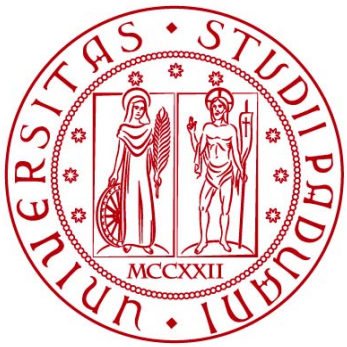
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE
Department Of Civil, Environmental and Architectural Engineering

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura



TESI DI LAUREA

I RIFIUTI COME RISORSE NEL PROCESSO EDILIZIO. APPLICAZIONE AD UN CASO STUDIO

Relatore:
Chiar.ma PROF.SSA ROSSANA PAPARELLA
Correlatore:
Chiar.mo PROF. MAURO CAINI

Laureando: MARCO CAVESTRO
n° matr. 1024242

ANNO ACCADEMICO 2016-2017

Indice

PREMESSA 1

CAP. I: INQUADRAMENTO NORMATIVO

1.1 Introduzione 5

1.2 Normativa europea 7

1.3 Normativa italiana 10

CAP. II: MATERIE PRIME E RIFIUTI IN EDILIZIA: DEFINIZIONE DEL PROBLEMA

2.1 La scarsità delle materie prime 17

2.1.1 Le produzioni dalle attività di cava 19

2.2 L'eccesso dei rifiuti 21

2.2.1 Il groviglio delle terminologie 21

2.2.2 Statistiche sui rifiuti 24

CAP. III: I RIFIUTI COME RISORSE NEL PROCESSO EDILIZIO

3.1 Il modello circolare delle risorse 31

3.1.1 Le varianti al modello circolare 32

3.1.2 La gerarchia dei rifiuti 35

3.1.3 Le materie prime secondarie 38

3.2 Il ciclo chiuso delle risorse nel processo edilizio 43

3.2.1 Distinzione tra sistema, processo e ciclo delle risorse edilizio 44

3.2.2 L'importanza delle fasi decisionali 48

3.2.3 Input e output di materia nel ciclo edilizio 53

3.2.4 I vincoli alle soluzioni innovative 67

3.2.5 Le strategie tecniche di intervento 69

CAP. IV: RECUPERO DI PRODOTTI E RIFIUTI DAL PROCESSO DI DEMOLIZIONE

4.1 Introduzione 73

4.2 La gestione dei rifiuti da C&D 75

4.3 Riuso e riciclo degli scarti edilizi 79

4.4 Demolizione selettiva 81

4.4.1 I ruoli degli operatori nel processo di demolizione 82

4.4.2 Audit pre-demolizione 86

4.4.3 Le tecniche esecutive di demolizione 91

4.4.4 Il piano di gestione dei rifiuti da cantiere 95

4.4.5 La raccolta differenziata in cantiere 96
4.5 Le potenzialità di recupero dei materiali edilizi 98

CAP. V: UTILIZZO DI MPS E PRODOTTI DI RECUPERO NEL SISTEMA EDILIZIO
5.1 Introduzione 107
5.2 I prodotti e le MPS per l'edilizia 109
5.2.1 Le procedure prima dell'utilizzo 110
5.2.2 L'esistenza dei mercati telematici 113
5.3 La progettazione sostenibile degli edifici 116
5.3.1 I CAM edilizi 118
5.3.2 *Design out waste* 120
5.4 I sistemi di certificazione ambientale 124
5.4.1 Certificazione ambientale dei prodotti 124
5.4.2 Certificazione ambientale degli edifici 129

CAP. VI: CASO STUDIO: VILLA BERTA A CAMIN DI PADOVA
6.1 Introduzione 141
6.1.1 Localizzazione del fabbricato 141
6.1.2 Analisi storica del fabbricato 143
6.1.3 Stato di fatto del fabbricato 145
6.1.4 Proposta progettuale 147
6.2 Applicazione al caso studio 149
6.2.1 Metodologie di calcolo 150
6.2.2 Demolizioni: stima del recupero 154
6.2.3 Sistemazione del cantiere 159
6.2.4 Nuove costruzioni: calcolo del contenuto di riciclato 161

CONCLUSIONI 167
SCHEDE TECNICHE DI PRODOTTO 169
APPENDICE 187
ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA 203
ELENCO FIGURE 207
ELENCO TABELLE 209
RIFERIMENTI 211
ELABORATI DI PROGETTO

Premessa

La sostenibilità ambientale, parte del concetto più ampio di sviluppo sostenibile inteso come la possibilità di soddisfare i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le capacità di quelle future[1], è un tema che con l'avanzare del tempo diventa sempre più importante e non più trascurabile.

Con il "Settimo programma di azione per l'ambiente" [2] l'Unione europea sta tentando di guidare gli Stati membri nella scelta delle politiche ambientali da seguire; infatti oltre a promuovere un'economia a basse emissioni di carbonio ed efficiente nell'impiego delle risorse e a ridurre le minacce per la salute ed il benessere dei cittadini, ha fissato il raggiungimento di alcuni obiettivi prioritari entro il 2020, con una chiara visione di lungo periodo fino al 2050.

Si stima che gli edifici assorbano la quota maggiore del consumo finale totale d'energia dell'UE pari al 42%, che producano il 35% circa delle emissioni di gas a effetto serra[3] e che siano responsabili di un terzo del consumo d'acqua totale. Inoltre ai sistemi edilizi è attribuito il consumo di almeno il 50% dei materiali estratti[4] e la produzione di più del 30% dei rifiuti[5]. Ciò induce ad affermare che l'attività edilizia sia uno dei settori a più alto impatto ambientale a cui è assolutamente necessario richiedere un sostantivo miglioramento in termini di sostenibilità.

La tabella di marcia dell' "iniziativa faro"[6] denominata "Un'Europa efficiente nell'uso di risorse" proposta dalla Commissione europea sulla base della strategia Europa 2020 è stata molto ottimista nel prevedere che alla fine del decennio gli edifici di nuova costruzione saranno in grado di ottenere un consumo di energia quasi nullo (NZEB - *Nearly Zero Energy Buliding*)[7] e che il 70% dei rifiuti di costruzione e demolizione non pericolosi sarà riciclato[8].

L'obiettivo è ambizioso e di certo sono già stati fatti molti passi avanti, grazie soprattutto allo sviluppo delle energie rinnovabili, all'innovazione di soluzioni tecnologiche volte al risparmio

[1] G. H. Brundtland, Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future (chiamato "Rapporto Brundtland"), Oslo, 1987, http://www.un-documents.net

[2] Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 *«Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»*

[3] Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni COM(2007) 860, in materia di *Mercati guida: un'iniziativa per l'Europa*

[4] COM(2011) 571, in materia di *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*

[5] *Energy, transport and environment indicators*, 2016 edition, Luxembourg, Publications Office of the European Union, http://www.eurostat.eu, pp. 150-154

[6] COM (2010) 2020

[7] In conformità con l'articolo 9 della direttiva 2010/31/UE del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia

[8] Art. 11, Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

energetico e all’evoluzione delle normative in materia ambientale, anche per promuovere un’economia basata sul modello circolare.

Il lavoro che è stato affrontato nella tesi, in particolare, si focalizza sull’ottimizzazione dell’uso delle risorse nel processo edilizio, approfondendo soprattutto gli aspetti di riduzione delle materie prime estratte dall’ambiente e della quantità di rifiuti conferiti in discarica; il tutto però senza mai prescindere dagli altri impatti ambientali che potrebbero influenzare e rendere vano l’obiettivo finale.

Il problema è in realtà complesso e da estendere a diverse attività economiche, in quanto richiede la necessità di intervenire in tutte le fasi di trasformazione dei materiali e del ciclo di vita dell’edificio, dall’estrazione e successiva lavorazione delle materie prime, passando per la produzione dei prodotti, la costruzione e la fase di utilizzo dell'opera, compresi gli eventuali interventi di recupero edilizi, fino alla demolizione e conseguente smaltimento o recupero degli scarti.

Nel tentativo di proporre delle possibili soluzioni al tema, il presente elaborato si impegna a individuare alcune strategie tecniche di intervento da applicare nel processo edilizio, concentrandosi essenzialmente su due linee guida principali.

La prima linea, ed anche la più battuta finora dagli studi di ricerca, interessa soprattutto la fine del ciclo di vita del sistema edilizio, ovvero la fase di demolizione. Si tratterà quindi di parlare di demolizione selettiva, audit pre-demolizione e piano di gestione dei rifiuti da cantiere e di capire la situazione attuale del recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, individuando gli eventuali ostacoli presenti e le tecniche gestionali ed operative esistenti.

La seconda linea, invece, fa riferimento alle fasi iniziali del processo edilizio puntando l’attenzione su ciò che si inserisce all’interno del sistema edilizio. In questo criterio al progettista si richiede di scegliere attentamente i materiali e i prodotti da costruzione da impiegare, prediligendo soprattutto quelli contenenti un’alta percentuale di materie prime secondarie, siano esse provenienti dalle demolizioni (riciclo endogeno) oppure, in via più innovativa, da altri cicli produttivi (riciclo esogeno).

Come obiettivo conclusivo della tesi si è poi cercato di applicare tali criteri ad un caso studio, avente come oggetto Villa Berta, edificio dotato di un certo interesse storico ed architettonico e situato nella frazione Camin di Padova. Il caso studio consiste nell’elaborare un importante progetto di ristrutturazione che contempli sia la demolizione di alcune parti esistenti che la costruzione di nuovi volumi, oltre agli interventi migliorativi necessari ad incrementare le prestazioni energetiche della villa.

Lo scopo è quello di effettuare, in seguito all’elaborazione di un dettagliato audit pre-demolizione e di una corretta organizzazione del cantiere, una stima del recupero dei rifiuti

prodotti durante la demolizione selettiva, e di eseguire un calcolo del contenuto di riciclato presente all'interno dei componenti edilizi scelti per i nuovi sistemi edilizi,; così da riuscire infine a valutare effettivamente la potenzialità dei rifiuti di diventare vere e proprie risorse nel processo edilizio.

Capitolo I

Inquadramento normativo

1.1 Introduzione

Per poter focalizzare al meglio l'oggetto della tesi contenuto all'interno dell'ampio tema della sostenibilità edilizia è stato anzitutto necessario conoscere le attuali politiche ambientali promosse a livello europeo e i relativi atti legislativi che ne regolano lo sviluppo.

Come base di partenza si è scelto di fare riferimento alla strategia Europa 2020 promossa dalla Commissione europea nel 2010, ma molte sono in realtà le disposizioni legislative comunitarie ed internazionali in materia di ambiente che l'hanno preceduta (Tabella A.1). In particolare, è dal 1973 che la Commissione emana programmi di azione per l'ambiente (PAA) pluriennali che definiscono le proposte legislative e gli obiettivi futuri per la politica ambientale dell'Unione ed è nel 2001 che è stata introdotta per la prima volta una strategia europea per lo sviluppo sostenibile, integrando in tal modo la precedente strategia di Lisbona per la promozione della crescita e dell'occupazione con una dimensione ambientale. La strategia Europa 2020 è semplicemente l'ultima in ordine cronologico presentata dall'UE per far fronte alla forte crisi economica e finanziaria, e contiene priorità e obiettivi da raggiungere attraverso la presentazione di sette iniziative faro e portate avanti in ambito ecologico dal "Settimo programma d'azione per l'ambiente".

Dall'iniziativa faro "Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse", in cui viene conclusa un'analisi generale sull'argomento, si è poi passati a studiare la sua evoluzione in termini normativi e operativi denominata "Tabella di marcia verso un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse", elaborata nel tentativo di presentare proposte concrete e promuovere lo sviluppo di possibili strategie volte ad una vera e propria trasformazione economica dei diversi settori produttivi e riferita a tutti i tipi di risorse naturali.

Il settore trattato nella tesi è ovviamente quello dell'edilizia e le risorse su cui si è deciso di agire sono le materie prime e i rifiuti, escludendo a priori tutti gli altri settori e tipi di risorse.

Da qui si sono poi individuate altre comunicazioni della Commissione, come quelle intitolate: "Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia", concentrata sul settore delle costruzioni, e "L'anello mancante: piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare", inerente al problema della scarsità delle materie prime e dell'eccesso di rifiuti.

Le comunicazioni elencate finora sono importanti ma non rappresentano strumenti legislativi, bensì documenti preparatori per atti legislativi emanabili soltanto dal Parlamento e dal Consiglio europeo. La tesi, perciò, per la scelta delle termologie da usare e il percorso di

ricerca da seguire ha fatto riferimento principalmente agli atti più concreti e vincolanti, tra i quali il "regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione" e la "direttiva 2008/98/CE sui rifiuti", compresi i recepimenti nella normativa nazionale e le relative norme di completamento.

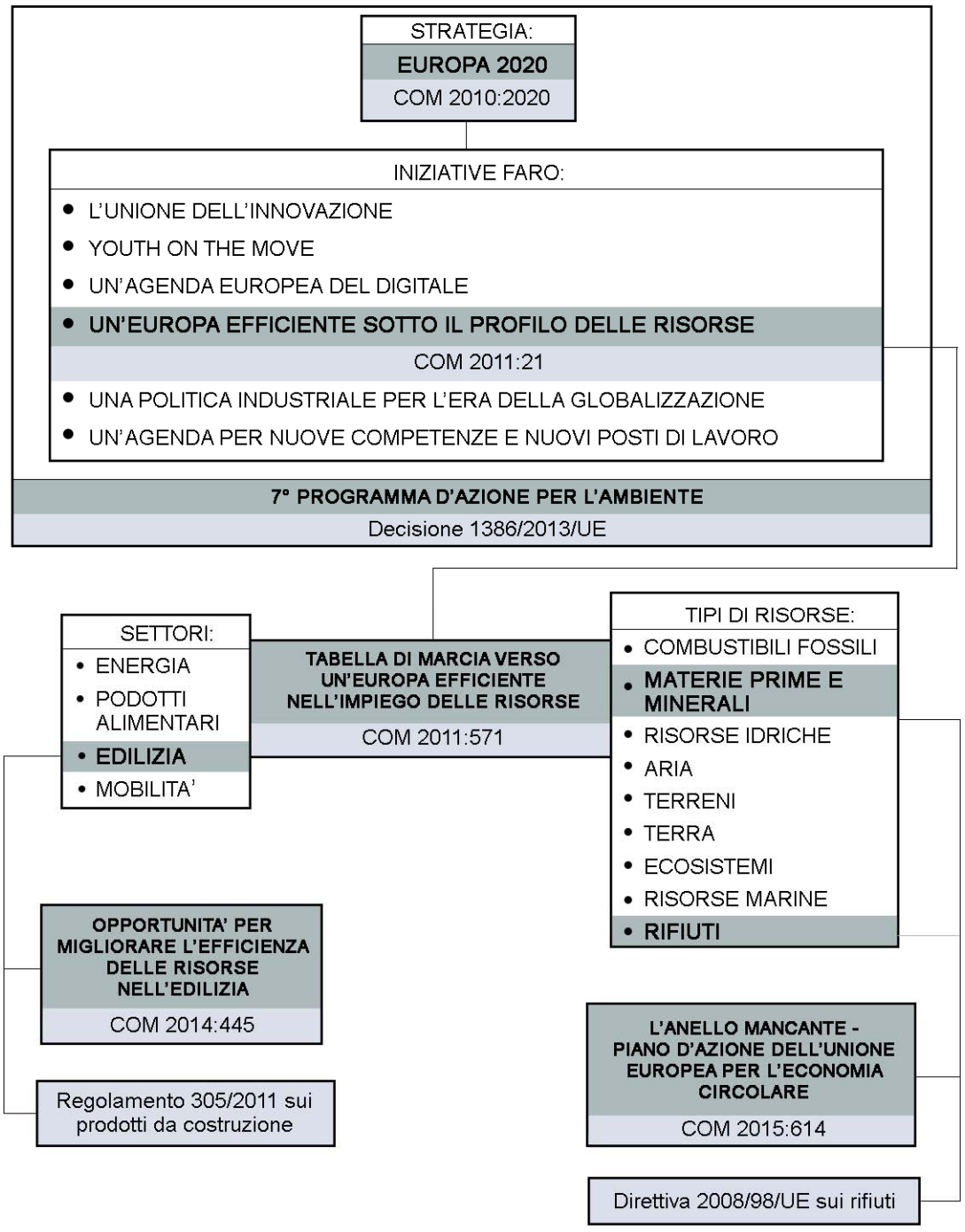


Figura 1.1: Schema di inquadramento normativo europeo

1.2 Normativa europea

Di seguito vengono elencati in ordine gerarchico, come riportato in Figura 1.0, e brevemente descritti i principali atti legislativi europei necessari a individuare e precedere il vero argomento della tesi, concernente l'ottimizzazione dell'uso delle risorse all'interno del processo edilizio.

Decisione n. 1386/2014/UE - Settimo programma d'azione per l'ambiente

La decisione n. 1386/2014/UE del Parlamento europeo e del Consiglio su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta», o semplicemente "Settimo programma d'azione per l'ambiente" (7° PPA), stabilisce alcuni obiettivi prioritari dell'Europa per il 2020 tra cui:

- proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'Unione;
- trasformare l'Unione in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva;
- proteggere i cittadini dell'Unione da pressioni e rischi d'ordine ambientale per la salute e il benessere;
- migliorare la sostenibilità delle città dell'Unione.

Gli obiettivi si basano sul principio di "chi inquina paga" e sono fissati con una chiara visione di lungo periodo per il 2050, nel tentativo di raggiungere risultati come quelli descritti dalla seguente prospettiva: «nel 2050 vivremo bene nel rispetto dei limiti ecologici del nostro pianeta. Prosperità e ambiente sano saranno basati su un'economia circolare senza sprechi, in cui le risorse naturali sono gestite in modo sostenibile e la biodiversità è protetta, valorizzata e ripristinata in modo tale da rafforzare la resilienza della nostra società. La nostra crescita sarà caratterizzata da emissioni ridotte di carbonio e sarà da tempo sganciata dall'uso delle risorse, scandendo così il ritmo di una società globale sicura e sostenibile».

COM (2010) 2020 - Strategia Europa 2020

La comunicazione della Commissione "Europa 2020 - Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva" è nata con lo scopo di uscire dalla forte crisi economica, trovando il modo di creare nuovi posti di lavoro e rendere la vita migliore ai cittadini europei.

La strategia presenta sette iniziative faro per catalizzare i progressi relativi a ciascun tema prioritario, perseguiti sulla base di tre tipologie di crescita:

- intelligente: sviluppare un'economia basata sulla conoscenza e sull'innovazione;
- sostenibile: promuovere un'economia più efficiente sotto il profilo delle risorse, più verde e più competitiva;

- inclusiva: promuovere un'economia con un alto tasso di occupazione che favorisca la coesione sociale e territoriale.

COM (2011) 21 - Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse

"Un'Europa efficiente sotto il profilo delle risorse" è una delle sette iniziative faro nell'ambito della strategia Europa 2020 che, proponendo alcune azioni a medio e lungo termine, ha avviato l'Unione verso una trasformazione economica volta a premiare l'innovazione e a promuovere la gestione sostenibile ed efficiente delle risorse naturali.

COM (2011) 571 - Tabella di marcia verso un'UE efficiente sotto il profilo delle risorse

La tabella di marcia si basa sulle azioni intraprese dall'iniziativa faro e le completa, definendo su quali elementi bisognerà intervenire ed esponendo le relative tappe per il 2020.

Tali elementi sono orientati alla trasformazione dell'economia verso un utilizzo efficiente delle risorse e riguardano:

- il consumo e produzione sostenibili;
- la trasformazione dei rifiuti in una risorsa;
- il sostegno della ricerca e innovazione;
- le sovvenzioni dannose per l'ambiente e prezzi determinati correttamente.

La *roadmap* distingue, poi, i comportamenti da seguire a seconda dei diversi tipi di risorse e di alcuni settori chiave. In particolare nella sezione riguardante il miglioramento dell'edilizia la tappa fissata dalla Commissione prevede che: «entro il 2020 la rinnovazione e la costruzione di edifici e infrastrutture raggiungerà elevati livelli di efficienza nell'impiego delle risorse. L'approccio che tiene conto del ciclo di vita sarà applicato su larga scala, tutti i nuovi edifici avranno un consumo di energia quasi nullo e saranno molto efficienti per quanto riguarda i materiali; saranno inoltre varate strategie per gli edifici esistenti, che saranno rinnovati al tasso del 2% l'anno. Il 70% dei rifiuti di costruzione e di demolizione non pericolosi sarà riciclato».

COM (2014) 445 – Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia

La presente comunicazione vuole, più in dettaglio, proporre al settore delle costruzioni alcune strategie per migliorare l'efficienza delle risorse attraverso la riduzione del loro consumo e dei relativi impatti ambientali durante l'intero ciclo di vita degli edifici, promuovendo:

- una progettazione migliore dell'edificio che calibri l'uso delle risorse rispetto alle esigenze e alla funzionalità dell'edificio e che tenga conto degli scenari di demolizione selettiva;
- una pianificazione migliore delle attività di cantiere per garantire un maggior uso di risorse e prodotti efficienti sotto il profilo energetico;

- la fabbricazione di prodotti da costruzione attraverso il ricorso a materiali riciclati, al riutilizzo di materiali esistenti e all'uso dei rifiuti come combustibile;
- una costruzione e una ristrutturazione in cui si riducono i rifiuti edili e si riciclano/riutilizzano i materiali e i prodotti in modo da smaltire in discarica meno rifiuti.

Altresì il documento mira a formare un metodo comune europeo per valutare la prestazione ambientale dell'edilizia, basato su indicatori chiave incentrati sugli aspetti fondamentali degli impatti ambientali.

Il quadro di riferimento servirà per consentire a professionisti, decisori, investitori e consumatori di disporre di dati empirici, affidabili, trasparenti e confrontabili riguardanti l'intero ciclo di vita degli edifici, da sfruttare per effettuare scelte a vantaggio della sostenibilità, di una sostanziale semplificazione metodologica e di riduzione dei costi.

COM (2015) 614 - L'anello mancante: piano d'azione dell'UE per l'economia circolare

La comunicazione completa la precedente versione intitolata "Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti" (COM 2014: 398), nell'incentivare la transizione verso un'economia più circolare, dove il valore dei prodotti e dei materiali viene mantenuto quanto più a lungo possibile e la produzione di rifiuti ridotta al minimo. Una linea di intervento possibile soltanto con un vero e proprio cambiamento sistematico e un forte impulso innovativo sul piano della tecnologia, dell'organizzazione della società, dei metodi di finanziamento e delle politiche.

Il piano d'azione elenca le misure da seguire nelle principali fasi che interessano il flusso delle risorse, quali la progettazione dei prodotti, i processi di produzione, il consumo, la gestione dei rifiuti e il mercato delle materie prime secondarie. Inoltre pone l'attenzione per certi settori caratterizzati della specificità dei loro prodotti, tra cui anche i rifiuti da costruzione e demolizione.

Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti

L'art. 1 enuncia che: «la presente direttiva stabilisce 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».

Rappresenta l'atto della normativa principale in tema di rifiuti, in quanto contiene tutte le definizioni necessarie e stabilisce soprattutto le modalità di gestione dei rifiuti definendo un'apposita gerarchia che prevede dapprima la prevenzione, in seguito la preparazione al riuso, il riciclaggio e il recupero e infine lo smaltimento.

I suoi obiettivi sono prevenire per quanto possibile la generazione di rifiuti, usare quest'ultimi come risorsa e ridurre al minimo la quantità di rifiuti conferiti in discarica.

Regolamento n. 305/2011 sui prodotti da costruzione

L'art. 1 stabilisce che: «il presente regolamento fissa le condizioni per l'immissione o la messa a disposizione sul mercato di prodotti da costruzione stabilendo disposizioni armonizzate per la descrizione della prestazione di tali prodotti in relazione alle loro caratteristiche essenziali e per l'uso della marcatura CE sui prodotti in questione».

