto di sostenibilità, 2019
- Fillea, CGIL e Legambiente, innovazione e sostenibilita' nel settore edilizio "costruire il futuro"
- GBC Italia, Linee guida per la progettazione circolare di edifici, 2020
- Green Building Council Italia, Economia circolare in edilizia, 2019
- ICESP (Italian Circular Economy Stakeholder Platform), "Città e Territorio Circolari", 2021
- Invitalia, Ministero dello Sviluppo Economico, Digitalizzazione ed Economia Circolare nelle Imprese Cooperative ed Economia Circolare, 2019
- Ispra, Rapporto rifiuti speciali, 2021
- Legambiente, Rapporto Cave, 2021
- Parlamento europeo e del Consiglio, Direttiva 2008/98/CE, 2008
- Parlamento europeo e del Consiglio , Direttiva (UE) 2018/851, 2018
- Parlamento europeo e del Consiglio , Regolamento UE 305/2011 (CPR), 2011
- Rapporto dell'osservatorio Recycle - legambiente – 100 materiali per una nuova edilizia, 2016
- Rapporto dell'osservatorio Recycle – L'economia circolare nel settore delle costruzioni, 2017
- SNPA, Linee Guida per l'applicazione della disciplina dell'end of waste (EoW), 2020
- Stefania Di Corato, Buona Pratica nella gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione. Confronto tra normative e metodologie in Italia e in Spagna. Rel. Fabio Manzone, Politecnico di Torino, Corso di laurea magistrale in Ingegneria Edile, 2018
- UNI/PdR 75:2020, Decostruzione selettiva - Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un'ottica di economia circolare