Per poter applicare la marcatura CE ad un prodotto da costruzione, e quindi permettere che questo circoli liberamente all'interno del mercato dell'Unione europea, il fabbricante deve prima redigere una dichiarazione di prestazione (DoP) facendo riferimento alle indicazioni dettate dalla specifica norma armonizzata nel quale rientra la famiglia del prodotto o, qualora non esista o non sia del tutto appropriata, seguendo i criteri previsti da una valutazione tecnica europea (ETA) appositamente elaborata.

Le caratteristiche essenziali dei prodotti da costruzione sono stabilite nelle specifiche tecniche armonizzate in funzione dei requisiti di base delle opere di costruzione (elencati in allegato 1 del regolamento), di cui fa parte anche l'uso sostenibile delle risorse (requisito n. 7).

Secondo questo requisito, infatti, le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che si garantisca:

- il riutilizzo o la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione;
- la durabilità delle opere di costruzione;
- l'uso, nelle opere di costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili.

1.3 Normativa italiana

Le norme nazionali principali a cui fare riferimento nella trattazione dell'argomento sono soprattutto quelle in grado di esplicare gli effetti indicati dalle direttive comunitarie. In particolare, in materia di rifiuti, l'ordinamento giuridico italiano ha sempre seguito con costanza la legislazione europea, a partire dal DPR 915/82 con il recepimento della direttiva 75/442/CEE in cui venivano già introdotti i concetti di riciclo, riutilizzo e recupero di energia[9].

Più nello specifico, per quanto riguarda la riduzione del consumo delle risorse nel processo edilizio, le norme italiane, così come quelle europee, rimangono atti meramente discrezionali

[9] *Riduzione dell'impatto ambientale dei rifiuti da costruzione. Terminologia e linee guida*, Milano, UNI, 1999, p. 27

lasciando parecchia libertà alle varie figure interessate di seguirle o meno. Inoltre i loro contenuti sono rimasti concentrati quasi esclusivamente su unica strategia, ovvero il recupero dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione, da riusare per esempio soltanto come riempimenti, sottofondi stradali o per realizzare calcestruzzi a bassa resistenza. Poco è stato fatto, infatti, per incentivare e obbligare l'utilizzo di materie prime secondarie provenienti da altri cicli produttivi e per regolamentare con chiarezza, se non a livello regionale, la tecnica della demolizione selettiva.

Decreto ministeriale 5 febbraio 1998

Il decreto dal nome "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22" e modificato dal DM n.186/06, presenta in suballegato 1, un corposo elenco di rifiuti non pericolosi distinti in base a:

- tipologia;
- provenienza;
- caratteristiche del rifiuto;
- attività di recupero;
- caratteristiche delle materie prime e/o dei prodotti ottenuti;

fissando per ciascuno le condizioni specifiche, tali da non costituire un pericolo per la salute umana e per l'ambiente, in base alle quali l'esercizio delle attività di recupero può essere sottoposto a procedure semplificate, come previsto dal vecchio decreto quadro sui rifiuti (D.Lgs. 22/97, chiamato comunemente "decreto Ronchi").

Specialmente si afferma che: «i prodotti, le materie prime e le materie prime secondarie ottenuti dal riciclaggio e dal recupero dei rifiuti individuati dal presente decreto non devono presentare caratteristiche di pericolo superiori a quelle dei prodotti e delle materie ottenuti dalla lavorazione di materie prime vergini».

Nonostante l'abrogazione del decreto Ronchi, gli articoli 184-ter e 214 inseriti nella parte IV del Testo unico ambientale (TUA) stabiliscono che le disposizioni contenute all'interno del DM 05/02/98 possono continuare ad essere applicate fintanto che non verrà deciso diversamente dalla disciplina comunitaria.

Decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203

Il decreto individua regole e definizioni affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo.

Inoltre istituisce il repertorio del riciclaggio (RR) tenuto e reso pubblico a cura dell'Osservatorio nazionale dei rifiuti (ONR), poi sostituito dalla Direzione del ministero dell'ambiente, contenente l'elenco dei materiali riciclati e dei manufatti e beni in materiale riciclato con indicati l'offerta, la disponibilità e la congruità del prezzo.
È necessario sottolineare, però, che ad oggi l'ONR e l'RR risultano inattivi e che in questi anni i risultati nel settore delle costruzioni sono stati quasi totalmente assenti.

Circolare Ministeriale 15 luglio 2005, n. 5205

Con la presente circolare si voleva precisare l'operatività del DM 203/2003 in riferimento al settore edile, stradale e ambientale.
La norma, infatti, mostra un elenco, a titolo di esempio ed in maniera non esaustiva, di prodotti risultanti dal trattamento di rifiuti inorganici post-consumo derivanti dalla demolizione e dalla manutenzione, anche parziale, di opere edili e infrastrutturali, e ne stabilisce le modalità per l'iscrizione nel repertorio del riciclaggio.

Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Parte IV

La parte quarta del decreto legislativo n. 152/06 "Norme in materia ambientale", anche conosciuto come "Testo unico ambientale", riguarda la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinanti. Il testo è stato integralmente modificato con il decreto legislativo del 3 dicembre 2010 n. 205, in seguito al recepimento della direttiva 2008/98/CE, e per questo contiene tutte le informazioni già dettate dall'Unione europea, compresi soprattutto i criteri di gerarchia dei rifiuti.
Le modifiche più importanti, rispetto la versione precedente, hanno riguardato alcune definizioni ma anche l'estensione della responsabilità del produttore e l'introduzione del sistema di tracciabilità dei rifiuti.

DGR Veneto 28 agosto 2012, n. 1773

La presente deliberazione della giunta regionale del Veneto stabilisce le modalità operative per la gestione dei rifiuti da attività di costruzione e demolizione sia nel luogo di produzione e sia negli impianti, fissi e mobili, in cui vengono trasformati in nuovi prodotti.
La norma, in particolare, si prefigge gli obiettivi di ridurre i quantitativi di rifiuti prodotti in cantiere, favorirne la separazione e l'avvio al recupero, incentivando a procedere mediante operazioni di demolizione selettiva.
Per questo fornisce una breve linea guida per far conoscere la sequenza delle varie fasi da seguire, i soggetti coinvolti e le relative competenze specifiche; stabilisce inoltre le modalità di gestione del deposito temporaneo e di particolari tipologie di rifiuti.

Il documento pone, infine, particolare attenzione alla produzione e alle caratteristiche degli aggregati riciclati, con riferimento alla circolare ministeriale 15 luglio 2005, n. 5205.

DGR Veneto 4 novembre 2013, n. 2015 (PRAC)

Il Piano regionale delle attività di cava (PRAC) è lo strumento conoscitivo, normativo e operativo mediante il quale la regione pianifica le azioni e fissa le norme tecniche per disciplinare l'attività estrattiva.

Per l'individuazione dei materiali di cava da disciplinare il documento fa riferimento al progetto di legge n. 284 che li classifica in due gruppi in funzione degli interessi regionali e locali.

Al gruppo "A" appartengono le materie prime per il settore dell'edilizia, delle costruzioni in genere e dell'industria, tra cui sabbie e ghiaie, materiale detritico, calcare per usi industriali e per costruzioni, argille, basalto e materiali vulcanici. E proprio in considerazione della rilevanza di questi settori produttivi nonché per i maggiori quantitativi estratti, le loro attività di prelievo sono state lasciate alla competenza regionale.

Il gruppo "B" è costituito, invece, da materiali di competenza provinciale, ovvero pietre ornamentali (calcari e trachite da taglio e lucidabili, marmi), quarzo, quarzite, gesso, sabbie silicee, pietre molari, terre coloranti e da fonderia, torba e ogni altro materiale rinvenibile sotto qualsiasi forma di deposito naturale appartenente alla seconda categoria di cui all'articolo 2 del Regio decreto 29 luglio 1927, n. 1443.

Nonostante questa classificazione, per motivi legati alla semplicità, affidabilità ed efficacia di una buona pianificazione, il PRAC si limita a gestire l'attività estrattiva per solo tre tipologie di materiali contenute all'interno del primo gruppo, che sono:

- sabbia e ghiaia;
- calcare per costruzioni;
- detrito.

Gli obiettivi strategici del piano possono essere riassunti in tre punti:

- utilizzazione ottimale delle risorse in quanto non riproducibili;
- tutela dell'ambiente nelle sue componenti paesaggistiche, territoriali e naturalistiche;
- tutela del settore economico

e intendono essere raggiunti, per esempio, favorendo l'utilizzo di materiali alternativi agli inerti naturali, a partire dal possibile recupero e riutilizzo dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Decreto ministeriale 24 dicembre 2015

Il decreto si riferisce, in allegato 1, all'adozione dei criteri ambientali minimi (CAM) per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione, come indicato dal "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (PAN GPP) e dalle altre comunicazioni della Commissione europea sugli acquisti verdi pubblici.

Il documento contiene i CAM che rientrano nella categoria dell'edilizia, e si suddividono in criteri di base (oggetto di studio, selezione dei candidati, specifiche tecniche e condizioni di esecuzione) e criteri premianti. Le stazioni appaltanti che intendono qualificare come "verde" la propria gara d'appalto (dal 2016 è diventato obbligatorio[10]) devono recepire almeno le indicazioni contenute nei CAM di base.

Le specifiche tecniche sono, altresì, suddivise per: gruppi di edifici, edifici, componenti edilizi e cantiere. In particolare, per i componenti edilizi vengono definiti criteri comuni o specifici volti ad incentivare l'utilizzo di materiali riciclati in edilizia e il recupero dei rifiuti da costruzione e demolizione, nel rispetto delle norme tecniche di prodotto.

Secondo alcuni criteri, per esempio, il progetto dell'edificio deve prevedere:

- un contenuto di MPS pari ad almeno il 15% in peso rispetto al totale dei materiali utilizzati;
- almeno il 50% dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati sia sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva e recuperabile, nonché il 70% in peso dei rifiuti non pericolosi da cantiere (esclusi gli scavi) venga avviato ad operazioni di recupero.

Nel decreto vengono, inoltre, elencati tutti i materiali edilizi da poter utilizzare in un'opera pubblica, che devono contenere una determinata percentuale di riciclato, e le specifiche tecniche da seguire durante le demolizioni e rimozioni dei materiali per favorire il loro trattamento e recupero, attraverso strumenti come la verifica pre-demolizione, il piano di demolizione selettiva e il piano di gestione dei rifiuti da cantiere.

Decreto ministeriale 11 gennaio 2017

Il decreto, oltre ai CAM aggiornati relativi all'acquisto degli arredi per ufficio e dei prodotti tessili, contiene anche l'aggiornamento dell'allegato 1 "Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e

[10] In base all'art. 34 del D.Lgs. 50/2016 le stazioni appaltanti devono inserire obbligatoriamente nella documentazione progettuale e di gara almeno le specifiche tecniche e le clausole contrattuali contenute nei CAM, che vengono appositamente adottati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare

manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione" del decreto ministeriale del 24 dicembre 2015.

Le modifiche principali apportate, che il progettista dell'intervento di nuova costruzione o di ristrutturazione in caso di gare d'appalto pubbliche deve osservare, riguardano la:

- presentazione di un piano per il disassemblaggio e la demolizione selettiva dell'opera a fine vita che permetta il riutilizzo o il riciclo dei materiali, componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati;
- possibilità di attestazione del contenuto di riciclato nei componenti edilizi attraverso certificazioni di prodotto come *ReMade in Italy*, Plastica Seconda Vita o equivalenti.

Capitolo II

Materie prime e rifiuti in edilizia: definizione del problema

2.1 La scarsità delle materie prime

Secondo l'economia tutte le risorse sono scarse, nel senso che non sono disponibili in quantità sufficiente per soddisfare tutti i bisogni di tutti gli individui[11].

Il settore dell'edilizia, fino a poco tempo fa, non si è quasi mai posto il problema dell'eccessivo consumo di materie prime esauribili estratte dall'ambiente, sostanzialmente per motivi legati alla loro economicità[12] e all'errata convinzione che il complesso di queste risorse naturali fosse un bene illimitato[13].

I costi ambientali[14] cresciuti a seguito di dissesti idrogeologici e paesaggistici, oltre alle stime sul progressivo esaurimento dei materiali ha però messo in guardia le istituzioni governative e il settore delle costruzioni su questo tema, che stanno tardivamente tentando di rimediare cercando di rallentare questo processo irreversibile[15].

Diverse ricerche stimano che in Europa l'edilizia sfrutti materiali per una quantità che varia tra il 30% e il 50% di quelli totali, di cui principalmente fanno parte i materiali inerti tra cui argilla, sabbia e ghiaia, calcare e marna per la realizzazione dei leganti, vari tipi di pietra da costruzione, i metalli come ferro, alluminio e rame e il legno[16].

La Tabella 2.1 mostra la percentuale stimata di utilizzo europeo dei vari materiali, grezzi e lavorati, nell'edilizia rispetto al loro consumo totale nel mercato:

Materiale	Alluminio	Laterizi	Argilla	Cls	Rame	Vetro	Inerti	Pietra	Acciaio	Legno
%	25	70	70	75	35	65,5	65	34,5	21	37,5

Tabella 2.1: Percentuale stimata di utilizzo europeo dei materiali nell'edilizia rispetto al loro consumo totale (Fonte: CRI estimations)

È stato inoltre calcolato che, tra il 2006 e il 2011, il consumo annuo europeo, riferito in peso, dei materiali da costruzione si aggirasse intorno ai 1.200-1.800 milioni di tonnellate per la

[11] R. H. Franck, E. Cartwright*, Microeconomia*, McGraw-Hill, 2011, p. 2

[12] Solitamente le materie prime maggiormente utilizzate in edilizia, come gli aggregati, hanno un basso valore economico rispetto ad altri materiali più preziosi utilizzati in altri settori, come quello dell'elettronica

[13] *Riduzione dell'impatto,* cit., p. VII

[14] Per costi ambientali si intende la somma dei costi delle misure adottate da un ente o da un'azienda (o da terzi per suo conto) per prevenire, ridurre e/o riparare i danni causati all'ambiente dalle proprie attività operative e di quelli sostenuti per la conservazione delle risorse rinnovabili e non rinnovabili, http://www.arpa.piemonte.gov.it [ultima cons. 04-09-2017]

[15] *Ibid*

[16] *Resource efficiency in the building sector. Final report*, 2014, http://www.ecorys.nl, pp. 19-21

realizzazione di nuovi edifici e ristrutturazioni, con una prevalenza davvero significativa dei materiali a carattere lapideo, come gli aggregati ghiaiosi e sabbiosi (45,6%), ad esclusione di quelli necessari per realizzare il conglomerato cementizio, i laterizi (7%) e, appunto, il calcestruzzo (41,2%), per un somma che arriva a più del 90% dei materiali edili totali utilizzati[17] (Figura 2.1).

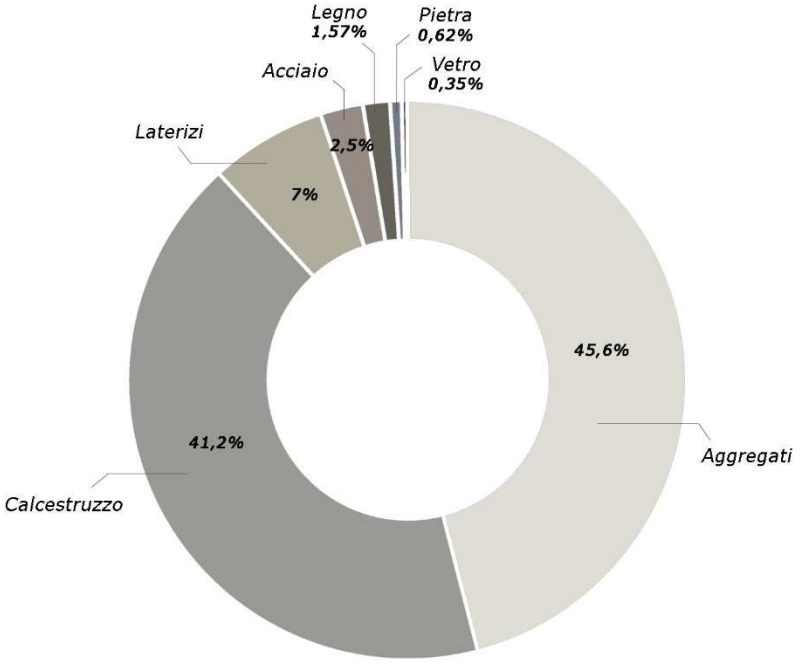


Figura 2.1: Consumo annuale, in percentuale, dei principali materiali da costruzione tra il 2006 e il 2010 nell'UE27 (Fonte: CRI *calculations*)

Si può constatare poi come, a partire dal 2008, ci sia stato un crollo significativo del mercato, attribuibile ipoteticamente al successo delle politiche ambientali per la salvaguardia del territorio, ma che in realtà fu solo la conseguenza della forte crisi economica che colpì, e che colpisce tuttora, soprattutto il settore delle costruzioni[18].

Nel 2010, infatti, per i materiali da costruzione ci fu un timido risveglio del consumo per poi tornare di nuovo a scendere gli anni successivi.

E. Rigamonti, nel suo libro intitolato "Il riciclo dei materiali in edilizia" afferma come nel tentativo di risolvere il problema della scarsità di una risorsa intervengano molti fattori. Il mercato, primo fra tutti, ritenuto dai teorici dell'economia come lo strumento di riequilibrio automatico della risorsa carente attraverso l'andamento relativo del suo prezzo secondo la legge della domanda e dell'offerta, non è sufficiente e non porta ad una sostituzione immediata del materiale scarso con uno più economico e abbondante in natura. Lo sviluppo tecnologico nel processo di estrazione può, infatti, rendere disponibile materiali che prima

[17] *Ibid*

[18] *Raw materials scoreboard, European Innovation Partnership on raw materials*, 2016, http://europa.eu, pp. 68-69

non lo erano e mantenere inalterata la competitività della risorsa scarseggiante, seppur pagandolo in termini di aumento dei costi energetici e di aumento dei rifiuti[19].

Anche la tecnologia, perciò, che è sempre stata indicata come la soluzione ad ogni avversità, è solo uno strumento parziale per la salvaguardia dell'ambiente, oltre ad agire con ritardi significativi nella risoluzione del problema, che nel frattempo potrebbe trasformarsi in qualcosa di più grave e complesso[20].

Per quanto riguarda gli aggregati, che come visto corrispondono ai materiali maggiormente utilizzati, la loro tecnologia di estrazione è abbastanza semplice (occorre solo scavare il terreno alluvionale anche con attrezzature modeste) e perciò non è un elemento determinante per condizionare il mercato e limitare lo sfruttamento di questa materia prima. Elementi determinanti sono invece la serie di problemi di carattere territoriale e ambientale che nascono in seguito allo sfruttamento eccessivo di questa materia prima[21] e dei successivi costi che lo Stato deve sostenere per ripararne i danni.

2.1.1 Le produzioni dalle attività di cava

Osservando i dati riguardanti la produzione delle materie prime, sia a livello europeo che nazionale, si può affermare che i cosiddetti materiali da costruzione, ovvero i materiali da cava, siano nettamente i più estratti, oltre ad essere i più utilizzati in edilizia.

Nel 2010, infatti, in Europa (EU-28) ne sono stati prodotti poco meno di tre miliardi di tonnellate[22], a differenza di altri materiali come i metalli e il legno per cui la produzione si ferma, rispettivamente, a circa 170 e 200 milioni di tonnellate[23].

In Italia le cave attive sono poco meno di 4.800, con una quantità di materiale estratto pari a circa 87 milioni di metri cubi, suddivisi tra aggregati (sabbia a ghiaia), pietre ornamentali, torba, calcare, argilla e gesso[24].

Il dato più importante è però quello relativo alla sabbia e ghiaia, che costituiscono ancora oggi il 61% dei materiali cavati nel territorio nazionale, nonostante il consistente calo della produzione avvenuto durante l'ultimo periodo della crisi edilizia dove si è passati da quantità stimate intorno ai 140 milioni di metri agli attuali 53 milioni[25].

---

[19] E. Rigamonti, *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Rimini, Maggioli, 1996, pp. 53-55

[20] *Ivi*, p.56

[21] Per esempio: attivazione di processi erosivi sia a valle che a monte dei luoghi di escavazione, crolli di infrastrutture, inquinamento delle falde acquifere e impatti paesaggistici provocati da vaste e profonde buche abbandonate

[22] La produzione di materiali da costruzione nel 2008 era di 4 miliardi di tonnellate, *Raw materials scoreboard,* cit., pp. 68-69

[23] *Ibid*

[24] *Rapporto cave. I numeri e gli impatti economici e ambientali delle attività estrattive nel territorio italiano. Le opportunità e le sfide nella direzione dell'economia circolare,* 2017, http://legambiente.it

[25] *Ibid*

L'estrazione di queste materie prime continua, ad ogni modo, ad essere molto intensa e ciò è imputabile soprattutto all'esteso impiego del cemento, e quindi del calcestruzzo, nel settore edilizio italiano caratterizzato da un ritardo nell'innovazione tecnologica nelle soluzioni costruttive rispetto agli altri paesi europei, nonché favorito dalla notevole quantità di fabbricati realizzati ogni anno, dall'uso eccessivo anche nelle opere pubbliche, dalle normative arretrate e da evidenti interessi economici[26].

In materia estrattiva, infatti, il regio decreto n. 1443 del 1927[27] rimane ancora la norma nazionale fondamentale; dal 1977 la competenza è poi passata alle regioni a cui è stato affidato il compito di controllare sia i volumi di produzione di materie prime che l'impatto ambientale derivato dalle attività di estrazione, attraverso la redazione di appositi "Piani cave".

Attualmente non tutte le regioni italiane sono dotate di questi piani specifici di programmazione, cosa preoccupante dato che in questo modo tutto il potere decisionale rimane in mano a chi concede le autorizzazioni per lo sfruttamento delle cave, facilitando così l'infiltrazione delle eco-mafie nel settore.

Nel 2013 il Veneto, con delibera della giunta regionale n. 2015, ha predisposto il "Piano regionale delle attività di cava" (PRAC) con lo scopo di regolamentare l'estrazione di alcune tipologie di materiali utilizzati poi direttamente nel settore infrastrutturale ed edilizio, oppure nel settore tecnologico-industriale per la realizzazione di alcune tipologie prodotti, come quelli da costruzione[28].

Si trattano, questi, di materiali inerti per il confezionamento di calcestruzzo e la realizzazione di sottofondi stradali (sabbia e ghiaia, detrito, calcari per cemento e calce), argille per la produzione di laterizi, pietre da taglio o lucidabili quali materiali ornamentali per l'edilizia ed altri ancora.

La Tabella 2.2 illustra gli ultimi dati di produzione relativi al 2011, anche se bisogna tener conto che le quantità di estrazione di queste materie prime, a causa di diversi fattori, è sempre stata molto altalenante nel corso degli anni.

[26] P. Altamura*, Costruire a zero rifiuti. Strategie e strumenti per la prevenzione e l'upcycling dei materiali di scarto in edilizia*, Milano, FrancoAngeli, 2015, p. 37

[27] Regio decreto n. 1443 del 29/07/1927 in *Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel Regno*

[28] Allegati A,B,D,E, Deliberazione della Giunta regionale del Veneto n. 2015 del 4 novembre 2013 relativo al *Piano regionale attività di cava* (PRAC)

MATERIALE		PRODUZIONE [mc] (anno 2011)
Sabbia e ghiaia		5.850.000
Calcare	per costruzioni	780.000
	per industria	1.000.000
	da taglio	62.500
Lucidabile (marmo)		180.000
Materiale detritico		69.000
Basalto		140.000
Argille per laterizi		385.000

Tabella 2.2: Produzione in metri cubi dei materiali inerti nella regione Veneto, anno 2011 (Fonte: PRAC Veneto)

2.2 L'eccesso dei rifiuti

I rifiuti provocano spesso nelle persone un senso di repulsione, vengono considerati come qualcosa da nascondere e da eliminare velocemente. Tuttavia la quantità di materiale di scarto che oggigiorno produciamo e il ritmo frenetico con il quale lo facciamo ci porta a non poter più ignorare il problema, ma anzi ci obbliga ad affrontarlo e a cercare di trovare delle soluzioni immediate.

Le prime normative che si occupano di rifiuti risalgono a pochi decenni fa per poi svilupparsi negli anni a seguire, migliorando soprattutto la chiarezza e l'armonizzazione delle terminologie. Gli studi del settore che le hanno accompagnate sono stati però spesso saltuari ed hanno portato, oltre che a notevoli progressi scientifici, anche all'evidenza delle molteplici difficoltà che occorre ancora superare per riuscire a ridurre veramente i rifiuti.

Le recenti statistiche sulle quantità di rifiuti prodotti hanno accresciuto ulteriormente l'attenzione dell'opinione pubblica e dei legislatori sulle conseguenti implicazioni ambientali che nascono dal rapporto tra costruzione e ambiente su questo tema, rendendoli ancora più consapevoli di un necessario e forte cambiamento.

2.2.1 Il groviglio delle terminologie

Il professore V. Andriello nel tradurre il libro "*Wasting away*" di Kevin Lynch, lasciato incompiuto alla sua morte e completato da un suo ex allievo, racconta come abbia trovato particolare difficoltà nell'assegnare una traduzione adatta al vocabolo che per gli inglesi è "*waste*" e che di per sé possiede già un centinaio di sinonimi, tutti di carattere negativo[29]. In italiano, invece, il termine cambia a seconda del contesto della frase e da rifiuto può diventare residuo, scarto, abbandono, spreco, deserto, perdita o scoria.

[29] K. Lynch*, Deperire. Rifiuti e spreco*, a cura di M. Southworth, Napoli, CUEN, 1992

Nel libro "Economia delle risorse naturali e dell'ambiente" si afferma tra l'altro che: «[…] anche il termine "rifiuti" è improprio perché, in natura, nulla viene sprecato, essendo ogni elemento parte di un ciclo continuo; sarebbe, quindi, più appropriato attribuire ai rifiuti il termine "residui" […]»[30].

Negli anni novanta, proprio sull'ambiguità di queste due terminologie, il legislatore italiano aveva tentato invano di creare uno spartiacque normativo per dividere il concetto di rifiuto, inteso come qualcosa di abbandonato e inutile, da quello di residuo, considerato come un "non rifiuto" e quindi adatto ad essere riutilizzato senza previ trattamenti[31].

La direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti, le cui disposizioni di attuazione nella normativa italiana sono entrate in vigore con il decreto legislativo 3 dicembre 2010, n. 205 che modifica la parte quarta del testo unico ambientale (D.lgs. 152/2006), ha però definitivamente risolto la questione assegnando a ciascun termine la propria definizione:

- rifiuto: qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi;
- sottoprodotto: una sostanza od oggetto derivante da un processo di produzione il cui scopo primario non è la produzione di tale articolo;
- residuo: qualsiasi materiale liquido o solido, comprese le scorie e le ceneri pesanti, le ceneri volanti e la polvere di caldaia, i prodotti solidi di reazione derivanti dal trattamento del gas, i fanghi derivanti dal trattamento delle acque reflue, i catalizzatori esauriti e il carbone attivo esaurito, generato dal processo di incenerimento o di coincenerimento, dal trattamento degli effluenti gassosi o delle acque reflue o da altri processi all'interno dell'impianto di incenerimento o di coincenerimento[32].

Il concetto di "non rifiuto" è stato perciò attribuito all'attuale espressione di "sottoprodotto", e il termine "residuo" ha assunto un significato completamente nuovo.

Il testo unico ambientale, inoltre, distingue i rifiuti in base all'origine, urbani e speciali (Tabella 2.3), e secondo la loro pericolosità, pericolosi e non pericolosi.

[30] D. W. Pearce, R. K. Turner, *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Bologna, il Mulino, 1991, p. 296

[31] *La casa riciclabile: i rifiuti in edilizia*, a cura di A. Tondi, S. Telli, Monfalcone, Edicom, 1998, pp. 37-48

[32] Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, Parte IV, in *Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati*

RIFIUTI URBANI	RIFUTI SPECIALI
a) rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione b) rifiuti non pericolosi provenienti da locali e luoghi adibiti ad usi diversi da quelli di cui alla lettera a), assimilati ai rifiuti urbani per qualità e quantità, ai sensi della normativa vigente c) rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade d) rifiuti di qualunque natura o provenienza, giacenti sulle strade ed aree pubbliche o sulle strade e d'aree private comunque soggette ad uso pubblico o sulle spiagge marittime e lacuali e sulle rive dei corsi d'acqua e) rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali f) rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli precedentemente citati	a) rifiuti da attività agricole e agro-industriali b) rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo; c) rifiuti da lavorazioni industriali; d) rifiuti da lavorazioni artigianali e) rifiuti da attività commerciali f) rifiuti da attività di servizio g) rifiuti derivanti dalla attività di recupero e smaltimento di rifiuti, i fanghi prodotti dalla potabilizzazione e da altri trattamenti delle acque e dalla depurazione delle acque reflue e da abbattimento di fumi; h) rifiuti derivanti da attività sanitarie

Tabella 2.3: Classificazione dei rifiuti secondo l'origine (Fonte: D.lgs. 152/2006)

Allo scopo di armonizzare e migliorare tutte le attività connesse ai rifiuti, l'Unione europea ha poi ideato il catalogo europeo dei rifiuti (CER), un elenco che intende fornire una nomenclatura di riferimento con una terminologia comune per tutti gli Stati membri.

Ad ogni tipologia di rifiuto viene assegnato un codice numerico di sei cifre da leggersi a due a due, dove ciascuna coppia di numeri identifica[33]:

- classe: settore di attività da cui deriva il rifiuto;
- sottoclasse: processo produttivo di provenienza del rifiuto;
- categoria: nome o descrizione del rifiuto.

I rifiuti contrassegnati da un asterisco (*) sono considerati pericolosi (es. 17 05 03* terra e rocce contenenti sostanze pericolose) e le relative caratteristiche di pericolo possono essere specificate attraverso l'utilizzo di altri codici armonizzati (da HP1 a HP15) come riportato nell'allegato III della direttiva 2008/98/CE, modificato dal regolamento n. 1357/2014[34].

I rifiuti da C&D sono quindi classificati come rifiuti speciali, appartengono al capitolo 17 dell'elenco CER e, a seconda dei casi, possono essere considerati pericolosi o non pericolosi (Tabella 2.4 e Tabella A.2).

[33] Decisione della Commissione 2014/955/UE che modifica la decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio

[34] Regolamento n. 1357/2014 della Commissione che sostituisce l'allegato III della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

17	RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PRELEVATO DA SITI CONTAMINATI)
17 01	cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche
17 02	legno, vetro e plastica
17 03	miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04	metalli (incluse le loro leghe)
17 05	terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio
17 06	materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto
17 08	materiali da costruzione a base di gesso
17 09	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione

Tabella 2.4: Classificazione dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione secondo l'elenco CER (Fonte: Decisione 2014/955/UE)

2.2.2 Statistiche sui rifiuti

La progressiva evoluzione delle statistiche sui rifiuti avvenuta negli ultimi anni ci permette oramai di possedere dati sufficientemente attendibili per quantificare la produzione dei rifiuti ed eseguire una suddivisione in base alla tipologia e alle attività da cui provengono.

In particolare ciò è reso possibile in seguito all'entrata in vigore del regolamento n. 2150/2002, e successive modifiche, che ha introdotto l'obbligo per gli Stati Membri di produrre e trasmettere periodicamente all'ufficio statistico dell'Unione europea (Eurostat) i risultati statistici sui rifiuti che rientrano nell'ambito di applicazione della direttiva 2008/98/CE[35].

Nei seguenti sottoparagrafi vengono analizzati i dati relativi ai rifiuti da C&D nel contesto europeo, nazionale e regionale, nonostante i periodi di riferimento dei dati disponibili dei vari *database* differiscano di qualche anno.

In Europa

Nel 2012 l'Eurostat ha calcolato che nell'UE 28 sono stati prodotti, tra urbani e speciali, circa 2,5 miliardi di tonnellate di rifiuti, di cui il 96% non pericolosi (pari a circa 2,4 miliardi di tonnellate) e il 4% pericolosi (pari a circa 99,4 milioni di tonnellate)[36].

La maggior parte dei materiali che vengono eliminati sono costituiti da minerali le cui origini sono quasi totalmente legate alle attività edilizie (32,7% della produzione totale dei rifiuti pari a 821 milioni di tonnellate) ed estrattive (29,2% pari a 734 milioni di tonnellate)[37].

[35] Reg. n. 2150/2002 del Parlamento europeo e del Consiglio relativo alle statistiche sui rifiuti

[36] *Rapporto rifiuti speciali*, *Edizione 2016*, http://isprambiente.gov.it, p. 3

[37] *Energy, transport*, cit., pp. 152-154

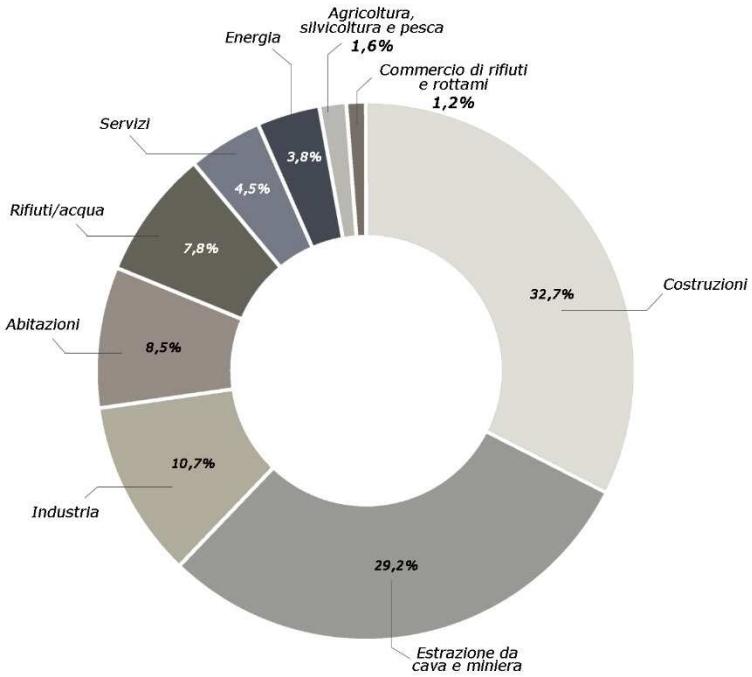


Figura 2.2: Ripartizione percentuale della produzione di rifiuti nell'UE28 per attività economica, anno 2012 (Fonte: Eurostat)

In dettaglio per la produzione di rifiuti da C&D, calcolata in peso assoluto (Figura 2.3), si osserva che i Paesi maggiormente responsabili coincidono grossomodo con quelli più industrializzati, come Germania, Francia e Gran Bretagna. In termini relativi invece, ovvero facendo riferimento sia al numero di abitanti che alla superficie territoriale, si può affermare che i Paesi Bassi siano senza dubbio i più attivi in questo ambito (circa 5,45 t/ab. e 2220 t/km^2), seguiti anche da Belgio e Austria.

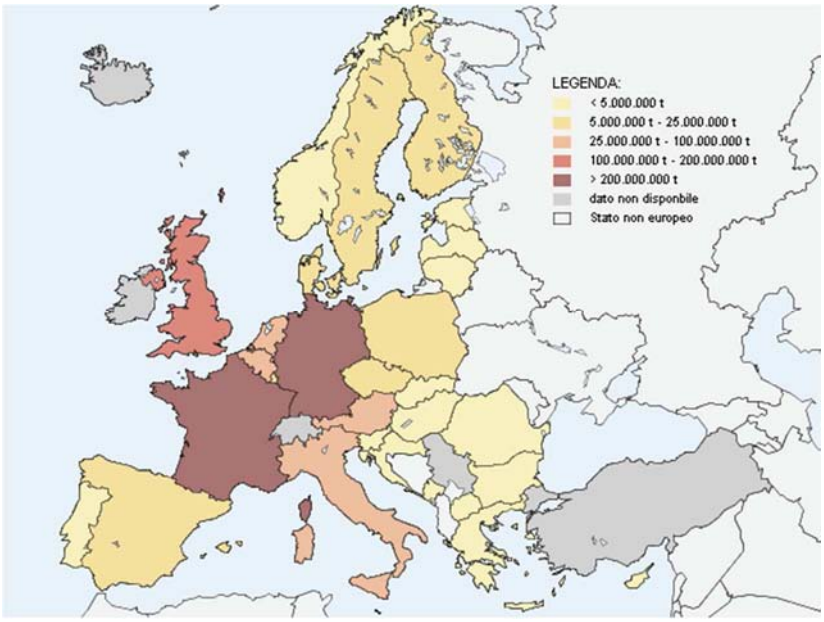


Figura 2.3: Produzione in peso assoluto (tonnellate) di rifiuti da C&D nell'UE28, anno 2014 (Fonte: Eurostat)

In Italia

La produzione dei rifiuti speciali, a livello nazionale e regionale, viene quantificata a partire dalle informazioni contenute nelle dichiarazioni MUD (Modello unico di dichiarazione ambientale), annualmente compilate dai produttori e gestori dei rifiuti e consegnate alle Camere di commercio provinciali competenti. Da queste rese poi disponibili per l'ARPA (Agenzia regionale per la prevenzione e protezione ambientale) che si occupa della loro elaborazione all'interno dalla Sezione regionale del catasto rifiuti[38].

Le banche dati MUD, anche se incomplete e sottoposte a continui processi di bonifica per colpa dei numerosi errori di compilazione, rappresentano ancora l'unico strumento ufficiale per ottenere statistiche sui rifiuti, sino a che non avverrà la piena entrata in operatività del SISTRI (Sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti) stabilita entro la fine dell'anno 2017[39].

I quantitativi che si ottengono con questo metodo, tra l'altro, sottostimano generalmente la produzione reale in quanto, ai sensi della normativa vigente, non tutti i produttori di rifiuti sono tenuti a presentare la dichiarazione; in particolare ne sono obbligati solo gli enti e le imprese produttori di rifiuti pericolosi e quelli che producono i rifiuti non pericolosi, di cui all'articolo 184, comma 3, lettere c), d) e g) del decreto legislativo 152/2006 con un numero di dipendenti superiore a dieci[40].

Infatti per il settore delle costruzioni, ovvero per i rifiuti non pericolosi generati dalle operazioni di costruzione e demolizione, i dati desunti dai MUD sono stati integrati con le quantità stimate da ISPRA (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) mediante l'applicazione di specifiche metodologie.

La produzione nazionale totale di rifiuti si attesta, nel 2014, a circa 160 milioni di tonnellate di cui 130,6 milioni costituiti da quelli speciali[41]. Di quest'ultimi il 93,2% sono non pericolosi (pari a circa 121 milioni di tonnellate) e il 6,8% sono pericolosi (pari a circa 8,8 milioni di tonnellate)[42].

Con riferimento alle attività economiche secondo la classificazione Ateco 2007, l'analisi dei dati di produzione dei rifiuti speciali evidenzia che il maggior contributo, nel 2014 così come per gli anni precedenti, è dato dal settore delle costruzioni e demolizioni (Ateco da 41 a 43), con una percentuale pari al 39,7% del totale, seguito dalle attività manifatturiere (Ateco da 10

[38] *Produzione e gestione dei rifiuti, Parte seconda – Rifiuti speciali (anno 2010),* http://arpa.piemonte.it, p. 8
[39] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 21 dicembre 2015, in *Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per il 2016*
[40] *Rapporto rifiuti speciali*, cit., p. 16
[41] La produzione totale dei rifiuti è stata calcolata facendo la somma tra i rifiuti urbani e i rifiuti speciali: *Rapporto rifiuti urbani, Edizione 2016 (Estratto),* http://isprambiente.gov.it, p. 9
[42] *Rapporto rifiuti speciali*, cit., p. 18

a 33) con il 20,5% e da quelle di trattamento di rifiuti e di risanamento (Ateco 38 e 39) con il 27,4%[43].

Attività economica	Codice Ateco 2007	2013			2014		
		RS NP	RS P	RS Totale	RS NP	RS P	RS Totale
		tonnellate			tonnellate		
Costruzioni	41 42 43	48.933.338	381.202	**49.314.540**	51.491.288	355.056	**51.846.344**

Tabella 2.5: Produzione di rifiuti speciali per l'attività economica delle costruzioni, anni 2013-2014 (Fonte: ISPRA)

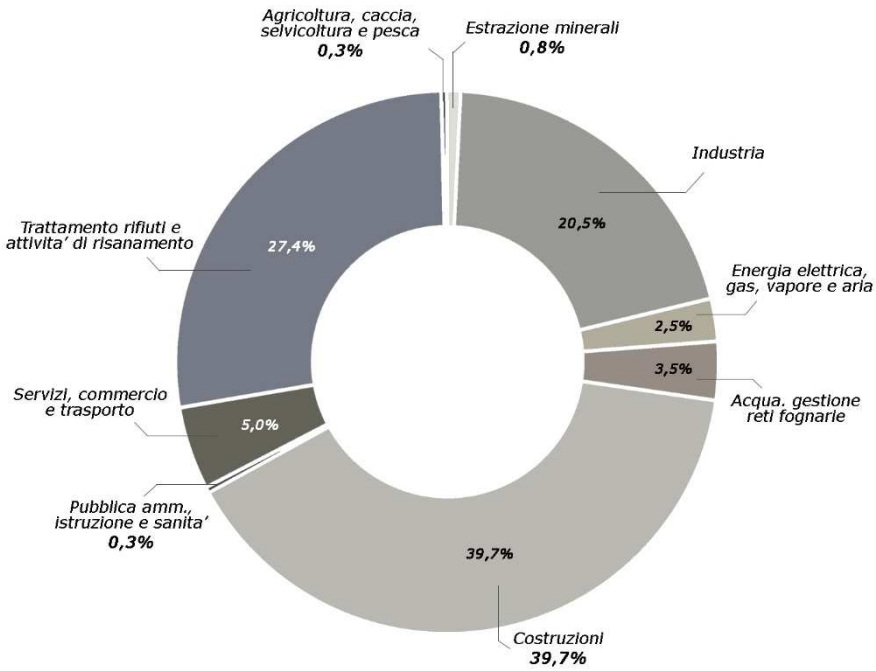


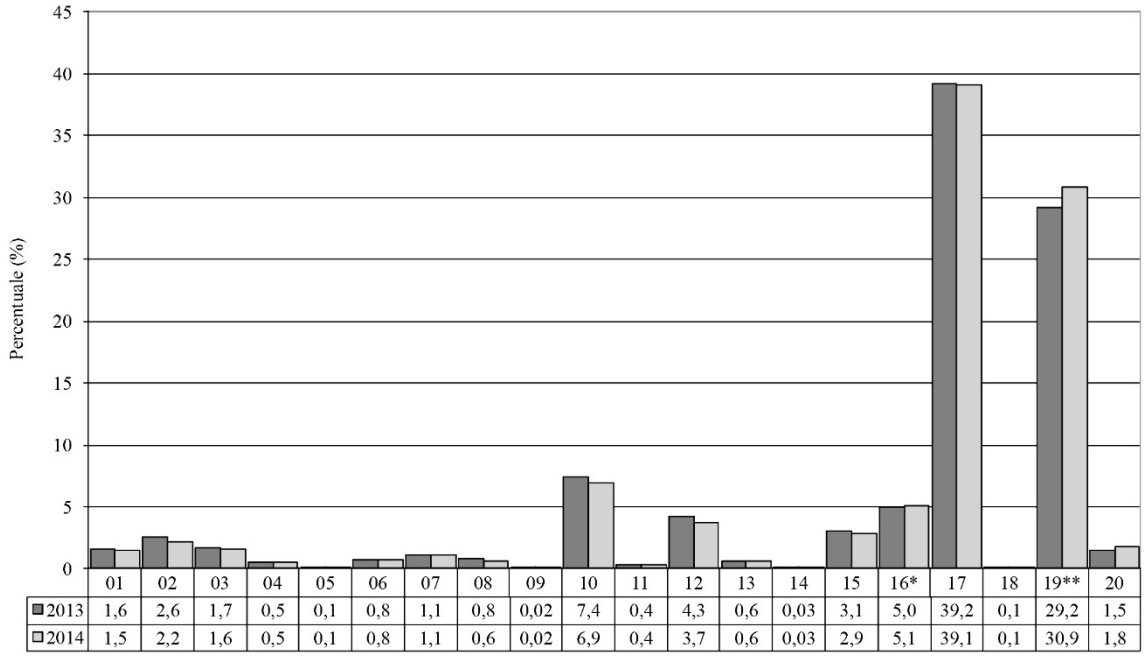
Figura 2.4: Ripartizione percentuale della produzione totale dei rifiuti speciali per attività economica, anno 2014 (Fonte: ISPRA)

Lo stesso risultato si ottiene analizzando i quantitativi suddivisi secondo i vari capitoli di elenco europeo dei rifiuti, con il 39,1% del totale (pari a 51 milioni di tonnellate) appartenente ai rifiuti da C&D identificabili con il codice 17, di cui la maggior parte sono non pericolosi e costituiti da terre e rocce di scavo. Dal 2013 al 2014 tale quantità è leggermente scesa ed il calo è, in parte, dovuto alla classificazione delle "terre e rocce" come sottoprodotti piuttosto che come rifiuti, in accordo con i criteri fissati dalla legislazione italiana, ai sensi dell'art. 5 della direttiva 2008/98/CE[44].

[43] *Ivi*, pp.21-24
[44] *Ivi*, pp. 30-32

Tipologia di rifiuto	Codice CER	2013			2014		
		RS NP	RS P	**RS Totale**	RS NP	RS P	**RS Totale**
		tonnellate			tonnellate		
Rifiuti da C&D	17	47.939.874	776.991	**48.716.865**	50.214.864	789.790	**51.004.654**

Tabella 2.6: Produzione di rifiuti speciali per la tipologia di rifiuti da C&D, anni 2013-2014 (Fonte: ISPRA)



	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16*	17	18	19**	20
2013	1,6	2,6	1,7	0,5	0,1	0,8	1,1	0,8	0,02	7,4	0,4	4,3	0,6	0,03	3,1	5,0	39,2	0,1	29,2	1,5
2014	1,5	2,2	1,6	0,5	0,1	0,8	1,1	0,6	0,02	6,9	0,4	3,7	0,6	0,03	2,9	5,1	39,1	0,1	30,9	1,8

* *incluso i veicoli fuori uso*

** *inclusi i quantitativi di rifiuti speciali non pericolosi provenienti dal trattamento dei rifiuti urbani.*

Figura 2.5: Ripartizione percentuale della produzione totale dei rifiuti speciali per capitolo dell'elenco europeo dei rifiuti, anni 2013-2014 (Fonte: ISPRA)

In Veneto

Nella regione veneta la produzione totale di rifiuti si aggira intorno alle 15,9 milioni di tonnellate, di cui indicativamente 13,7 milioni corrispondono a quelli speciali suddivisi in:

- 903 mila circa di rifiuti pericolosi (P);
- 7,7 milioni circa di rifiuti non pericolosi (NP), esclusi i rifiuti da C&D;
- 5,1 milioni circa di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi (C&D NP).

Anche a livello regionale la ripartizione della produzione dei rifiuti speciali tra i principali settori produttivi (Figura 1.4) mostra come quello delle costruzioni (37%) sia sempre il più preoccupante e urgente, seguito dal settore degli impianti di trattamento rifiuti (27%), su cui persiste ovviamente un minor margine di miglioramento per la loro riduzione[45].

[45] *Produzione e gestione dei rifiuti speciali nel Veneto (anno 2014),* http://arpa.veneto.it

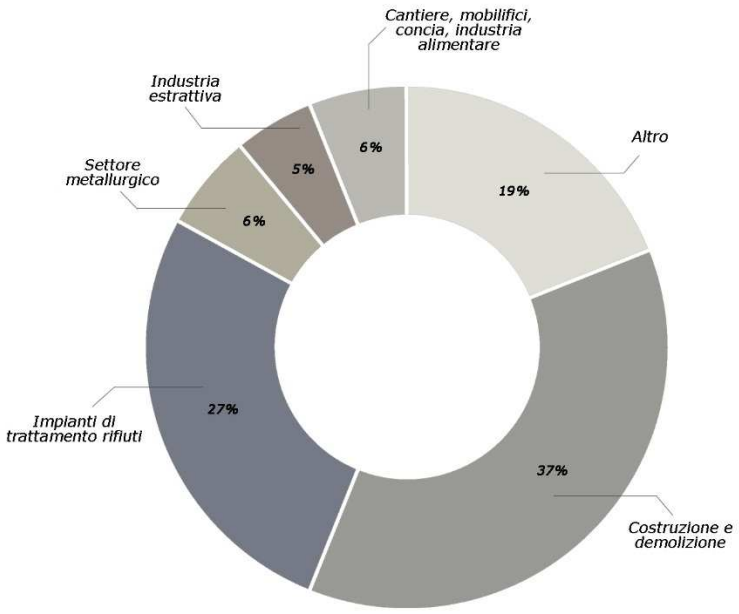


Figura 2.6: Ripartizione della produzione di rifiuti speciali nei principali settori produttivi inclusa stima C&D, anno 2014 (Fonte: ARPAV - Osservatorio Regionale Rifiuti)

Dalla Tabella 2.7, elencante la produzione di rifiuti da C&D non pericolosi nel Veneto secondo la classificazione dei sottocapitoli CER, si può constatare come tra il 2012 e il 2013 ci sia stato un grande aumento in peso di materiali scartati come legno, vetro, plastica (CER 17 02, + 36%), isolanti e amianto (CER 17 06, +45%), pur rimanendo molto al di sotto delle quantità prodotte da materiali come il calcestruzzo, i laterizi e la terra di scavo. Il dato è comunque significativo in quanto indice di una sostanziale evoluzione di un settore delle costruzioni maggiormente attento alla separazione dei materiali durante la demolizione, scarti che altrimenti finirebbero con l'aumentare la percentuale dell'ultima categoria afferente al sottocapitolo 17 09 "misti da C&D".

Sottocapitolo	**Totale**		**Variazione** [%] **2013-2014**
	tonnellate	%	
17 01 - cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche	1.145.300	22	8
17 02 - legno, vetro e plastica	18.300	0,4	36
17 03 - miscele bituminose, catrame di carbone	614.800	12	-8
17 04 - metalli e loro leghe	831.500	16	2
17 05 - terra, rocce e materiale di dragaggio	985.200	19	21
17 06 - isolanti e amianto	5.800	0,1	45
17 08 - a base di gesso	8.900	0,2	-30
17 09 - misti da C&D	1.501.300	29	-13
Totale	**5.110.900**	100	0

Tabella 2.7: Produzione regionale stimata di rifiuti speciali non pericolosi da C&D per sottocapitolo CER, anno 2014 (Fonte: ARPAV - Osservatorio Regionale Rifiuti)

Capitolo III

I rifiuti come risorse nel processo edilizio

3.1 Il modello circolare delle risorse

I prodotti dell'attività umana altro non sono che il risultato della trasformazione di risorse che l'uomo sottrae all'ambiente per derivarne qualcosa che ritiene utile e che, una volta diventati obsoleti, finiranno per essere dismessi.

I numeri sulla scarsità delle materie prime e l'eccesso di rifiuti in edilizia, e non solo, ha chiaramente definito il problema di una gestione malsana di questi flussi di risorse e fatto intendere che è necessario intervenire per ridurre le quantità in gioco, cercando anzitutto di ottimizzare i vari processi che portano alla realizzazione del generico prodotto, e le cui principali fasi possono essere così elencate:

- approvvigionamento delle materie prime
- produzione del bene
- uso e riparazione del prodotto
- gestione dei rifiuti

L'attuale strategia di gestione sostenibile delle risorse[46] suggerisce di riconnettere i due estremi della vita del prodotto, e di trasformare quello che viene considerato come rifiuto in una risorsa, così da spingere l'economia da un modello lineare ("prendi, produci, usa e getta") ad uno circolare (Figura 3.1). Lo scopo è infatti quello di mantenere il più a lungo possibile il valore del bene all'interno del sistema economico, anche a termine del suo ciclo di vita, attraverso il riutilizzo di tutti o parte dei componenti e materiali che lo compongono, così da riuscire a ridurre contemporaneamente sia il consumo di risorse che la produzione di rifiuti[47].

Il sistema, però, dovrà inevitabilmente mantenere alcuni elementi di linearità e, ad ogni ciclo, smaltire una quantità di risorse che non sono recuperabili[48].

Il ciclo delle risorse preso in considerazione si riferisce soltanto alle attività che comportano una trasformazione fisica della materia, tralasciando perciò altre importanti fasi intermedie,

[46] La gestione sostenibile delle risorse materiali si fonda su due principi: la velocità del prelievo deve essere pari alla velocità di rigenerazione e la velocità di produzione dei rifiuti deve essere pari alle capacità naturali di assorbimento da parte degli ecosistemi in cui i rifiuti vengono emessi. Il confronto non comparabile fra la velocità tecnologica del capitale umano con quella biologica del capitale naturale rendono però irrealizzabili questi principi, anche per quanto riguarda i materiali inerti o rinnovabili (Tiezzi, Marchettini, *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche delle sostenibilità e i guasti del pensiero unico, Roma, Donzelli Editore, 1999*)

[47] COM (2015) 614, in materia di *L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*

[48] È infatti impossibile ottenere dall'operazione di riciclaggio il recupero del 100% dei materiali

come ad esempio la distribuzione, i cui impatti ambientali riguardano prevalentemente altri tipi di risorse e producono altri tipi di inquinamento, diversi da quelli esaminati finora[49].

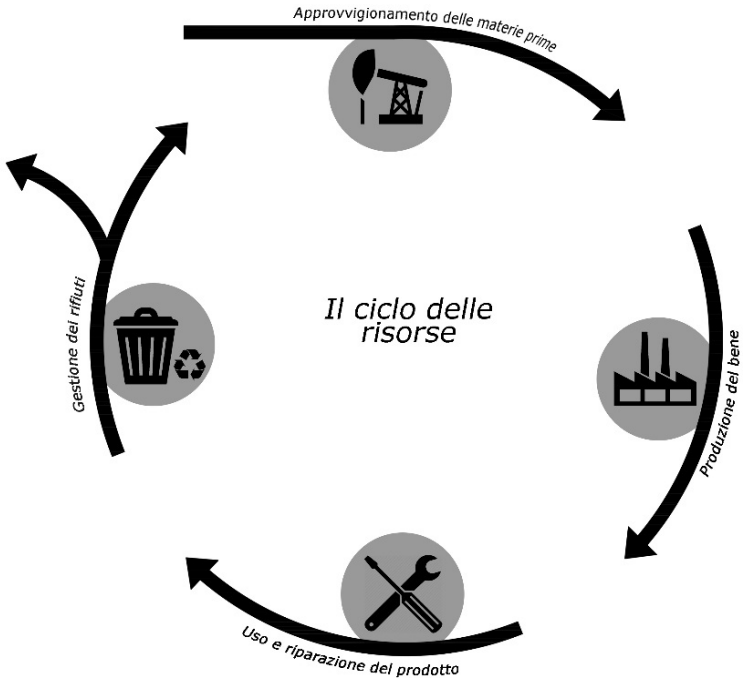


Figura 3.1: Modello circolare di un generico flusso delle risorse materiali

3.1.1 Le varianti al modello circolare

In realtà il concetto di modello circolare, inteso semplicemente come la chiusura del cerchio del flusso dei materiali, deriva totalmente da un'espressione dal significato molto più ampio e meglio conosciuta come "economia circolare".

L'economia circolare trova applicazioni pratiche ai sistemi economici e processi industriali più moderni, diventando il tema centrale di gran parte dei lavori della Commissione europea e utilizzata come mezzo per sviluppare un'economia che sia sostenibile e competitiva.

Di fatto, però, ha origini profonde con basi teoriche oramai ben radicate, da cui si sono poi sviluppati diverse varianti e approcci che ne allargano o restringono il significato e le possibilità di applicazione, ma che non cambiano di molto lo scopo sostanziale del concetto.

L'attuale e autorevole definizione del concetto, proposta dalla Fondazione Ellen MacArthur, afferma: «*a circular economy is restorative and regenerative by design, and aims to keep products, components, and materials at their highest utility and value at all times*»[50].

L'economia circolare, sempre secondo la fondazione, si basa inoltre su tre principi:

- preservare e valorizzare il capitale naturale attraverso il controllo degli *stock* finiti di materie prime e bilanciare i flussi delle risorse rinnovabili;

[49] Gli impatti ambientali riferiti al consumo di energia, di acqua e all'inquinamento atmosferico non vengono esaminati nel presente lavoro

[50] *Circular economy,* http://www.ellenmacarthurfoundation.org [ultima cons. 17-05-2017]

- ottimizzare l'efficacia delle risorse mediante l'utilizzo di prodotti, componenti e materiali a più alto livello qualitativo e rigenerativo;
- migliorare l'efficacia dei sistemi produttivi per ridurre i relativi impatti ambientali negativi.

Le varianti al modello circolare sono diverse e le più importanti trovano riscontro in diversi successi applicativi che hanno portato, per alcune, alla creazione di programmi di certificazione, associazioni e strategie operative. Tra queste, in ordine cronologico, ci sono:

Industrial ecology (Ecologia industriale)

Disciplina nata negli anni novanta e sostenuta, ad oggi, dalla società internazionale diretta dal professore Roland Clift presso il *Centre for environmental strategy* dell'Università del Surrey. Ha oggetto di studio il flusso di materia ed energia all'interno dei sistemi industriali e mira a creare processi a ciclo chiuso in cui i rifiuti di una fase diventano materia prima per un'altra, nel tentativo di eliminare tutti gli scarti indesiderati e non riutilizzabili[51].

Ciò che si ottiene è una simbiosi industriale, in un sistema che guarda all'impatto globale fin dall'inizio e nel rispetto delle aree ecologiche locali.

Upcycling

Il termine compare per la prima volta in un articolo del 1994, su una rivista di architettura e antichità, relativo ad un'intervista rilasciata da Thornton Kay all'ingegnere meccanico Reiner Pilz; per poi essere utilizzato, cinque anni dopo, come titolo di un'opera di Johannes F. Hartkemeyer e Gunter Pauli e, infine, essere adottato anche da Braungart e McDonough per estendere il concetto di *Creadle-to-Creadle*.

Per *upcycling* si intende l'utilizzo di materiali di scarto, destinati ad essere gettati, per creare nuovi oggetti dal valore maggiore del materiale originale. Si oppone al semplice riciclaggio in quanto considerato un inutile spreco di grosse quantità di energia, acqua e di produzione di CO_2; nonché la causa del fenomeno del *downcycling*, termine usato per indicare il decadimento della qualità del materiale riciclato[52].

Biomimetics* o *Biomimicry (Biomimetica o Biomimesi)

Termine introdotto già nel 1950 dal biofisico e americano Otto Schmitt, ma la cui descrizione comunemente utilizzata arriva da Janine Benyus nel 2002, che la definisce come una disciplina che cerca di risolvere le sfide delle attività e delle tecnologie umane imitando i processi e le strategie della natura[53].

[51] Federico*, I fondamenti*, cit.
[52] *Costruire a zero rifiuti*, cit., p. 59
[53] Federico*, I fondamenti*, cit.

La natura viene, cioè, presa come modello, misura e guida per ispirare l'eco-progettazione dei prodotti e sistemi industriali.

Creadle-to-Creadle (Dalla Culla alla Culla)

Approccio sviluppato nel 2002 dal chimico tedesco Michael Braungart e dall'architetto americano Bill McDonough che considera, così come fa la linea di pensiero della Fondazione Ellen MacArthur, tutto il materiale coinvolto nei processi industriali e commerciali sotto forma di nutrienti, e li divide in due cicli: biologico e tecnico[54].

I prodotti, perciò, come affermano gli autori della teoria: «possono essere composti da materiali biodegradabili che diventano cibo per i cicli biologici e/o da materiali tecnici che rimangono all'interno di cicli tecnici chiusi, circolando continuamente come sostanze nutritive pregiate per l'industria»[55].

Perché funzioni, però, i due cicli non devono mai interferire tra di loro ed è richiesta la conoscenza in partenza e in maniera precisa della composizione molecolare di ogni materiale che compone il prodotto per ottenere, una volta dismesso, la qualità migliore di recupero dei nutrienti tecnici e per evitare effetti nocivi per l'ambiente in seguito al reinserimento nel ciclo naturale dei nutrienti biologici[56].

Zero Waste (Rifiuti Zero)

Concetto che può essere utilizzato come obiettivo da raggiungere utilizzando tutti i diversi approcci di economia circolare. La strategia, che tra i maggiori teorizzanti trova la presenza del professore Paul Connet e che è ormai diventata un esempio globale di gestione dei rifiuti di molte città, si propone di evitare, in ogni modo, che gli scarti finali di un prodotto finiscano in processi di incenerimento o in discarica, ma anzi di considerare questi come risorse, una volta trasformati tramite operazioni di riciclo in materie prime seconde.

Per questo *Zero Waste*, nata anche questa nel 2002, si impegna a strutturare un sistema di raccolta che aumenti la quantità di materiale differenziabile ottimizzando la qualità del materiale da riciclare, a incentivare il riuso del materiale riciclato e la riparazione dei prodotti e a sostenere la progettazione e la produzione di prodotti totalmente riciclabili, riutilizzabili e riparabili[57].

[54] H. Wilts, *Germany on the road to a circular economy?,* Friedrich Ebert Stiftung, 2016, http://library.fes.de, pp. 6-7

[55] *Dalla culla alla culla. Come conciliare tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo*, Blu Edizioni, Torino, 2003, p. 58

[56] *Costruire a zero rifiuti*, cit., pp. 52-58

[57] Wilts, *Germany on the road*, cit., pp. 6-7

Blue economy (Economia Blu)

Modello di business proposto da Gunter Pauli nel 2010 con il libro "*The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs"*, che si fonda sull'idea di creazione di un ecosistema sostenibile, dove il prodotto di scarto di un processo metabolico forma l'input per il prossimo. Tradotto in ambito industriale significa, duranti i processi produttivi, restituire continuamente all'interno del ciclo i sottoprodotti e i rifiuti che si formano, così da estendere il più possibile la vita di una risorsa materiale e da ridurre la produzione finale di rifiuti[58].

Si tratta dell'evoluzione del concetto di *green economy* che, anziché prevedere la riduzione dell'anidride carbonica entro un certo limite, si impone di arrivare ad "emissioni zero".

3.1.2 La gerarchia dei rifiuti

L'ultima fase del ciclo di vita delle risorse è il punto più critico e problematico della catena e, per questo, fortemente regolamentato dalle normative vigenti, europee e nazionali.

In prima linea, la direttiva 2008/98/CE, fornisce un quadro generale di criteri per la gestione dei rifiuti introducendo un ordine di priorità di ciò che costituisce la migliore opzione per il loro trattamento, chiamato "gerarchia dei rifiuti", e che ha lo scopo di ottenere il miglior risultato ambientale complessivo in termini di riduzione delle quantità di rifiuti prodotte e di aumento del recupero di materiali ed energia.

I livelli di azione, schematizzabili in una scala piramidale rovesciata (Figura 3.2), sono[59]:

- prevenzione: misure, prese prima che una sostanza, un materiale o un prodotto sia diventato un rifiuto, che riducono la quantità dei rifiuti, anche attraverso il riutilizzo dei prodotti o l'estensione del loro ciclo di vita, gli impatti negativi dei rifiuti prodotti sull'ambiente e la salute umana, e il contenuto di sostanze pericolose in materiali e prodotti;
- preparazione per il riutilizzo: operazioni di controllo, pulizia e riparazione attraverso cui prodotti o componenti di prodotti diventati rifiuti sono preparati in modo da poter essere reimpiegati, per la stessa finalità per la quale erano stati concepiti, senza altro pretrattamento;
- riciclaggio (o riciclo): qualsiasi operazione di recupero attraverso cui i materiali di rifiuto sono ritrattati per ottenere prodotti, materiali o sostanze da utilizzare per la loro funzione originaria o per altri fini. Include il ritrattamento di materiale organico ma non il recupero di energia né il ritrattamento per ottenere materiali da utilizzare quali combustibili o in operazioni di riempimento;

[58] *Ibid*

[59] Direttiva 2008/98/CE, cit.

- recupero di altro tipo**:** qualsiasi altra 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;
- smaltimento: quando non sia effettuato il recupero, i rifiuti sono sottoposti a operazioni di smaltimento che devono essere sicure ai fini della protezione della salute umana e dell'ambiente.

Figura 3.2: Gerarchia dei rifiuti secondo la direttiva 2008/98/CE

Il termine "recupero" racchiude quindi in sé tutte le forme possibili di trattamento, inclusi il riuso e il riciclo, che portano alla riduzione del volume di rifiuti altrimenti destinati allo smaltimento, e che la normativa vigente[60] classifica con un elenco assolutamente non esaustivo che va da R1 a R13 (Tabella A.3).

I concetti di riciclo e riutilizzo vengono, tra l'altro, spesso confusi e la scelta di utilizzare l'uno o l'altro non è così semplice e scontata. Il primo è finalizzato a dare nuova vita ai materiali che compongono il prodotto da riciclare, ovvero alla produzione di materie prime secondarie, e richiede un notevole consumo energetico; il secondo si limita a prolungare la vita del prodotto facendo in modo che l'energia incorporata venga conservata, ma non ne evita, a lungo andare, la trasformazione in rifiuto.

La preparazione del riutilizzo è, perciò, un'operazione che si trova ad un livello superiore a quella del riciclo nella gerarchia dei rifiuti, per il suo minore impatto ambientale in termini di energia ed emissioni di CO_2, ma la sua applicazione trova maggiori difficoltà, rispetto al

[60] Allegato II (Dir. 2008/98/CE), Allegato C (D.Lgs 205/2010, D.Lgs 152/2006 Parte IV)

riciclaggio, dovute soprattutto alla poca chiarezza normativa e alla difficile distinzione tra le nozioni di rifiuto, prodotto e sottoprodotto[61].

Di seguito, una delle operazioni più importanti che occupa il quarto gradino della gerarchia, nonché una delle soluzioni più utilizzate dai diversi Paesi nella gestione dei rifiuti, è l'incenerimento, o meglio, secondo l'elenco:

R1 - Utilizzazione principalmente come combustibile o come altro mezzo per produrre energia.

L'incenerimento è una tecnica che avviene in appositi impianti detti termovalorizzatori, o inceneritori con recupero energetico che, sfruttando una preventiva disidratazione biologica dei rifiuti seguita dalla separazione degli inerti (metalli, minerali, ecc.), è in grado di produrre vapore surriscaldato attraverso la combustione ad alte temperature dei rifiuti, che viene poi utilizzato per la produzione di energia elettrica o come vettore di calore (ad esempio il teleriscaldamento). Al termine del processo le componenti non combustibili, così come le ceneri e le polveri, vengono estratte dall'impianto e avviate allo smaltimento, e i fumi, una volta trattati mediante un sistema multi-stadio di filtraggio, vengono rilasciati in atmosfera.

Ultima opzione della gerarchia è, infine, lo smaltimento dei rifiuti, effettuato secondo operazioni elencate in normativa, da D1 a D15 (Tabella A.4), e di cui la più conosciuta è il conferimento in discarica, definita questa dal decreto legislativo n. 36 del 13 gennaio 2003 in attuazione della direttiva 1999/31/CE, come: «area adibita a smaltimento dei rifiuti mediante operazioni di deposito sul suolo o nel suolo, compresa la zona interna al luogo di produzione dei rifiuti adibita allo smaltimento dei medesimi da parte del produttore degli stessi, nonché qualsiasi area ove i rifiuti sono sottoposti a deposito temporaneo per più di un anno».

Il decreto classifica le discariche in una delle seguenti categorie:

a) discarica per rifiuti inerti;
b) discarica per rifiuti non pericolosi;
c) discarica per rifiuti pericolosi;

differenziando perciò i rifiuti inerti, che rappresentano tra l'altro la maggior parte degli scarti che si trovano in edilizia, da tutti gli altri e definendoli come: «rifiuti solidi che non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica significativa; i rifiuti inerti non si dissolvono, non bruciano né sono soggetti ad altre reazioni fisiche o chimiche, non sono biodegradabili e, in caso di contatto con altre materie, non comportano effetti nocivi tali da provocare inquinamento ambientale o danno alla salute umana. La tendenza a dar luogo a pergolati e la percentuale inquinante globale dei rifiuti, nonché l'eco-tossicità dei percolati devono essere trascurabili e, in particolare, non danneggiare la qualità delle acque, superficiali

[61] Cfr. sottoparagrafo 3.1.3: Le materie prime secondarie

e sotterranee»[62]. Il termine è stato successivamente esteso ed integrato anche per la gestione dei rifiuti delle industrie estrattive, secondo la decisione della Commissione 2009/359/CE.

3.1.3 Le materie prime secondarie

Risultato delle operazioni di recupero di materia sono le materie prime secondarie (MPS), o materie seconde, termine comparso per la prima volta nella normativa italiana con la delibera del Comitato interministeriale del 27 luglio 1984, ma meglio definite nell'art.2 della legge 475/88 come: «residui derivanti da processi produttivi e che sono suscettibili, eventualmente previ idonei trattamenti, di essere utilizzati come materie prime in altri processi produttivi della stessa o di altra natura».

In attuazione del DM 05/02/98 si stabilisce, inoltre, che le MPS non devono essere pericolose, ma avere caratteristiche merceologiche conformi alla normativa tecnica di settore o, comunque, nelle forme usate commercializzate.

In seguito, la normativa ha quasi sempre utilizzato altre espressioni per indicare queste "nuove" materie prime, tra cui:

- materiale riciclato: materiale che sia realizzato utilizzando rifiuti derivanti dal post-consumo, nei limiti in peso imposti dalle tecnologie impiegate per la produzione del materiale medesimo[63];
- prodotti di recupero: materiali (individuati come "*materie prime e/o prodotti ottenuti*" dall'allegato 1, sub allegato 1, al decreto ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i.) prodotti da impianti in cui sono svolte attività di recupero di rifiuti speciali non pericolosi abilitate ai sensi della Parte IV, Titolo I, Capo IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 ed operanti in regime semplificato o ordinario[64];

La norma tecnica EN ISO 14021:2016[65] distingue poi il materiale riciclato in:

- materiale pre-consumo: materiale sottratto dal flusso dei rifiuti durante un processo di fabbricazione. È escluso il riutilizzo di materiali rilavorati, rimacinati o dei residui generati in un processo e in grado di essere recuperati nello stesso processo che li ha generati;
- materiale post-consumo: materiale generato da insediamenti domestici o da installazioni commerciali, industriali o istituzionali nel loro ruolo in qualità di utilizzatori finali del

[62] Art. 2, D.Lgs. 13 gennaio 2003, n.36, in *Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti*
[63] Art. 2, Decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203, in *Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo*
[64] All. A, DGR Veneto 24 giugno 2014, n. 1060, in *Norme tecniche e ambientali per la produzione e l'utilizzo nel settore delle costruzioni di "prodotti di recupero" e di "rifiuti tal quali"*
[65] UNI EN ISO 14021/2016: Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II)

prodotto, che non può più essere utilizzato per lo scopo previsto. Ciò include il ritorno di materiale dalla catena di distribuzione.

ma con il recepimento dell'ultima direttiva quadro sui rifiuti, per promuovere le attività di recupero e incentivare l'utilizzo dei materiali derivanti, si è iniziato a considerare le MPS come semplici materiali, sostanze o prodotti, non diversi da quelli naturali o di nuova costituzione.

È stato introdotto, infatti, il concetto di "*end of waste"* (EoW), ovvero "cessazione di qualifica di rifiuto", che consiste nell'escludere l'oggetto, o sostanza recuperati (inclusi anche quelli sottoposti alla semplice preparazione per il riutilizzo), dal regime dei rifiuti, solo se rispetta le seguenti condizioni[66]:

a) la sostanza o l'oggetto è comunemente utilizzato per scopi specifici;
b) esiste un mercato o una domanda per tale sostanza od oggetto;
c) la sostanza o l'oggetto soddisfa i requisiti tecnici per gli scopi specifici e rispetta la normativa e gli standard esistenti applicabili ai prodotti;
d) l'utilizzo della sostanza o dell'oggetto non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o sulla salute umana.

Nel 2008 l'*Institute for perspective technological studies* di Siviglia *(*IPTS), per chiarire meglio questi aspetti, ha contribuito a definire dei criteri specifici per determinare quando un rifiuto cessa di essere tale, esaminando alcuni casi studio il cui recupero appariva particolarmente promettente sul piano ambientale ed economico: il compost, gli aggregati e i rottami metallici[67].

Il concetto di EoW non è da confondere, però, con quello di sottoprodotto, mediante il quale il materiale non diventa mai un rifiuto e quindi non necessità di particolari trattamenti per essere riutilizzato, purché questi non comportino un mutamento della struttura e della costituzione fisico-chimica del materiale[68].

In particolare il sottoprodotto deve seguire le seguenti condizioni[69]:

a) la sostanza o l'oggetto è originato da un processo di produzione, di cui costituisce parte integrante, e il cui scopo primario non è la produzione di tale sostanza od oggetto;
b) è certo che la sostanza o l'oggetto sarà utilizzato, nel corso dello stesso o di un successivo processo di produzione o di utilizzazione, da parte del produttore o di terzi;

[66] Art. 184-ter, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, Parte IV

[67] *End of waste criteria. Final report*, European Communities, 2008, http://www.susproc.jrc.ec.europa.eu

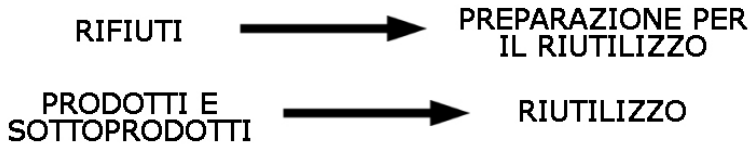
[68] Il sottoprodotto, per essere tale, non deve subire trasformazioni diverse dalla "normale pratica industriale", la cui definizione è stata chiarita dalla Sentenza n. 17453/2012, pronunciata dalla III Sezione Penale della Cassazione. Successivamente, il DM 13 ottobre 2016, n. 264 e la relativa Circ. 30 maggio 2017, n. 7619 hanno ulteriormente chiarito i criteri indicativi per agevolare la dimostrazione della sussistenza dei requisiti per la qualifica dei residui di produzione come sottoprodotti e non come rifiuti

[69] Art. 184-bis, D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, Parte IV

c) la sostanza o l'oggetto può essere utilizzato direttamente senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
d) l'ulteriore utilizzo è legale, ossia la sostanza o l'oggetto soddisfa, per l'utilizzo specifico, tutti i requisiti pertinenti riguardanti i prodotti e la protezione della salute e dell'ambiente e non porterà a impatti complessivi negativi sull'ambiente o la salute umana.

Da questa diatriba tra i due termini, nasce anche il dualismo tra i concetti di riutilizzo e preparazione per il riutilizzo.

A grandi linee si può affermare che il riutilizzo è l'operazione applicata ai prodotti e sottoprodotti, esclusi dal regime dei rifiuti, che ne permette direttamente il reimpiego "tal quale" o la negoziazione come vere e proprie risorse. Mentre la preparazione per il riutilizzo è leggermente diversa perché si applica ai prodotti ormai divenuti rifiuti e richiede di agire, attraverso pur semplici operazioni (indicate nella gerarchia dei rifiuti), ma specifiche e dispendiose procedure tecniche, per arrivare ad ottenere il risultato di EoW che ne permette il riutilizzo come nuovi prodotti[70].



Per avere ora un'idea sulle quantità di materie prime secondarie che si ottengono attualmente dal settore del recupero, osserviamo la Tabella 3.1 che mostra la produzione in tonnellate per alcuni materiali:

MATERIA PRIMA SECONDARIA	**PRODUZIONE** [t]
Carta	4.640.847
Vetro	1.797.870
Plastica	816.367
Legno	2.209.887
Organico	1.092.896
Totale	**10.557.867**

Tabella 3.1: Produzione in tonnellate di MPS per tipo di materiale
(Fonte: Elaborazione Ecocerved su dati MUD 2015)

[70] Per l'appunto anche l'art. 180-bis del D.Lgs. 152/06, Parte IV è denominato: Riutilizzo di prodotti e preparazione per il riutilizzo dei rifiuti

I dati sono stati ricavati dalle dichiarazioni MUD del 2015, e parte di quelle del 2016, da poco aggiornate con l'inserimento di un'apposita sezione relativa, per l'appunto, alla produzione di materiali secondari derivanti dal recupero di rifiuti[71]. E si focalizzano sui materiali più comuni, per motivi legati alla loro forte presenza nelle abitazioni e nella raccolta differenziata comunale, mentre vengono tralasciati, per ora, i metalli, per ragioni legate soprattutto alla difficoltà di gestire la distinzione tra ferrosi e non ferrosi, e gli aggregati riciclati che, per dimensioni e problematiche, meritano un approfondimento specifico.

Affinché la produzione di MPS sia conveniente e permetta la creazione di un mercato (come richiesto dal secondo punto delle condizioni di EoW) non basta rispettare i requisiti richiesti dalla legge, ma bisogna fare in modo che sia sempre presente una fonte considerevole e certa in termini di volumi e qualità di materiali, un bilancio energetico del processo produttivo e una sostenibilità economica dell'operazione[72].

Inoltre sono necessari, quelli che il marketing chiama, "fattori critici di successo" e che ruotano attorno ad elementi quali: la qualità, il prestigio, la varietà di scelta e il prezzo[73].

Per quest'ultimo, essendo continuamente soggetto ad oscillazioni dovute per esempio alla concorrenza con le materie prime vergini, occorre intervenire attraverso misure economiche e fiscali per incentivare l'acquisto di materiali e prodotti riciclati e quindi favorire il più possibile dei benefici economici, ambientali, tecnici e sociali che il loro utilizzo possa apportare.

Alcune idee, arrivate dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, propongono[74]:

- politiche incentivanti gli acquisti verdi pubblici e privati di prodotti in materiali riciclati;
- introduzione dell'IVA agevolata per i prodotti realizzati in materiali riciclati;
- tassazione della discarica e degli impianti di incenerimento;
- standardizzazione e certificazione dei materiali riciclati con eventuale creazione di appositi marchi di qualità;
- modulazione dei contributi ambientali in relazione alla riciclabilità dei prodotti.

Si trattano, in realtà, di iniziative già in parte realizzate per alcuni settori ma che non sempre hanno portato i risultati sperati.

In particolare, il primo punto riguardante il *Green public procurement* (GPP), ovvero gli acquisti verdi pubblici, è stato introdotto nelle normative europee già a partire dagli anni novanta con il Libro verde sugli appalti pubblici nell'Unione europea, ma è solo dal 2003 che

[71] *L'Italia del riciclo 2016*, http://www.fondazionesviluppososTenibile.org, pp. 23-26

[72] *Progetto Life LOWaste*. *LOcal Waste Market for second life products. State of the arts (Relazione illustrativa),* a cura di Gruppo Hera, 2012, http://www.lowaste.it, pp. 29-33

[73] *Ibid*

[74] *La riforma dei rifiuti. A 20 anni da D.Lgs. 22/97 e alla vigilia delle nuove direttive rifiuti-circular economy*, a cura di Edo Ronchi, 2017, http://www.fondazionesviluppososTenibile.org, pp. 197-199

se ne riconosce la vera importanza. Con la comunicazione (2003) 302 tutti gli Stati membri vengono allora invitati ad adottare dei specifici piani d'azione nazionali per incentivare l'uso di questo strumento, e che l'Italia adotterà con decreto interministeriale 11 aprile 2008 denominandolo "Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione" (PAN GPP)[75].

Il piano, aggiornato poi con DM 10 aprile 2013, fornisce un programma generale per l'applicazione del GPP e introduce il sistema dei criteri minimi ambientali (CAM), ovvero di misure che il prodotto o servizio deve seguire per poter essere acquistato dalla Pubblica amministrazione al fine di garantire il rispetto delle esigenze di sostenibilità ambientale[76].

I criteri vengono approvati con appositi decreti ministeriali periodicamente aggiornati, interessano solo alcuni settori merceologici ben definiti, tra cui l'edilizia, e riguardano la gestione dell'appalto e dell'intero ciclo di vita del prodotto o servizio.

Lo scopo degli acquisti verdi è perciò anche quello di incrementare in maniera consistente il mercato dei materiali riciclati, senza intervenire con strumenti legislativi o divieti, ma semplicemente agendo sulla domanda pubblica. L'efficacia del GPP non è stata però molto evidente finora, ma con l'entrata in vigore del D.Lgs. 50/2016, che obbliga le stazioni appaltanti ad inserire almeno le specifiche tecniche e le clausole contrattuali contenute nei documenti di CAM (l'Italia è il primo Paese a farlo)[77], si prospettano risultati ben diversi.

Anche la standardizzazione e certificazione dei prodotti ecologici sta avendo un grande sviluppo, con la nascita di numerosi marchi ambientali che intendono ridurre gli impatti inquinanti derivanti da ciascuna fase del ciclo di vita del prodotto o servizio, e che prevedono quindi anche l'utilizzo di materiali riciclati.

Infine, altri strumenti che possono aiutare a ingrandire e rafforzare questo mercato, gestendo in maniera più efficiente il flusso di rifiuti, sottoprodotti e prodotti riciclati fra le diverse figure (fornitori, raccoglitori, trasportatori, produttori, acquirenti, consumatori) inserite nelle attività di recupero, sono i sistemi informativi e i servizi di assistenza.

L'obiettivo è infatti quello di sfruttare le grandi potenzialità di internet per far incontrare domanda e offerta tra aziende private, pubblica amministrazione e singoli consumatori, e fare in modo che lo scarto di un'attività diventi risorsa per un'altra. Oltre a informare e sensibilizzare i futuri utilizzatori sulla qualità e sulla possibilità di applicazione dei materiali e dei prodotti riciclati, puntando a vincere le resistenze culturali nei confronti delle MPS[78].

---

[75] *Il GPP: il contesto politico normativo*, http://www.minambiente.it [ultima cons. 3-05-2017]
[76] *I criteri ambientali minimi (CAM)*, http://www.minambiente.it [ultima cons. 3-05-2017]
[77] *Ibid*
[78] *La riforma dei rifiuti*, cit., p. 199

3.2 Il ciclo chiuso delle risorse nel processo edilizio

L'edilizia si discosta dalle altre attività per la complessità delle sue fasi, dovute all'alto grado di interdipendenza con i diversi settori economici, sia interni che esterni, che sono necessari alla realizzazione, manutenzione e demolizione del costruito. Ne consegue, perciò, che anche il ciclo delle risorse in ambito edilizio risulta più complesso e ampio del generico flusso di materia considerato finora, tale da richiedere un particolare interesse specifico.

Il prodotto edilizio[79], infatti, non può essere pensato fine a sé stesso, ma deve progettato per essere integrato in modo permanente con l'edificio, e può essere articolato in base al suo livello di complessità, alla modalità di produzione e alla funzione.

Il regolamento 305/11[80] definisce, così, i prodotti edilizi, o prodotti da costruzione: «qualsiasi prodotto o *kit*[81] fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse».

In passato la maggior parte dei materiali usati per l'edilizia era naturale, disponibile nel luogo di costruzione e utilizzati a senza particolari successive lavorazioni. In seguito a questi materiali se ne sono aggiunti altri, artificiali, che vengono realizzati a partire da materie prime e poi sottoposti a diversi processi di lavorazione. Man mano che l'innovazione avanza, però, si assiste sempre più ad una industrializzazione dell'edilizia[82], mediante il quale questo settore tenta di sfruttare al meglio il progresso tecnologico e un'organizzazione più scientifica delle varie fasi del processo edilizio per realizzare l'opera, che si traduce soprattutto in un utilizzo sempre maggiore di prodotti realizzati in stabilimento e montati in opera e in nuove tecniche costruttive[83].

Ciò che consegue, in vista di un'ottimizzazione dell'uso delle risorse nel processo edilizio, è che, da un lato, la forte differenziazione componentistica risulta creare problemi e caos in vista di un processo di demolizione, ma dall'altro, l'utilizzo di prodotti edilizi prefabbricati potrebbe invece contribuire alla creazione di un modello più circolare delle risorse.

---

[79] Per comodità verranno spesso usati i termini risorsa, materiale, componente e prodotto in maniera indistinta

[80] Reg. n. 305/2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio

[81] Per *kit* si intende: «un prodotto da costruzione immesso sul mercato da un singolo fabbricante come insieme di almeno due componenti distinti che devono essere assemblati per essere installati nelle opere di costruzione», Art. 2, Reg. n. 305/2011

[82] Industrializzazione dell'edilizia: «concezione della produzione del bene edilizio in termini di processo di progettazione, produzione e utenza, cioè come sequenza di momenti operativi, organizzativi e gestionali coerenti e coordinati in vista della ottimizzazione dei risultati conseguibili con determinate risorse e condizioni contestuali e si identifica con alto grado di organizzazione, cioè di integrazione e coerenza, delle fasi processuali», P. N. Maggi, *Il processo edilizio (Vol. I) – Metodi e strumenti di progettazione edilizia*, CittàStudi, Milano, 1994, p. 1

[83] Rigamonti, *Il riciclo dei materiali*, cit., p. 10

L'utilizzo di prodotti realizzati in stabilimento dovrebbe infatti favorire il disassemblaggio dei materiali a fine vita, ma tutto dipende dalle tecniche costruttive che si sceglie di adottare. Per questo, sistemi costruttivi a secco sono da preferire rispetto a quelli a umido, adesivo e saldato.

La riduzione del consumo delle materie prime e della produzione dei rifiuti in edilizia non può essere riferita alla sola fase di costruzione dell'opera, ma bisognerebbe intervenire anche su tutte le altre fasi, come quello estrattivo, industriale e di gestione dell'edificio e dei rifiuti, perché ognuno di loro è in qualche modo interessato dal complesso ciclo edilizio e dai relativi impatti ambientali che ne conseguono.

3.2.1 Distinzione tra sistema, processo e ciclo delle risorse edilizio

Prima di procedere allo studio di particolari soluzioni innovative all'interno del processo edilizio per ottimizzare le risorse, e quindi evitare l'utilizzo di materie prime vergini e lo smaltimento in discarica dei rifiuti, occorre far chiarezza sulle varie terminologie che solitamente vengono utilizzate in questo ambito, e cioè:

- sistema edilizio;
- processo edilizio;
- ciclo edilizio;

Sistema edilizio

Per sistema edilizio si intende l'insieme delle parti che compongono un'opera edilizia, considerata come un sistema complesso finalizzato al soddisfacimento delle esigenze dell'utenza[84].

Si suddivide, secondo la norma UNI 10838/99[85], in:

- sistema tecnologico: insieme strutturato di unità tecnologiche e/o di elementi tecnici definiti nei loro requisiti tecnologici e nelle loro specificazioni di prestazione tecnologica;
- sistema ambientale: insieme strutturato delle unità ambientali e degli elementi spaziali, definiti nelle loro prestazioni e nelle loro relazioni;
- sistema funzionale/spaziale: insieme strutturato degli elementi spaziali definiti attraverso le loro funzioni, le dimensioni, la morfologia, le loro posizioni reciproche e rispetto all'ambiente esterno.

[84] R. Paparella, F. Vergine, *Il sistema edilizio*, Aracne Editrice, Roma, 2007

[85] UNI 10838/1999: Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia

Il sistema tecnologico, a differenza degli altri due sistemi, costituisce la parte fisica dell'edificio. Gli elementi tecnici corrispondono ai prodotti edilizi, più o meno complessi, capaci di svolgere in maniera complessiva o parziale le funzioni proprie di una o più unità tecnologiche, intese queste come un raggruppamento delle funzioni necessarie per rispondere alle esigenze richieste[86].

La classificazione UNI 8290 suddivide, inoltre, il sistema tecnologico e raggruppa le unità tecnologiche in otto sub-sistemi, chiamati classi di unità tecnologiche, che sono:

- strutture;
- chiusure;
- partizioni interne;
- partizioni esterne;
- impianti di fornitura servizi;
- impianti di sicurezza;
- attrezzature interne;
- attrezzature esterne.

Per organismo edilizio, sinonimo del termine più comune "edificio", si intende invece: «l'insieme organizzato di elementi spaziali e tecnici di un sistema edilizio, progettati unitariamente con caratteristiche di continuità fisica e di autonomia funzionale, finalizzati ad uno specifico uso per lo svolgimento di definite attività e destinati ad essere realizzati in una determinata localizzazione territoriale»[87].

Processo edilizio

Il processo edilizio è la sequenza organizzata di fasi, o sottoprocessi, connesse da relazioni tra diversi operatori che portano dal rilevamento delle esigenze della committenza/utenza di un bene edilizio al loro soddisfacimento attraverso la progettazione, l'esecuzione, la gestione e la demolizione del bene stesso[88].

La definizione originale, riportata nella norma UNI 10838/99, in realtà non contiene il concetto di demolizione, ma dal momento in cui tra le esigenze si decide di inserire la salvaguardia dell'ambiente e l'utilizzo razionale delle risorse, come previsto nella UNI 11277/2008[89], diviene necessario far diventare parte integrante del processo edilizio anche le fasi che si occupano del momento di fine vita utile dell'edificio.

[86] UNI 8290/1981: Edilizia residenziale. Sistema tecnologico – Parte I: Classificazione e terminologia
[87] Maggi, *Il processo edilizio*, cit., p. 12
[88] Modificata sulla base della norma UNI 10838/99
[89] UNI 11277/2008: Sostenibilità in edilizia - Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione

Il processo edilizio si scompone, perciò, in quattro sub-processi[90]:

- processo decisionale: insieme strutturato delle fasi processuali che precedono la realizzazione dell'intervento e ne definiscono gli obiettivi, lo sviluppo metaprogettuale, lo sviluppo progettuale e la programmazione;
- processo esecutivo: insieme delle fasi operative che conducono alla costruzione degli organismi edilizi sul territorio sulla base di quanto definito nel processo decisionale;
- processo gestionale: insieme delle fasi operative che, a partire dall'ultimazione dell'organismo edilizio e dall'inizio dell'utilizzazione dell'organismo stesso, si susseguono fino all'esaurimento del suo ciclo di vita funzionale ed economica;
- processo di demolizione: insieme delle fasi decisionali ed operative che portano alla demolizione dell'organismo edilizio, giunto al temine del suo ciclo di vita funzionale ed economica, e all'eventuale recupero dei rifiuti, materiali e prodotti edilizi;

Il processo edilizio è quindi composto da un insieme di numerose decisioni e azioni, più o meno, integrate tra loro. Tale integrazione però, che deve essere utilizzata per ridurre gli impatti ambientali, non sempre è garantita, data la lunghezza dei tempi che caratterizzano la vita del sistema edilizio e il conseguente vuoto di informazioni che spesso si viene a creare tra i diversi operatori e le diverse fasi del processo edilizio; a causa del quale le eventuali scelte prese in fase di progettazione per ridurre i rifiuti rischiano di non poter essere seguite in fase di demolizione.

L'esigenza, perciò, di controllare e ottimizzare i flussi di materiali all'interno del processo edilizio può trovare risposta soltanto in strumenti capaci di gestire e scambiare, in maniera efficace e veloce, una grande mole di informazioni tra i principali operatori, così da poter osservare, nelle fasi esecutive, le decisioni prese nel processo decisionale senza incertezze e fraintendimenti.

Di questi strumenti, che sono in grado di sfruttare al meglio la tecnologia informatica attuale, ne esistono molti e di diversa natura, come ad esempio quelle utilizzati per incentivare l'utilizzo di MPS[91] (sistemi informativi, di comunicazione e di scambio, piattaforme web, guide e cataloghi per la scelta dei materiali); ma per quanto riguarda il progetto e la gestione del sistema edilizio si fa riferimento principalmente al metodo BIM (*Building Information Modeling*) con il quale i progettisti possono collaborare scambiandosi il disegno, gli elaborati progettuali e tutti i dati presenti nel progetto (anche se utilizzano software diversi) e assicurare una vera e propria integrazione tra le varie fasi del processo decisionale.

[90] Le definizioni sono state ricavate da: UNI 10838/99; Maggi, *Il processo edilizio*, cit.; UNI 10914-1/01

[91] Cfr. sottoparagrafo 3.1.3: Le materie prime secondarie

I principali operatori che intervengono e influenzano il flusso dei materiali all'interno del processo, e di conseguenza coloro che sono maggiormente responsabili delle decisioni e delle azioni volte a ridurre il consumo di materie prime e la produzione di rifiuti, sono[92]:

- committente;
- progettista;
- appaltatore;
- produttori di materiali e prodotti edilizi.

Il committente, o il soggetto appaltante, è colui che affida ad altri il compito di realizzare l'opera, ma è lui stesso che definisce le esigenze, gli obiettivi e i vincoli da seguire nell'intervento. In questo senso, se consapevole e sensibile alle problematiche connesse all'impiego dei materiali da costruzione e alla produzione di rifiuti da C&D, può contribuire fortemente alla diffusione del modello circolare delle risorse.

Il progettista, o meglio l'insieme dei progettisti, hanno invece il dovere di tradurre le esigenze ambientali del committente in una serie di soluzioni che si dovranno concretizzare nella costruzione, gestione e demolizione dell'opera, mediante una pianificazione attenta alla scelta di prodotti ecologici, alla riduzione degli scarti e al recupero della maggior parte di essi.

L'esecuzione vera e propria dell'edificio, così come la demolizione, sono poi gestite dalla figura dell'appaltatore che deve rispettare completamente le scelte prese dal committente e le indicazioni descritte dal progettista, per non rendere vani gli obiettivi di sostenibilità programmati.

Infine, i produttori di materiali e prodotti edilizi non sono, in realtà, veri e propri operatori inseriti all'interno del processo edilizio ma hanno ugualmente una notevole influenza sull'impatto ambientale che avrà il sistema edilizio. Da parte loro, infatti, è necessario un impegno riguardante l'intero ciclo di vita dei prodotti e materiali, dalla culla alla culla[93], come previsto dall'economia circolare.

Ciclo edilizio

Per ciclo edilizio si intende, in questo lavoro, il flusso delle risorse materiali in ambito edilizio che portano alla realizzazione, manutenzione e dismissione dell'edificio, e dei suoi componenti, in un modello circolare che tende ad annullare il concetto di rifiuto.

Lo scopo è infatti lo stesso dell'economia circolare e cioè allungare il più possibile il valore dei materiali o prodotti edilizi all'interno del sistema economico, anche a fine ciclo vita dell'edificio, attraverso il recupero di tutti o parte dei componenti e materiali che lo compongono e all'utilizzo nella fase di costruzione di prodotti edilizi riciclati, così da riuscire

[92] *Costruire a zero rifiuti*, cit., pp. 249-251

[93] Cfr. sottoparagrafo 3.1: Le varianti al modello circolare

a ridurre contemporaneamente sia il consumo di materiali edilizi vergini che la produzione di rifiuti da demolizione.

Il ciclo edilizio, però, è diverso da quello di qualsiasi altro prodotto generico, in quanto i prodotti da costruzione una volta fabbricati devono essere incorporati nell'edificio, così che le sue prestazioni e la durabilità risultano inevitabilmente dipendenti da diversi fattori.

Alcuni variabili, poi, come la tipologia edilizia e il sistema costruttivo utilizzato, fanno in modo che il ciclo delle risorse edilizio assuma forme diverse a seconda dei casi; ma ad ogni modo si può considerare, approssimativamente, che sia composto dalle seguenti operazioni (Figura 3.3):

- approvvigionamento dei materiali: insieme delle operazioni di estrazione, coltivazione o scavo necessarie al reperimento delle materie prime;
- fabbricazione dei prodotti edilizi: insieme delle operazioni industriali che partecipano alla realizzazione dei prodotti edilizi che si andranno a integrare nell'organismo edilizio;
- costruzione dell'organismo edilizio: insieme delle operazioni da svolgere in situ (cantiere edile) per la realizzazione dell'edificio;
- utilizzo dell'organismo edilizio: insieme delle operazioni che si susseguono durante il ciclo di vita dell'edificio, allo scopo di assicurarne, modificarne o prolungarne il funzionamento;
- demolizione dell'organismo edilizio: insieme delle operazioni volte alla distruzione del costruito esistente, fino a rendere disponibile l'area per altri interventi[94];
- gestione dei rifiuti da demolizione: insieme delle operazioni di raccolta, trasporto, recupero o smaltimento dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Infine, è da rimarcare il fatto che gli impatti ambientali derivanti dal suddetto ciclo delle risorse si riferiscono al solo consumo di materiale, trascurando di fatto le altre tipologie di risorse, come acqua, energia, aria, suolo e combustibili fossili, per cui sarebbe necessario uno studio molto più ampio e completo.

3.2.2 L'importanza delle fasi decisionali

È durante le fasi decisionali che ricadono le maggiori responsabilità in termini di impatto ambientale ed è per questo che è importante, fin da subito, definire in ogni attività i principali obiettivi di sostenibilità da voler raggiungere.

[94] UNI 10914-1/2001: Edilizia - Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito - Terminologia

Molte scelte, in questo senso, vengono prese già prima dell'inizio del processo edilizio e riguardano soprattutto la progettazione dei prodotti edilizi. La Commissione europea promuove da diversi anni il cosiddetto *eco-design* e lo fa mediante la distribuzione di linee guida e certificazioni ambientali che valutano l'impatto inquinante di un prodotto nell'intero ciclo di vita, sfruttando per esempio la metodologia LCA (*life cycle assessment*)[95].

L'LCA, citata qui per memoria, considera gli impatti ambientali di un prodotto nei confronti della salute umana, dell'ecosistema e nell'impoverimento delle risorse in tutte le fasi del ciclo delle risorse, a partire dall'estrazione dei materiali per finire con la dismissione del prodotto. Attraverso una specifica procedura, valuta il consumo di energia totale impiegato dal prodotto, l'inquinamento atmosferico, nonché l'utilizzo delle materie prime e la produzione di rifiuti, permettendo così al produttore di ottenere informazioni fondamentali per definire eventuali comportanti da migliorare all'interno dei processi di produzione.

Tale approccio rimane comunque facoltativo lasciando al produttore la libertà di decidere se effettuare le procedure di miglioria o meno, a seconda della propria sensibilità al tema ambientale e, soprattutto, in base a ragionamenti di tipo economico-commerciale.

Per quanto riguarda l'intero sistema edilizio, le scelte principali vengono prese durante il processo decisionale, parte del processo edilizio in cui committente e progettista definiscono tutti gli obiettivi, i vincoli e le disposizioni da seguire nelle fasi successive. Da qui dipendono gran parte degli impatti ambientali che avrà l'edificio in tutto il suo ciclo di vita e che gli altri operatori dovranno, durante i processi di costruzione, utilizzo e demolizione, provvedere a limitare.

Il processo decisionale può essere scomposto in quattro fasi principali, tutte determinanti per le ricadute che si avranno sul consumo dei materiali e la produzione dei rifiuti nell'intero processo edilizio:

- promozione e programmazione;
- espressione delle esigenze;
- progettazione;
- scelta dell'appaltatore;

La prima fase, oltre a provvedere a tutta la parte finanziaria, si occupa di scegliere il professionista a cui affidare la progettazione dell'opera e di predisporre il *brief*, documento in cui sostanzialmente vengono elencate tutte le informazioni di base utili a definire un programma complessivo, se pur approssimato, del processo edilizio. I primi obiettivi iniziano quindi, fin da subito, ad essere trasmessi in questa fase, ma è con l'espressione dell'esigenze

[95] UNI EN ISO 14040/2006: Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento

che il committente esplica in maniera completa tutte le sue volontà riguardanti l'organismo edilizio.

Le esigenze, definite come: «ciò che di necessità viene richiesto al sistema edilizio per il corretto svolgimento delle attività e per il raggiungimento del giudizio di gradimento delle prestazioni edilizie da parte dell'utenza»[96], sono solitamente disaggregate in specifiche classi e sottoclassi, come previsto dalla norma UNI 8289/81[97], e successivamente tradotte a livello tecnico in requisiti.

Si può facilmente verificare che la salvaguardia dell'ambiente è già inserita tra le classi di esigenze, così come l'uso razionale delle risorse è già inserito tra i requisiti di base del regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione. Anche la norma UNI 11277/2008, che intende fornire ai progettisti un valido *framework* di requisiti di riferimento su cui basare la progettazione delle diverse fasi del processo edilizio, concentra le sue analisi su questi due concetti:

- salvaguardia dell'ambiente (SAM): insieme delle condizioni relative al mantenimento e miglioramento degli stati dei sovrasistemi di cui il sistema edilizio fa parte;
- utilizzo razionale delle risorse (URR): insieme delle condizioni per utilizzare le risorse dell'ambiente in modo coerente nei confronti degli utenti e dell'ambiente stesso con un regime economico/ambientale definito.

I requisiti principali riferiti a entrambe le esigenze, che riguardano l'impiego dei materiali e la produzione dei rifiuti all'interno del processo edilizio, così come la promozione del modello circolare, sono espressi nella Tabella 3.2:

REQUISITO	DEFINIZIONE
Utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati	deve essere previsto un elevato utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati per diminuire i rifiuti prodotti
Utilizzo di materiali, elementi e componenti ad elevato potenziale di riciclabilità	i materiali, gli elementi e i componenti devono avere un elevato grado di riciclabilità che dipende da: - condizioni relative all'ubicazione del cantiere rispetto alle attività di trattamento e recupero dei materiali, che sono effettuate nel contesto territoriale; - disponibilità di spazi nel cantiere di demolizione per la raccolta dei rifiuti e dei materiali recuperati; - tecniche costruttive con cui è realizzato il manufatto edilizio; - potenzialità dei materiali che costituiscono l'edificio di essere avviati a processi di recupero e/o riciclaggio; - condizioni relative alla vicinanza al sistema della viabilità

[96] Paparella, Vergine, *Il sistema edilizio*, cit., p. 33

[97] UNI 8289/1981: Edilizia. Esigenze dell'utenza finale - Classificazione

Utilizzo di tecniche costruttive che facilitino il disassemblaggio a fine vita	è richiesto che siano adottati sistemi costruttivi in grado di facilitare la separabilità dei componenti dell'edificio durante i processi di demolizione e recupero. Le possibilità di recuperare i materiali da costruzione alla fine del ciclo di vita dell'edificio dipendono dalle caratteristiche costruttive dell'edificio stesso
Riduzione degli impatti negativi nelle operazioni di manutenzione	il piano di manutenzione, dove previsto, deve contenere prescrizioni relative alla riduzione degli impatti negativi nella gestione rifiuti, alla riduzione dell'utilizzo delle risorse e sostanze tossiche/nocive
Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità	i materiali, gli elementi e i componenti devono avere una vita utile durevole rispetto alla vita utile dell'edificio
Gestione ecocompatibile dei rifiuti	deve essere previsto un piano di gestione del fine vita (PGFV) con indicazione dei materiali, elementi e componenti soggetti a raccolta differenziata, con successivo recupero e trattamento, rispetto alla massa totale dei rifiuti da costruzione e demolizione. Tale piano è inteso a: - pianificare, in modo ottimale la tempistica concernente le operazioni di demolizione, elaborando preventivamente un inventario particolareggiato dei materiali e degli elementi tecnici presenti nell'edificio, cui fa seguito la demolizione vera e propria, che deve essere condotta secondo sequenze adeguatamente pianificate; - considerare i costi derivanti dall'esecuzione delle operazioni di demolizione selettiva, in rapporto ai guadagni derivanti dal recupero dei materiali recuperati
Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani	devono essere previsti adeguati spazi per consentire la raccolta e il deposito dei rifiuti in ambito domiciliare e a scala di quartiere

Tabella 3.2: Elenco dei requisiti inerenti la riduzione degli impatti ambientali dei materiali e rifiuti nel processo edilizio (Fonte: UNI 11277/2008)

Questo elenco, se seguito alla lettera sia nelle varie fasi decisionali che in quelle operative, non può che rendere totalmente sostenibile dal punto di vista di utilizzo delle risorse materiali l'edificio che verrà realizzato. In realtà però, non è così semplice adottare questi accorgimenti, in quanto il contesto edilizio non è sempre lo stesso e le esigenze espresse dal committente devono inevitabilmente considerare gli aspetti di fattibilità tecnica, amministrativa ed economica dell'intervento.

Il progettista, durante la fase di progettazione, ha il compito di tradurre le esigenze espresse dal committente attraverso la redazione di un progetto del sistema edilizio, dove cerca di adottare le migliori soluzioni possibili, in relazione alle proprie capacità e competenze

Durante questa fase, perciò, il progettista ha il ruolo predominante per lo sviluppo del progetto. Oltre a decidere i materiali, gli elementi tecnici e le tecniche costruttive da utilizzare, può contribuire anche a ridurre l'impatto ambientale previsto per le future fasi del

ciclo di vita dell'edificio, adottando strumenti informativi che semplificano il lavoro per i successivi operatori.

L'utilizzo del metodo BIM nell'elaborazione del progetto, la redazione del programma di manutenzione, i computi metrici estimativi di progetto, i capitolati speciali d'appalto e i piani di gestione dei rifiuti da cantiere, contengono in dettaglio molte delle informazioni necessarie affinché gli operatori, in fase esecutiva, gestionale e di demolizione, possano agire senza far ricorso ad interpretazioni e alla stesura di complessi e dispendiosi inventari dei materiali ed elementi tecnici.

Per gli edifici di nuova costruzione, nell'ottica di massimizzare il recupero dei materiali che compongono l'organismo edilizio, esistono strategie di progettazione che si preoccupano della demolizione dell'edificio ancor prima che venga realizzato. Nonostante sia difficile prevedere lo sviluppo che avranno le tecnologie demolitive e di riciclo in futuro, la *eco-building* richiede, comunque, di procedere attraverso lo studio di soluzioni tecnico-costruttive che, perlomeno, non creino problemi di gestione dei rifiuti a fine vita dell'edificio e che incentivino, in generale, l'applicazione della demolizione selettiva.

Per gli interventi su preesistenza che richiedono la demolizione parziale, o totale, dell'edificio bisogna provvedere, invece, a seguire la fase preliminare di fattibilità e la fase di progettazione della demolizione. Elementi fondamentali per poter procedere in maniera efficiente in questo ambito sono rappresentate, per prima cosa, da tutte le informazioni utili a definire le quantità materiali in gioco nella demolizione. Perciò, se non si posseggono abbastanza strumenti informativi, bisognerà fare ricorso ad altri strumenti di analisi, previsione e monitoraggio che siano in grado di restituirci dati sufficienti per capire le quantità e tipologie di rifiuti che deriveranno dalla demolizione.

Queste operazioni, riassumibili nel termine "*pre-demolition audit*"[98] (audit pre-demolizione), oltre a quantificare il volume ed il peso del materiale che verrà rimosso, consentendo di pianificare una corretta raccolta dei rifiuti, sono finalizzate a indirizzare il progettista sulla scelta delle migliori tecniche di demolizione da adottare, con lo scopo di recuperare il maggior numero possibile di prodotti e componenti edilizi, nonché di materiale omogeneo adatto al riciclo.

Un'altra importante fase decisionale consiste, infine, nella scelta dell'appaltatore, ovvero delle imprese edilizie che intervengono nelle fasi operative di costruzione, ristrutturazione o demolizione dell'edificio. Le imprese esecutrici devono possibilmente comprendere figure professionali formate ed aggiornate, e devono confrontarsi col progettista nell'organizzare le

[98] *Pre-demolition audit*, http://www.europeandemolition.org, [ultima cons. 28-05-2017]

sequenze delle lavorazioni, la gestione degli spazi interni al cantiere e la scelta dei recuperatori e smaltitori autorizzati a trattare i rifiuti.

In seguito a questo inquadramento risulta evidente come, con la sempre più articolata richiesta di requisiti e la crescente complessità del processo decisionale, la figura del progettista non sia più in grado, da sola, di organizzare e programmare l'intero intervento edilizio, ma deve inevitabilmente affidarsi a diversi attori specializzati nei diversi ruoli.

In generale, tenendo conto della tipologia e dell'importanza dell'intervento edilizio e dei requisiti di sostenibilità ambientale che si vogliono raggiungere, agli operatori di progettazione è richiesto di adempiere a molteplici funzioni essenziali per assicurare un'ottimizzazione delle risorse materiali all'interno del processo edilizio, tra cui:

- interpretare le esigenze espresse dal committente;
- ricercare materiali e prodotti edilizi provenienti dal recupero;
- interagire con le industrie produttrici dei prodotti edilizi;
- progettare un sistema edilizio che includa le soluzioni migliori;
- definire le sequenze da eseguire in fase di costruzione;
- disporre il piano di gestione dei rifiuti da cantiere;
- elaborare il programma di manutenzione dell'opera;
- redigere un accurato audit pre-demolizione;
- definire le sequenze da eseguire in fase di demolizione;
- scegliere gli appaltatori più competenti ed aggiornati;
- rispettare le disposizioni indicate nelle normative.

Tutte queste decisioni, però, devono essere espletate in condizioni di completa integrazione e coerenza, per non vanificare gli aspetti di sostenibilità che si vogliono raggiungere ad ogni livello del processo edilizio. La complessità delle attività, unita alla molteplicità degli operatori che intervengono, richiedono perciò un'efficace coordinamento tra tutte le fasi di progettazione[99]. Molto spesso allora, per progetti importanti, occorre la presenza di un'ulteriore figura che sia in grado di coordinare i vari atti decisionali e gestire al meglio il grande flusso di informazioni che gli operatori devono scambiarsi.

3.2.3 Input e output di materia nel ciclo edilizio

Al fine di trovare soluzioni tecniche innovative per riuscire a chiudere il ciclo delle risorse materiali anche in edilizia, appare indispensabile avere anzitutto una visione completa degli "input" e "output" di materia presenti in ogni fase del ciclo edilizio.

[99] Maggi, *Il processo edilizio*, cit., pp-27-28

Non basta, infatti, concentrarsi solo sulle attività che appartengono agli estremi del ciclo di vita dell'organismo edilizio, ma è necessario intervenire in tutti i momenti che, partendo dall'estrazione della materia prima e finendo con la gestione dei rifiuti da demolizione, sono responsabili dell'utilizzo di materiali e della produzione degli scarti.

È indispensabile, perciò, estendere il concetto di recupero dei rifiuti ad ogni singola fase di lavorazione dei materiali, anche agli altri settori esterni al processo edilizio ma interni al ciclo delle risorse (come il settore estrattivo e industriale), e fare in modo che si crei un'interrelazione dei flussi materiali in cui gli output di un'attività possano diventare input di un'altra.

In questo paragrafo ci si limita ad analizzare le varie forme di input e output (riassunte in Tabella 3.2) che precedono, attraversano e seguono il ciclo di vita edilizio, e a mostrare, grazie anche all'aiuto della normativa, alcune proposte per tentare di ridurre lo spreco di risorse materiali e, di conseguenza, i ritmi di estrazione delle materie prime da cui provengono[100].

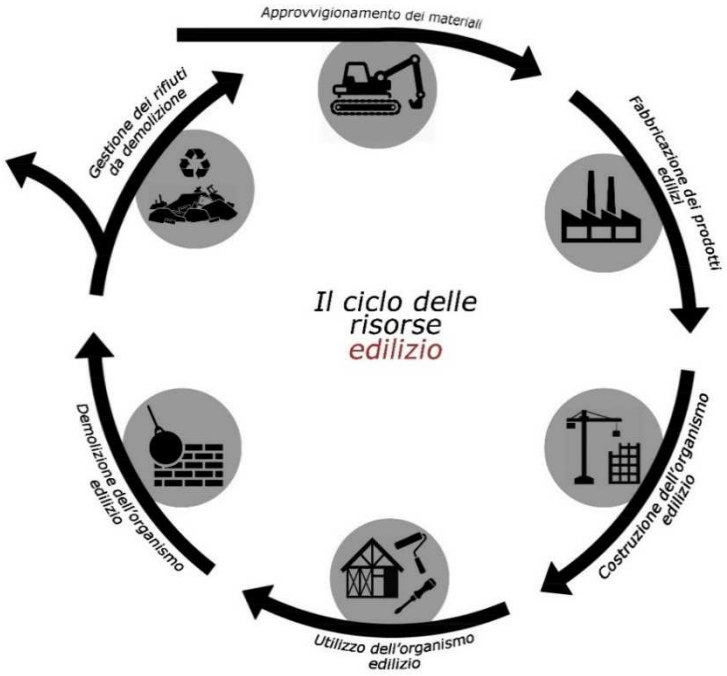


Figura 3.3: Modello circolare del flusso delle risorse materiali in ambito edilizio

Approvvigionamento dei materiali

La tipologia di approvvigionamento dipende ovviamente dal tipo di materiale che si vuole estrarre dall'ambiente. In ambito edilizio la grande maggioranza dei materiali da costruzione proviene dalle attività di cava, ma non bisogna comunque trascurare gli altri materiali, come l'acciaio e il legno, o altri ancora più comuni agli usi industriali, come le materie plastiche.

[100] *Costruire a zero rifiuti*, cit., pp. 207-208

Gli input di questa prima fase riguardano principalmente l'utilizzo di risorse primarie, rinnovabili o non rinnovabili, necessarie a far funzionare i macchinari per l'estrazione delle materie prime vergini (ma che non vengono trattate nel presente lavoro), mentre i materiali ricavati uniti agli scarti di estrazione rappresentano gli output.

I materiali vengono solitamente distinti tra materiali per costruzioni, ovvero quelli destinati direttamente alla fase di costruzione dell'edificio o di altre opere civili (per es. sabbia, ghiaia per conglomerati cementizi), e materiali per industrie, cioè quelli destinati all'industria per essere sottoposti a trasformazioni più spinte che sono necessarie per il loro successivo impiego (per es. argille per laterizi, calcare per cemento)[101].

Gli interventi di sostenibilità inerenti al presente lavoro e riferiti a questa attività sono rivolti alla riduzione delle scorte di materie prime e alla migliore gestione dei rifiuti dell'industrie estrattive.

Per favorire l'approvvigionamento sostenibile delle materie prime, la politica europea fonda la sua strategia su tre pilastri, in cui si evidenzia come giochino un ruolo importante le conoscenze geologiche e la condivisione di informazioni fra Stati membri, la ricerca di nuove tecnologie estrattive che consentano di massimizzare i vantaggi economici ed ambientali, soprattutto in termini di riduzione degli scarti, e l'incentivazione al riciclaggio e all'utilizzo di materie prime rinnovabili[102].

La direttiva 2006/21/CE (recepita nell'ordinamento giuridico italiano con il D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 117), oltre a voler garantire la protezione dell'ambiente e della salute umana, disciplina la gestione dei rifiuti derivanti dalle attività di prospezione, estrazione, trattamento, ammasso di risorse minerali e di sfruttamento delle cave, invitando gli Stati membri a provvedere affinché l'operatore elabori, se intende ottenere l'autorizzazione di cava, un piano di gestione dei rifiuti nel rispetto dei principi di sostenibilità ambientale[103].

In particolare, il piano di gestione dei rifiuti deve perseguire i seguenti obiettivi[104]:

- prevenire o ridurre la produzione di rifiuti e la loro pericolosità, per esempio scegliendo il metodo di estrazione più adeguato, prevedendo la possibilità di ricollocare i rifiuti di estrazione nei vuoti di miniera e ripristinando il *topsoil*;
- incentivare il recupero dei rifiuti di estrazione attraverso il riciclaggio, il riutilizzo o la bonifica dei rifiuti interessati;
- assicurare lo smaltimento sicuro dei rifiuti di estrazione a breve e lungo termine.

[101] All. A, DGR Veneto n. 2015/2013, pp. 58-61

[102] COM (2008) 699, in materia di *L'iniziativa "materie prime" – Rispondere ai nostri bisogni fondamentali per garantire la crescita e creare posti di lavoro in Europa*

[103] Dir. 2006/21/CE relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE

[104] Art 5, Dir. 2006/21/CE

In Italia sono soprattutto le regioni, attraverso l'adozione di appositi piani strategici, a disciplinare in maniera sistematica le attività estrattive e a dover imporre la riduzione degli impatti ambientali[105]. Il PRAC del Veneto, in questo senso, ha stilato una serie di obiettivi ambientali specifici per tutelare l'ambiente e utilizzare al meglio le risorse non rinnovabili, tra i quali favorire l'utilizzo di materiali alternativi, di terre e rocce da scavo e di tecnologie da coltivazione innovative ed ecocompatibili[106].

Nella fase di analisi del piano si è provveduto perciò a stimare la quantità di materiale inerte necessario per soddisfare il fabbisogno regionale, e di mercato, e nell'ambito di questa stima ha trovato posto la valutazione della disponibilità di materiale alternativo a quelli ottenuti da attività di cava[107], che può derivare da:

- recupero di materiale da demolizione, svolta in impianti a tal fine autorizzati, anche all'interno di cave in attività;
- scavi connessi a opere pubbliche e private, edifici e infrastrutture, dai quali si ottiene materiale in esubero rispetto alle capacità di riutilizzo dell'opera stessa;
- lavori di manutenzione di alvei fluviali, che determinano la necessità di commercializzare la porzione di materiale asportato, non riutilizzabile nell'opera;

riuscendo così a limitare, allo stretto necessario, l'estrazione di materie prime naturali e a contribuire a ridurre la quantità di rifiuti da C&D, che altrimenti sarebbero finiti in discarica.

Fabbricazione dei prodotti edilizi

L'industria manifatturiera dei prodotti edilizi incide in maniera significativa sull'approvvigionamento delle risorse, sul loro futuro uso e sulla generazione e recupero dei rifiuti.

La Commissione europea sostiene da molti anni un uso efficiente delle risorse nei diversi settori industriali (compresi quelli che partecipano alla realizzazione dei prodotti edilizi) promuovendo i processi industriali sostenibili ed innovativi che, ad esempio, utilizzano materie prime sostenibili o operano la simbiosi industriale, il sistema grazie alla quale i rifiuti o i sottoprodotti di un'industria diventano fattori di produzione per un'altra[108].

Gli input di questa fase sono, perciò, le materie prime primarie, comprese quelle rinnovabili, che anche in un'economia circolare continueranno sempre a svolgere un ruolo importante e a

[105] Cfr. sottoparagrafo 2.1.1: Produzioni dalle attività estrattive di cava

[106] All. A, DGR Veneto n. 2015/2013

[107] Il fabbisogno complessivo di piano del Veneto è valido per dieci anni ed è stimabile in 120 milioni di metri cubi, di cui 45 milioni devono essere garantiti attraverso operazioni di recupero, All. A, DGR Veneto n. 2015/2013, p. 96

[108] COM (2015) 614, in materia di *L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare*, p. 5

volte insostituibile[109], e le materie prime secondarie o i sottoprodotti, provenienti sia da un recupero interno allo stesso, o analogo, processo industriale e sia da altri settori economici, anche completamente esterni al mondo dell'edilizia. Gli output corrispondono, invece, agli scarti di fabbricazione, da identificare come sottoprodotti o come rifiuti, e ai prodotti edilizi finiti, distinguibili nelle loro molteplici e diverse forme.

Il professore P. N. Maggi[110] distingue l'industria manifatturiera dei prodotti edilizi in due fasi principali:

- fase di produzione;
- fase di prefabbricazione.

La fase di produzione tradizionale utilizza come input il materiale grezzo, ovvero il materiale per industria[111] (primario o riciclato), per trasformarlo in prodotti edilizi non ancora funzionalmente finalizzati ad una specifica destinazione d'uso e che, se classificati in base alla complessità, si distinguono in:

- materiali edilizi: prodotti amorfi con caratteristiche tali da poter essere direttamente impiegati nel processo produttivo edilizio;
- semilavorati: prodotti con caratteristiche tecnologiche tali da poter essere direttamente impiegati nel processo produttivo edilizio e con caratteristiche dimensionali che ne definiscono almeno una sezione;
- elementi semplici[112]: prodotti con caratteristiche tecnologiche tali da poter essere direttamente impiegati nel processo produttivo edilizio, morfologicamente e dimensionalmente definito.

La fase di prefabbricazione utilizza come input i materiali edilizi, i semilavorati e gli elementi semplici, per trasformarli in[113]:

- sub-componenti (o semicomponenti): prodotto edilizio funzionalmente definito nell'ambito delle destinazioni d'uso del componente con il quale è programmato ad integrarsi, morfologicamente e dimensionalmente definito;
- componente semplice (o semicomponenti a sistema): prodotto edilizio risultante da un'aggregazione di semicomponenti, funzionalmente finalizzato ad una specifica

[109] Per esempio le pietre ornamentali, come i marmi, che vengono utilizzate soprattutto per la loro qualità estetica e le cui varietà, che assumono famose denominazioni commerciali, sono un vanto del *made in Italy* a livello mondiale

[110] Maggi, *Il processo edilizio*, cit., pp. 47-52

[111] Cfr. sottoparagrafo 3.2.3: Input e output di materia nel ciclo edilizio - Approvvigionamento dei materiali

[112] Gli elementi semplici possono utilizzare come input, oltre al materiale grezzo, anche il semilavorato

[113] Le definizioni dei prodotti edilizi ottenuti dalla prefabbricazione sono state modificate in base alle conoscenze del laureando

destinazione d'uso nell'ambito del sistema tecnologico con il quale è programmato ad integrarsi, morfologicamente e dimensionalmente definito;

- componente complesso (o componenti a sistema): prodotto edilizio risultante da un'aggregazione di componenti, funzionalmente finalizzato ad una specifica destinazione d'uso nell'ambito del sistema tecnologico con il quale è programmato ad integrarsi, morfologicamente e dimensionalmente definito;
- sub-sistema tecnologico: prodotto edilizio ad alta complessità, risultante da una aggregazione di componenti complessi, finalizzato a svolgere una funzione complessa nell'ambito del sistema tecnologico con il quale è programmato ad integrarsi;
- sistema tecnologico: edificio intero, risultante dall'aggregazione di sub-sistemi tecnologici.

I prodotti edilizi che escono dall'industria possono quindi essere definiti più o meno ecologici, ed essere identificati con apposite certificazioni ambientali, in base anche al contenuto di materiale riciclato che contengono e alla possibilità di riutilizzarli e riciclarli facilmente al termine del loro ciclo di vita.

L'utilizzo di prodotti prefabbricati, in particolare quelli in serie e modulari, possono risultare più efficaci in questo perché, rispetto ai prodotti edilizi realizzati in opera, permettono maggiore:

- controllo dell'uso delle risorse e della qualità;
- velocità di montaggio;
- riduzione dei rifiuti da produzione;
- facilità di decostruzione dell'opera;
- recupero dei materiali.

Costruzione dell'organismo edilizio

La costruzione dell'organismo edilizio viene effettuata solitamente da una o più imprese di costruzione, secondo un contratto d'appalto tra committente e appaltatore, con la quale quest'ultimo si impegna a organizzare l'attività di lavoro suddividendo i vari compiti in cantiere, anche attraverso subappalti.

Esistono sostanzialmente due casi di costruzione di un edificio:

- interventi di nuova costruzione su area non edificata;
- interventi di ristrutturazione su preesistenze, con demolizione parziale o totale.

Gli input necessari alla costruzione dell'edificio possono arrivare direttamente dall'attività di approvvigionamento dei materiali, chiamati materiali per costruzioni (come sabbia, ghiaia), o

dalle attività di recupero degli scarti, ovvero le materie prime secondarie, e quindi essere entrambi utilizzati nel sito senza particolari trattamenti (per es. come sottofondi).

Altri input, invece, possono essere costituiti dai prodotti edilizi derivanti dalla fase di produzione, uniti o meno con i materiali di base indicati prima, per realizzare in cantiere prodotti edilizi più complessi da incorporare nell'edificio (per es. calcestruzzo), oppure possono comprendere i prodotti edilizi prefabbricati che dovranno essere assemblati e montati in opera.

I prodotti edilizi, come già descritto, possono inoltre essere oggetti totalmente o in parte riciclati, ma anche provenire dal mercato dell'usato, o da altri cantieri, ed essere preparati per il riutilizzo o direttamente riutilizzati tal quali.

Gli output sono invece rappresentati dall'organismo edilizio finito, definitivamente consegnato da parte dell'appaltatore al committente, e dai rifiuti da costruzione (inclusi gli imballaggi e le terre da scavo).

Nel caso degli interventi di ristrutturazione su preesistenze, che comprendono modifiche alla geometria, ricostruzioni o ampliamenti, la differenza sostanziale consiste negli output provenienti dalle demolizioni parziali o totale dell'opera presente. Ai rifiuti da costruzione bisogna, infatti, sommare quelli da demolizione e gli eventuali prodotti edilizi da poter riutilizzare. Inoltre questi output possono essere considerati tutti come eventuali nuovi input da riusare nello stesso, o in un altro cantiere, oppure in altre attività e settori economici che sfruttano i materiali, o prodotti, provenienti dalle operazioni di recupero.

Per ridurre al minimo la quantità di rifiuti edili e migliorare la circolarità delle risorse in questa fase è compito dell'appaltatore gestire, nella maniera più precisa possibile, le varie lavorazioni del cantiere per evitare di generare troppi rifiuti, sia in fase di costruzione che di demolizione. Per perseguire questo obiettivo, nella gestione del cantiere è opportuno adottare le seguenti misure[114]:

- sviluppo di un piano di gestione dei rifiuti nel cantiere;
- ottimizzazione delle consegne di materie prime presso il cantiere in funzione dei tempi di utilizzo, riducendo al minimo le necessità di stoccaggio dei materiali;
- utilizzo di attrezzature adeguate e gestione accurata degli impianti;
- stoccaggio sicuro e accurato dei materiali nel cantiere, per evitarne il danneggiamento;
- conservazione dei materiali da costruzione nei loro imballaggi fino al momento del loro utilizzo.

[114] *Analisi di contesto. Progetto Rebir. Risparmio energetico, bioedilizia, riuso. Provincia di Lucca*, Rebir, 2010, http://www.provincia.lucca.it, p. 63

Sarà poi il direttore dei lavori a controllare l'esecuzione dei lavori e a verificare se ciò che avviene in cantiere rispetta, punto per punto, ciò che è stato precedentemente deciso dal committente e dal progettista.

Gestione dell'organismo edilizio

La costruzione di un edificio utilizzando prodotti realizzati in stabilimento permette numerosi vantaggi, soprattutto in termini di efficienza energetica e di velocità di costruzione, ma portano inevitabilmente alla perdita di quella durabilità che ha da sempre garantito all'edificio una vita utile media molto più lunga rispetto a quella di adesso[115].

Nonostante il sostanziale decremento del ciclo di vita degli edifici odierni, o almeno di molti subsistemi che li costituiscono, i prodotti edilizi continuano comunque ad avere una durabilità maggiore rispetto alla media degli altri prodotti industriali, la quale deve però essere costantemente assicurata attraverso una corretta gestione dell'edificio.

La norma UNI 11156-1/2006[116] definisce la durabilità dei prodotti edilizi come la: «capacità di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l'influenza degli agenti previsti in esercizio».

Anche le norme tecniche per le costruzioni danno una definizione per questo termine affermando che: «la durabilità, definita come conservazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture, proprietà essenziale affinché i livelli di sicurezza vengano mantenuti durante tutta la vita dell'opera, deve essere garantita attraverso una opportuna scelta dei materiali e un opportuno dimensionamento delle strutture, comprese le eventuali misure di protezione e manutenzione»[117].

Per riassumere, la durabilità è un requisito relativo al comportamento nel tempo dei prodotti edilizi che compongono un edificio e dipende da molti fattori tra cui:

- vita utile propria dei materiali;
- qualità dei materiali;
- progettazione dell'opera;
- messa in opera dei prodotti edilizi;
- interazione con gli altri prodotti edilizi;
- manutenzione dell'opera.

[115] Claudio Molinari, nel 1996, affermava che la durata media di vita degli edifici, a livelli accettabili di qualità, era di 25-30 anni. Gli edifici potevano allora essere considerati come beni di consumo di media durabilità (due o tre volte quella di un'automobile) riconducendo il problema della loro gestione entro i termini di programmazione di medio/lungo periodo, Rigamonti, *Il riciclo dei materiali*, cit., p. 10

[116] UNI 11156-1/2006: Valutazione della durabilità dei componenti edilizi - Parte 1: Terminologia e definizione dei parametri di valutazione

[117] Par. 2.1: Principi generali, DM 14 gennaio 2008, denominato *Norme tecniche per le costruzioni* (NTC)

In questa fase del ciclo edilizio, l'ultimo punto risulta il più interessante perché introduce l'argomento specifico concernente la gestione dell'edificio, il quale può essere scomposto nelle seguenti sottofasi:

- fase di conduzione;
- fase degli interventi di recupero.

La fase di conduzione comprende tutte le attività che gli utenti o gli operatori di gestione di corrente devono svolgere per mantenere il sistema edilizio in condizioni ottimali di fruibilità[118] (per es. attività di pulizia).

L'input di questa fase consiste nell'organismo edilizio completo di tutte le sue parti, mentre l'output è rappresentato dall'edificio al termine della sua vita utile e, se vogliamo, dai rifiuti solidi urbani (RSU) che fuoriescono quotidianamente durante l'utilizzo del bene immobile.

La fase degli interventi di recupero comprende gli interventi edilizi che si verificano, anche se non sempre, durante l'intero ciclo di vita dell'edificio e che vengono scomposti, secondo il testo unico in materia edilizia[119], in:

- interventi di manutenzione ordinaria;
- interventi di manutenzione straordinaria;
- interventi di restauro e risanamento conservativo;
- interventi di ristrutturazione edilizia.

Le fasi di manutenzione, in particolare, sono le attività riguardanti la riparazione e la sostituzione degli elementi tecnici secondo le modalità temporali ed esecutive stabilite dal programma di manutenzione dell'organismo stesso[120].

La manutenzione dei prodotti edilizi che compongono il sistema tecnologico può portare ad aumentarne la durabilità e quindi ad allungarne la vita utile, con conseguente riduzione di materiale da inserire nei flussi produttivi per produrre altri beni, se non quelli necessari alle stesse attività di manutenzione.

Gli altri interventi sono, invece, conseguenti ad una decisione, non contemplata in fase di progettazione, che si presenta all'interno o alla fine della vita utile dell'edificio, a fronte di specifiche esigenze contestuali.

Le quantità di input e output di questi interventi edilizi solitamente accrescono con l'aumentare dell'importanza dell'intervento e le loro forme sono le stesse di quelle già citate, nel paragrafo precedente, nel caso di interventi di ristrutturazione su preesistenze.

---

[118] Maggi, *Il processo edilizio*, cit., p. 54

[119] Art. 3, Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, denominato *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*

[120] Maggi, *Il processo edilizio*, cit., p.56

Demolizione dell'organismo edilizio

La demolizione è una delle fasi più importanti del ciclo edilizio, su cui gravano gran parte delle responsabilità in vista del futuro recupero dei prodotti e dei rifiuti, necessario a chiudere il cerchio del flusso dei materiali.

Questa fase si presenta quando si decide di agire attraverso interventi edilizi di recupero, come la ristrutturazione, oppure quando sopraggiunge la fine del ciclo di vita dell'organismo edilizio, e delle parti che lo compongono. Di conseguenza la demolizione può essere parziale, se riguarda solo una parte dell'organismo, o totale, se riguarda l'intero edificio.

Il ciclo di vita dell'opera, e degli elementi tecnici che la compongono, si conclude quando il sistema edilizio non è più in grado di soddisfare le esigenze delle utenze, che durante l'utilizzo possono anche essere cambiate, e può avvenire attraverso i seguenti fenomeni[121]:

- invecchiamento fisico (o obsolescenza tecnica/tout court);
- obsolescenza tecnologica;
- obsolescenza funzionale;
- obsolescenza di mercato.

L'input di questa fase è perciò l'organismo edilizio, o parte di esso, mentre gli output corrispondono ai rifiuti speciali da demolizione, pericolosi e non pericolosi, le cui caratteristiche fisiche variano a seconda della tipologia di demolizione che viene utilizzata:

- demolizione tradizionale: avviene con tecniche di distruzione dalle quali si producono rifiuti indifferenziati;
- demolizione selettiva (o decostruzione): avviene con una sequenza di fasi distinte, finalizzate a massimizzare la separazione dei materiali e dei prodotti edilizi.

La scelta tra l'utilizzo di una demolizione, o l'altra, dipende da diverse variabili tra cui[122]:

- la tipologia della struttura: considerata in base allo stato di degrado, alla varietà dei materiali e alle caratteristiche degli elementi tecnici;
- il sito del cantiere: considerato in base alle dimensioni del lotto, alla vicinanza con altre strutture e alla distanza dagli impianti di trattamento dei rifiuti;
- i costi dell'operazione: considerati in base alle capacità economiche del committente e ai tempi, alla manodopera e ai macchinari disponibili.

La demolizione tradizionale assicura certamente un'esecuzione veloce e a costi contenuti, motivo per cui è la tipologia scelta più frequentemente, e si avvale di tecniche ormai fortemente consolidate (meccaniche, chimiche e ad esplosione). Ma, di contro, non permette di ottenere buoni risultati in termini di recupero dei rifiuti, determinando così un alto spreco di

[121] Rigamonti, *Il riciclo dei materiali*, cit., pp. 84-96
[122] *Ivi*, pp. 150-151

materiale. Gli output, infatti, consistono in rifiuti eterogenei destinati solamente alla discarica o al trattamento per il riciclo, dal quale si potranno ottenere separazioni del materiale molte scarse e, di conseguenza, MPS di bassa qualità.

Data la presenza sempre maggiore di materiali eterogenei incorporati negli edifici, la diminuzione progressiva del loro ciclo di vita e in vista di un'ottimizzazione delle risorse materiali, è quindi da prediligere la demolizione selettiva che consente, con tecniche molto più lente (martelli pneumatici e idraulici, seghe diamantate) e una quantità di manodopera maggiore, di assicurare l'omogeneità dei rifiuti prodotti, riducendo drasticamente il miscuglio dei materiali e la dispersione delle impurità. Per non rendere vana l'operazione, le frazioni omogenee dovranno poi, ovviamente, essere stoccate in un apposito deposito temporaneo all'interno del cantiere, che garantista la separazione corretta delle varie categorie di rifiuti.

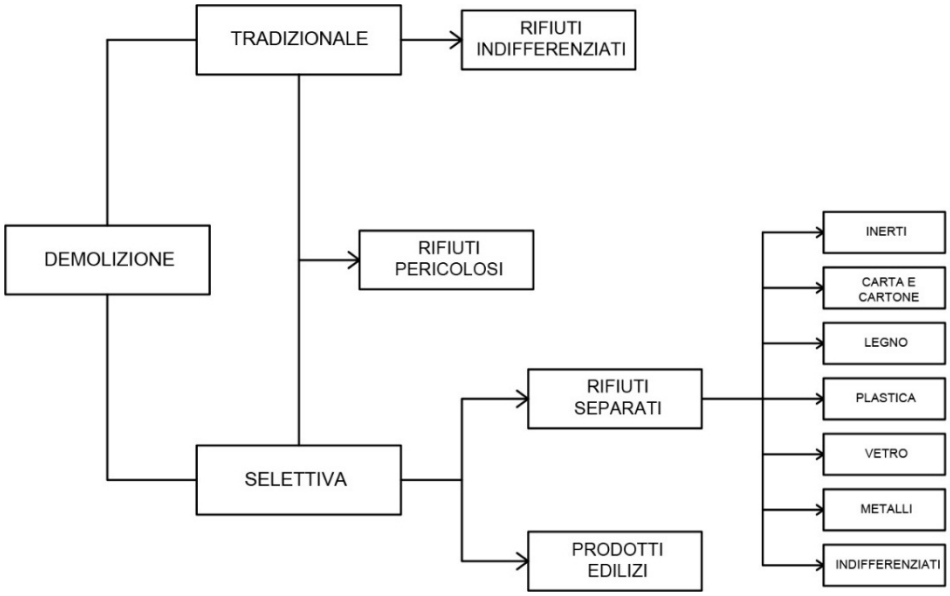


Figura 3.4: Differenza di output di materia tra demolizione tradizionale e selettiva

I costi operativi per una decostruzione sono superiori a quelli della demolizione tradizionale, ma si tratta, in realtà, di un fattore aleatorio in quanto le condizioni economiche possono facilmente variare in seguito, per esempio, a decisioni politiche che portano ad aumentare il costo di smaltimento dei rifiuti in discarica o ad incentivi economici che favoriscono la nascita di imprese di demolizione specializzate e di impianti per il trattamento dei rifiuti. In più è possibile ottenere dei ricavi dal riciclo dei materiali selezionati e dalla rivendita dei prodotti rigenerati o di pregio, così da ribaltare completamente le convenienze economiche e

rendere vantaggiosa la scelta della demolizione selettiva, sia per il committente che per l'appaltatore e le imprese di recupero[123].

I vantaggi di natura ambientale che si riescono ad ottenere, invece, riguardano soprattutto gli output, in quanto si riesce a:

- favorire la produzione di materiali riciclati con elevate caratteristiche prestazionali;
- ridurre la quantità dei rifiuti da destinare a discarica;
- massimizzare il numero di prodotti edilizi riutilizzabili.

Sarà poi compito del committente scegliere l'impresa qualificata nel settore della demolizione (avente cioè le competenze tecniche aggiornate, gli operatori specializzati e le esperienze adeguate), e l'eventuale responsabile dei lavori, che si assumeranno le responsabilità di seguire passo per passo le disposizioni contenute nel progetto di demolizione.

Gestione dei rifiuti da demolizione

Una volta effettuata la demolizione dell'organismo edilizio bisognerà procedere alla gestione dei materiali di scarto derivanti da essa. Le caratteristiche degli input di questa fase del ciclo edilizio dipendono perciò, come per gli output della fase precedente, dalle tipologie di edificio e di demolizione impiegata. Ciò che ne consegue è che, a seconda dell'omogeneità dei rifiuti, ci saranno percorsi e trattamenti diversi da seguire, da cui dipenderanno soprattutto la qualità delle materie prime secondarie ottenute e le quantità di rifiuti da dover smaltire in discarica.

La gestione dei rifiuti da demolizione, proiettata al recupero di materia, può essere riassunta nelle seguenti operazioni:

- raccolta e trasporto dei rifiuti da demolizione;
- trattamento negli impianti e produzione di MPS
- ricollocazione nel mercato delle MPS.

Per quanto riguarda la demolizione tradizionale, gli input sono rappresentati dai rifiuti indifferenziati costituiti da un miscuglio di materiali eterogenei e stoccati in un deposito comune all'interno del cantiere. La loro eterogeneità, ad ogni modo, non impedisce di effettuare una separazione dei materiali postuma allo stoccaggio e che può essere rappresentata da due fasi principali.

La prima fase consiste in una semplice selezione manuale, o con mezzi meccanici, dei pezzi più grandi e facilmente distinguibili dal resto delle macerie, con il conseguente avvio ai cicli di trattamento specifici per ciascuno di essi

[123] Le considerazioni di tipo economico derivano da studi di ricerca e da ragionamenti elaborati dal laureando che esulano dalle sue competenze. Sono perciò da considerare come elementi approssimativi e non completamente affidabili.

La seconda fase, invece, consiste in una separazione più dettagliata delle macerie miste rimanenti, attraverso un particolare processo di trattamento che è in grado di dividere i materiali inerti più pesanti (come calcestruzzo, laterizi, pietra e vetro) dai componenti più leggeri (come plastica, carta e legno) mediante separatori ad aria o ad acqua. In più è possibile, sempre nello stesso processo, trattenere i metalli ferrosi (come ferro, acciaio e ghisa) utilizzando modesti strumenti elettromagnetici e infine dividere altre frazioni omogenee di materiale, attraverso alcune operazioni di vagliatura[124].

Da tutto ciò si ottiene, però, che l'esigua percentuale dei componenti leggeri, rispetto ai materiali inerti, e il loro alto grado di impurezza rendono poco conveniente una loro ulteriore separazione e l'avvio al riciclo, preferendo molte volte il diretto conferimento in discarica. Anche i materiali inerti che, almeno in Italia, rappresentano ancora la maggior parte dei detriti di demolizione, difficilmente consentono la produzione di omomateriale, trasformandosi spesso in materie prime secondarie di bassa qualità da utilizzare solamente per operazioni di riempimento o per la realizzazione di sottofondi stradali. Solo i metalli ferrosi, per cui esiste un buon valore economico sul mercato, rendono l'operazione del riciclo favorevole e redditizia[125].

Per quanto tecnologici ed efficaci possano essere gli impianti, perciò, il trattamento dei rifiuti provenienti dalla demolizione tradizionale non è in grado di restituire MPS di buona qualità comportando inevitabilmente, ad eccezione dei metalli ferrosi, il fenomeno del *downcycling*[126], ovvero la caduta prestazionale del materiale rispetto alla funzione originaria, e un grande spreco di risorse materiali.

Gli input inerenti la demolizione selettiva sono, invece, costituiti da prodotti edilizi smontati dall'organismo edilizio e dalle frazioni omogenee di rifiuti, sistemate in appositi cassoni di raccolta differenziata all'interno del cantiere e già pronte per essere avviate ai rispettivi trattamenti di riciclo.

La corretta gestione di questi input consiste, soprattutto, nel garantire ai prodotti riutilizzabili lo stoccaggio in un magazzino che li protegga dagli agenti atmosferici e nell'evitare, sia in fase di stoccaggio che di trasporto agli impianti, qualsiasi tipo di contaminazione con altre sostanze delle frazioni omogenee dei rifiuti da demolizione, per non vanificare le operazioni di separazione fatte all'origine.

Alla fine dei processi di recupero, gli output della demolizione selettiva risulteranno avere caratteristiche migliori rispetto a quelli provenienti da mix eterogenei di rifiuti, così da

[124] Rigamonti, *Il riciclo dei materiali*, cit., p. 197
[125] *Ivi*, p. 164
[126] Cfr. paragrafo 3.1.1: Le varianti al modello circolare

rendere anche più facile una loro ricollocazione sul mercato e determinare la definitiva chiusura del ciclo edilizio.

FASI DEL CICLO EDILIZIO		INPUT DI MATERIA	OUTPUT DI MATERIA
Approvvigionamento dei materiali		–	Materiali per costruzioni Materiali per industria Rifiuti da estrazione Sottoprodotti di estrazione
Fabbricazione dei prodotti edilizi	Produzione	Materie prime secondarie Materiali per industria Sottoprodotti di estrazione Sottoprodotti di produzione	Materiali edilizi Semilavorati Elementi semplici Rifiuti da produzione Sottoprodotti di produzione
	Prefabbricazione	Materiali edilizi Semilavorati Elementi semplici	Sub-componenti Componenti semplici Componenti complessi Sub-sistemi tecnologici Sistema tecnologico Rifiuti da prefabbr. Sottoprodotti di prefabbr.
Costruzione dell'organismo edilizio	Nuova costruzione	Materiali per costruzioni Materie prime secondarie Prodotti edilizi da produzione Prodotti edilizi da prefabbr. Prodotti edilizi da riutilizzo	Sistema tecnologico Rifiuti da costruzione Imballaggi Sottoprodotti da costruzione
	Ristrutturazione		Sistema tecnologico Rifiuti da C&D Imballaggi Rifiuti pericolosi
Utilizzo dell'organismo edilizio	Conservazione in uso	Sistema tecnologico	Sistema tecnologico Rifiuti solidi urbani
	Interventi di recupero	Sistema tecnologico Materiali per costruzioni Materie prime secondarie Prodotti edilizi	Sistema tecnologico Rifiuti da C&D Imballaggi Rifiuti pericolosi
Demolizione dell'organismo edilizio	Tradizionale	Sistema tecnologico	Rifiuti da D eterogenei Rifiuti pericolosi
	Selettiva		Rifiuti da D separati Rifiuti pericolosi Prodotti edilizi
Gestione dei rifiuti da demolizione	Eterogenei	Rifiuti da D eterogenei	MPS di bassa qualità Rifiuti non riciclabili
	Separati	Rifiuti da D separati Prodotti edilizi da riutilizzo	MPS di alta qualità Prodotti edilizi nuovi Rifiuti non riciclabili

Tabella 3.3: Input e output di materia per ogni fase del ciclo edilizio

3.2.4 I vincoli alle soluzioni innovative

La ricerca di soluzioni innovative per l'ottimizzazione dell'uso delle risorse materiali ha finora rivelato la grande potenzialità del settore delle costruzioni nel contribuire a questo tema. L'elenco definitivo delle strategie tecniche da poter mettere in atto all'interno del processo edilizio deve prima, però, essere preceduto da una spiegazione delle cause che ne hanno spesso rallentato lo sviluppo, determinando dei veri e propri vincoli alla sostenibilità edilizia.

Fin dall'antichità e in ogni periodo storico precedente alla rivoluzione industriale, il riciclo e il riutilizzo di materiali nelle opere edificatorie non hanno mai creato alcun tipo di problema; anzi, erano pratiche diffuse e ben consolidate, spesso necessarie per risolvere le difficoltà di reperimento delle materie prime oppure per impreziosire gli edifici più recenti. Anche in seguito al secondo conflitto mondiale si assiste, per esempio, a processi di recupero di materiale nelle città colpite dai bombardamenti, con il duplice scopo di rimuovere l'enorme quantità di macerie presenti e di soddisfare la grande domanda di materiali edilizi necessari alla ricostruzione delle infrastrutture e degli insediamenti[127].

Considerando i tempi più recenti, invece, l'attenzione verso il recupero di materiali edilizi e l'utilizzo delle materie prime secondarie è stato esclusivamente legato a motivi economici, tali perciò da non garantire una continuità nell'applicazione di quest'attività. Solo negli ultimi anni la necessità di ridurre il consumo delle materie prime e la produzione dei rifiuti ha assunto una valenza ecologica, così da ampliare l'interesse a questo argomento e spingere il settore dell'edilizia a cercare di superare gli ostacoli che si presentano[128].

È già stato evidenziato come la specificità di questo settore rispetto agli altri settori produttivi, sia uno degli aspetti principali di esclusione da quelle regole e comportamenti che col tempo hanno invece standardizzato il mondo dell'industria, anche in materia di recupero dei rifiuti; ma è stato anche illustrato come l'ambito manifatturiero stia avendo un ruolo sempre più determinante all'interno del processo edilizio, contribuendo a modificare alcuni aspetti vincolanti che hanno da sempre caratterizzato l'edilizia[129].

Nonostante questi continui cambiamenti, sono presenti ancora numerosi ostacoli che non permettono al settore di prendere slancio e, di conseguenza, di diventare una componente attiva nel meccanismo del modello circolare.

---

[127] Rigamonti, *Il riciclo dei materiali*, cit., pp. 131-141

[128] *Ivi*, p. 142

[129] Cfr. paragrafo 3.2: Il ciclo chiuso delle risorse nel processo edilizio

I primi vincoli derivano da motivi di natura culturale che col tempo si sono radicati nell'opinione pubblica e nei legislatori, convincendoli erroneamente di alcuni aspetti riguardanti per esempio:

- illimitata disponibilità delle risorse materiali per l'edilizia;
- durata illimitata dei manufatti edilizi;
- comportamento inerte dei rifiuti edili nei confronti dell'ambiente;
- scarsa qualità dei prodotti contenente materiale riciclato.

Altri aspetti sono, invece, solamente di natura economica. Il mercato, infatti, continua ad avere un ruolo determinante sulla scelta dei materiali da utilizzare nel processo edilizio, ma è soprattutto la Pubblica amministrazione che, attraverso incentivi, tassazioni e normative, può riuscire a favorire l'utilizzo delle MPS e il recupero dei rifiuti. In particolare si assiste a:

- mancanza di tassazione sull'estrazione dei materiali vergini;
- bassi costi di approvvigionamento delle materie prime edilizie;
- mancanza di normative coattive per il recupero di rifiuti da C&D;
- mancanza di normative coattive per l'utilizzo di MPS in edilizia;
- bassi costi di conferimento in discarica dei rifiuti.
- elevati costi operativi della demolizione selettiva;
- elevati costi di trattamento di riciclo dei rifiuti.

In realtà alcune normative che obbligano ad utilizzare le MPS in edilizia esistono già, come le norme sugli acquisti verdi pubblici (GPP)[130], ma molte altre, invece, necessitano di particolari miglioramenti per aumentarne l'efficacia, oltre che per rendere più chiari alcuni concetti.

Tra questi vincoli troviamo:

- difficoltà nel distinguere un rifiuto da sottoprodotto;
- difficoltà nello stabilire il criterio di *end of waste*;
- mancanza di norme tecniche specifiche per alcune MPS;
- assenza di capitolati speciali d'appalto aggiornati;
- mancanza di dati certi sulla produzione dei rifiuti in edilizia;

Esistono poi numerosi vincoli essenzialmente di natura tecnica e che riguardano principalmente la fase di demolizione selettiva dell'organismo edilizio. È evidente come questa parte del processo edilizio risulti molto importante ai fini della sostenibilità ambientale, ma molto spesso risulta infattibile oppure richiede di superare diversi ostacoli, non solo economici, che potrebbero renderne vano l'obiettivo finale, tra cui:

- difficoltà di separazione dovuto all'eterogeneità dei prodotti edilizi;

[130] Cfr. paragrafo 3.1.3: Le materie prime secondarie

- spazi non disponibili per la raccolta differenziata in cantiere;
- tempi operativi molto lunghi;
- eccessivi errori nella separazione dei materiali in cantiere;
- impresa di demolizione non abbastanza qualificata;
- lontananza degli impianti di trattamento dei rifiuti;
- tecnologie e tecniche di riciclo inadeguate.

Per concludere si afferma che il suddetto elenco, assolutamente non esaustivo, contiene a dire il vero vincoli che negli ultimi anni stanno progressivamente scomparendo, come la diffidenza dell'opinione pubblica sui prodotti riciclati o come l'arretratezza delle tecnologie di riciclo. Per altri, invece, basterebbe un impegno leggermente maggiore da parte di legislatori ed operatori del processo edilizio, per ottenere risultati più soddisfacenti, come per esempio sulla distinzione di alcune terminologie all'interno delle normative oppure sull'aggiornamento formativo di certe figure principali del processo. Ad ogni modo, appare comunque chiaro come siano ancora numerose le problematiche da dover superare all'interno di tutto il contesto tematico e come, perciò, risulti ancora difficile rendere prassi comune la pratica del modello circolare nel processo edilizio.

3.2.5 Le strategie tecniche di intervento

Dopo avere illustrato una corposa, ma necessaria, panoramica riguardante il problema del consumo di materie prime e della produzione dei rifiuti in edilizia; dopo aver mostrato diverse soluzioni che, sfruttando il concetto di "ciclo chiuso delle risorse", possono dare un grande contributo alla sostenibilità ambientale e dopo aver considerato i vincoli che hanno da sempre posto un freno all'innovazione in questo settore, è bene fare chiarezza e riassumere quelle che sono le attuali strategie tecniche applicabili all'edilizia.

Uno degli obiettivi del presente lavoro è infatti quello di riuscire a sistematizzare le possibili linee di intervento, riguardanti il settore delle costruzioni, nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse materiali, cercando di agire su alcune delle principali fasi del processo edilizio.

Si consideri, allora, il modello di Figura 3.4 in cui al centro del processo troviamo il sistema edilizio, o per meglio dire il sistema tecnologico, su cui si intende intervenire e si valutino poi due criteri percorribili, e che chiameremo "macrostrategie", intese come il risultato di una condensazione di gran parte delle soluzioni innovative fin qui proposte inerenti all'utilizzo e al recupero delle risorse materiali.

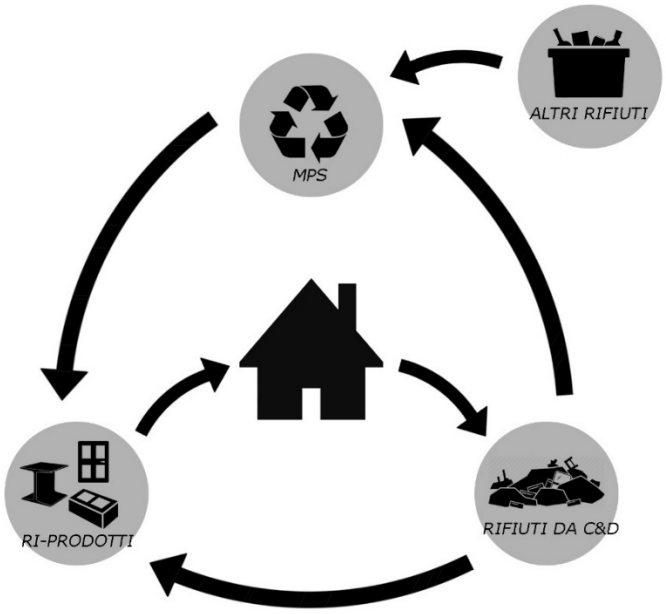


Figura 3.5: Schema di applicazione del modello circolare nel processo edilizio

La prima macrostrategia riguarda le ultime fasi del processo edilizio, attinenti alla fine del ciclo di vita dell'opera, e si preoccupa della rimozione delle risorse materiali dal sistema edilizio. Questo criterio consiste nell'individuare le strategie migliori applicabili rivolte al recupero degli output, composti dai rifiuti da C&D o altro, attraverso un'attenta progettazione della demolizione e la corretta gestione dei materiali e prodotti edilizi esistenti.

La seconda macrostrategia, invece, interessa le prime fasi del processo edilizio, riguardanti l'inizio del ciclo di vita dell'edificio, e si preoccupa di tutto ciò che si inserisce all'interno del sistema tecnologico. Si tratterà, quindi, di eseguire una progettazione del sistema edilizio che contempli l'utilizzo di materiali e prodotti edilizi ecologici, intesi questi come input derivanti totalmente, o in parte, da operazioni di recupero di materia.

Lo scopo è, soprattutto, quello di incentivare al massimo l'impiego di materie prime secondarie nella produzione degli elementi tecnici che andranno a comporre l'edificio, siano queste ottenute da un riciclo endogeno, e quindi interno al processo edilizio, oppure da un riciclo esogeno, ovvero provenienti da altri cicli produttivi.

La linea di intervento riguardante il recupero dei rifiuti prodotti dalle demolizioni è finora la più conosciuta ed oggetto di importanti studi di ricerca, nonché di normative a riguardo, che stanno man mano progredendo nel tentativo di ottenere risultati pratici sempre migliori.

L'obiettivo è quello di riciclare e riutilizzare materiali e prodotti edilizi che andranno a sostituire le materie prime naturali necessarie a questo settore, così da poterli reimpiegare in un nuovo progetto come richiesto dalla seconda macrostrategia.

Molte di queste ricerche, però, si sono fino adesso concentrate essenzialmente sul riciclo dei materiali inerti, quali calcestruzzo, laterizi, sabbia e ghiaia, con lo scopo di produrre aggregati riciclati indispensabili per cercare di coprire almeno una parte dell'enorme quantità di inerti richiesta dall'edilizia. Le strategie di intervento sono, perciò, solitamente rimaste confinate all'interno del processo edilizio e incentrate sul recupero dei materiali da costruzione tradizionali. Il fatto di prevedere l'utilizzo di MPS provenienti da altri settori industriali, e non solo, per produrre nuovi componenti edilizi è una strategia pressoché sperimentale, che richiede ancora un grande progresso tecnologico, legislativo, culturale e commerciale.

Un ulteriore aspetto su cui si potrebbe concentrare l'attenzione è, infine, quello di prevedere fin dalla fase della progettazione l'impiego di prodotti e tecniche costruttive che favoriscano il disassemblaggio dei componenti, come i sistemi a secco, il quale porterebbe sicuramente dei vantaggi economici ed operativi inerenti la fase di manutenzione e di demolizione dell'organismo edilizio, favorendo le fasi di smontaggio, separazione e recupero dei materiali e prodotti edilizi a fine vita.

Come inquadramento di base si possono anzitutto delineare i principi essenziali che coinvolgono le due macrostrategie nella gestione dei materiali e prodotti edilizi. Per la prima macrostrategia, i principi riguardano il recupero dei materiali e prodotti esistenti, mentre per la seconda macrostrategia, si riferiscono all'utilizzo dei materiali e prodotti di progetto:

PRIMA MACROSTRATEGIA Recupero di prodotti e rifiuti dal processo di demolizione	**SECONDA MACROSTRATEGIA** Utilizzo di MPS e prodotti di recupero nel sistema edilizio
• Conservazione di porzioni di edificio preesistente • Applicazione della demolizione selettiva • Smontaggio dei prodotti edilizi riutilizzabili • Raccolta delle terre da scavo • Separazione dei materiali in frazioni omogenee • Rimozione e bonifica dei rifiuti pericolosi	• Adattamento di porzioni di edificio preesistente • Riutilizzo di prodotti edilizi provenienti dallo stesso cantiere • Riutilizzo di prodotti edilizi provenienti da altri cantiere o altro • Riutilizzo delle terre da scavo • Uso di materiali con contenuto di riciclato (MPS) • Uso di prodotti edilizi con contenuto di riciclato

Tabella 3.4: Gestione dei materiali e prodotti edilizi nelle due macrostrategie

Capitolo IV

Recupero di prodotti e rifiuti dal processo di demolizione

4.1 Introduzione

Il recupero di prodotti e rifiuti derivanti dalla demolizione è l'approccio che fa parte della prima macrostrategia, che ha lo scopo di valutare le soluzioni tecniche migliori per applicare il concetto di modello circolare delle risorse materiali al termine del processo edilizio.

Per recupero si intende l'insieme delle operazioni di riuso e riciclaggio di tutti quegli scarti provenienti dall'attività edilizia, chiamati spesso per semplicità "rifiuti da C&D". In questo caso, però, non si fa riferimento solamente ai rifiuti, in quanto bisogna considerare anche i prodotti, componenti e sottoprodotti esclusi dalla condizione di rifiuto che hanno la possibilità di essere rimossi dal sistema edilizio e avviati al riutilizzo senza alcun trattamento.

Inoltre è necessario puntualizzare che per rifiuti da C&D si considerano solitamente tutti quei rifiuti appartenenti al capitolo 17 della classificazione CER (catalogo europeo dei rifuti)[131], derivanti da qualsiasi intervento edilizio che preveda l'utilizzo di materiali (costruzione, manutenzione, ristrutturazione, demolizione), anche se lo scopo della strategia è quello di concentrarsi prevalentemente sugli output provenienti dalla fase di dismissione dell'organismo edilizio.

In fase esecutiva, infatti, sono molte le situazioni in cui si producono rifiuti inutili, che potrebbero facilmente essere evitati con una buona progettazione delle tecniche e delle fasi costruttive[132].

Un dato interessante riguarda la suddivisione percentuale delle tipologie edilizie presenti nel territorio nazionale: in Italia ci sono circa 14,5 milioni di edifici, di cui poco meno dell'85% è ad uso residenziale, il 5% è privo di utilizzazione e le restanti tipologie, come gli edifici produttivi, commerciali, direzionali/terziari, turistici/ricettivi e servizi, costituiscono percentuali molto più basse[133].

Da ciò si può ipotizzare che gran parte dei rifiuti provenienti dalle demolizioni continuerà per molto tempo ad essere prevalentemente caratterizzato da materiali di natura lapidea, essendo la maggior parte delle abitazioni preesistenti realizzate con tecniche costruttive tradizionali, ovvero pietra, laterizi e calcestruzzo armato. Inoltre si può affermare che i decreti riguardanti gli appalti pubblici verdi, come il DM 8 maggio 2003, n. 203 e il DM 11 gennaio 2017, anche

[131] Cfr. sottoparagrafo 2.2.1: Il groviglio delle terminologie

[132] Per esempio ciò accade spesso in fase di montaggio degli impianti tecnici dove, a causa della necessità di inserire cavi all'interno della muratura, gli impiantisti sono costretti a demolire parte di essa

[133] Dati Istat riferiti all'anno 2011, *CensimentoPopolazioneAbitazioni*, http://www.dati-censimentopopolazione.istat.it

qualora venissero applicati in maniera impeccabile dagli operatori interessati, non possono che ottenere risultati esigui in termini di concreta riduzione del consumo nazionale dei materiali primari e dei rifiuti, in quanto gli edifici appartenenti alla Pubblica amministrazione costituiscono solamente una piccola parte di tutto il patrimonio edilizio italiano.

Attualmente esistono impianti di selezione dei rifiuti molto tecnologici, in grado di separare i rifiuti misti da cantiere in diverse frazioni omogenee di materiali con l'utilizzo software, sensori a laser e pinze a presa intelligente[134]. Ma tali sistemi, caratterizzati da grandi limiti tecnici[135], economici ed organizzativi, non sono ancora in grado di risolvere la questione dei rifiuti in edilizia. Per ottenere risultati costanti e decisivi nell'ottimizzazione dell'uso delle risorse materiali edili è opportuno, infatti, un sostanziale cambiamento dell'intero processo edilizio.

Una delle soluzioni migliori rappresentate dalla presente macrostrategia per ottenere MPS, e quindi prodotti, di buona qualità rimane perciò quella di eseguire anzitutto una demolizione selettiva dell'organismo edilizio, o di parte di esso. Le strategie tecniche d'intervento ruotano allora attorno a questo approccio, le quali devono poi far ricorso a certi strumenti indispensabili per ottenere una valorizzazione dei materiali derivanti dal processo di demolizione.

Conclusa la demolizione selettiva, lo schema prevede che i prodotti e i materiali ottenuti vengano avviati, rispettivamente, ad operazioni di riuso o riciclo (Figura 4.1); le prime per ricavare prodotti edilizi da potere riutilizzare tal quali, o dopo semplici fasi di ripristino (pulizia, riparazione, eliminazione delle impurità) e le seconde per produrre materie prime secondarie da impiegare anche al di fuori del settore delle costruzioni.

Finora le ricerche inerenti al recupero dei rifiuti da C&D si sono concentrate quasi esclusivamente sul riciclo dei materiali inerti e la produzione di aggregati riciclati per la realizzazione di opere di ingegneria civile, come colmate, riempimenti e sottofondi stradali, ma anche conglomerati bituminosi e calcestruzzi a bassa resistenza. Anche la normativa ha deciso di porre particolare attenzione soprattutto su questo tema con l'obiettivo di regolamentare l'utilizzo di questi materiali. Ne sono la prova la stesura di documenti ministeriali, specifiche norme tecniche e l'inserimento di apposite disposizioni all'interno delle NTC, utili anche a garantire una standardizzazione della qualità e la rispondenza a requisiti essenziali di base.

[134] Un esempio è rappresentato dall'impianto di selezione dei rifiuti ZenRobotics Recycler, http://www.zenrobotics.com

[135] ZenRobotics Recycler è un in grado di separare rifiuti di dimensioni limitate (da un minimo di 5x5 cm ad un massimo di 50x100 cm). Inoltre non riesce a dividere materiali troppo aderenti tra loro, come la malta dai mattoni

Per quanto riguarda i materiali metallici, invece, i processi di riciclo sono sempre stata prassi comune, grazie all'alto grado di separazione dei metalli (soprattutto ferrosi) rispetto agli altri rifiuti, all'alto livello di riciclabilità dei rottami e al buon valore di mercato del metallo riciclato. Nonostante ciò, nell'attività edilizia la scelta di adottare tecniche di demolizione alla "butta giù", ovvero diverse da quelle di tipo controllato, rende molto spesso poco conveniente il recupero di queste quantità di materiale, provocando di conseguenza un grande spreco di risorse.

La prima macrostrategia non si sofferma solo a queste due tipologie, ma vuole dimostrare, attraverso una corretta gestioni dei prodotti e rifiuti da demolizione, la potenzialità di recupero per molti altri materiali sempre più utilizzati nell'attività edilizia, come il legno, il vetro e la plastica, e che determinano un'eterogeneità compositiva solitamente non comune ai tradizionali sistemi tecnologici edilizi.

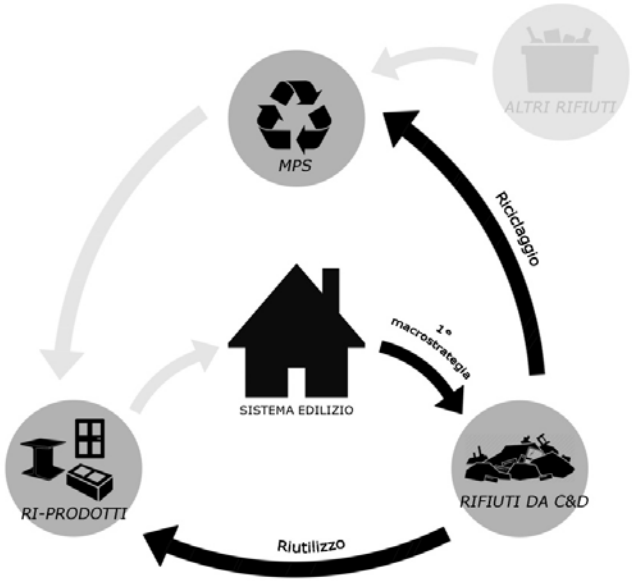


Figura 4.1: Prima macrostrategia applicata alle ultime fasi del processo edilizio

4.2 La gestione dei rifiuti da C&D

Prima di procedere ad una descrizione delle possibili strategie tecniche d'intervento da adottare per un efficiente recupero di materiali e prodotti provenienti dalla demolizione selettiva, occorre dare un inquadramento generale sulla situazione attuale inerente la gestione dei rifiuti, e in particolare di quelli da costruzione e demolizione, in base al contesto territoriale.

In Europa

In Europa l'approccio alla gestione dei rifiuti varia molto tra i diversi Stati membri (d'ora in poi: SM). Considerando le principali forme di trattamento, si può osservare che in media, nel 2012, il 42,3% dei rifiuti totali sono stati smaltiti in discarica (D1, D5 e D12) e il 45,7% è

stato avviato a recupero di materia, incluso il *backfilling* (da R2 a R11). Il 6%, poi, è stato avviato a trattamento in ambiente terrestre oppure a scarico in ambiente idrico (da D2 a D7), mentre il restante 7% dei rifiuti sono stati inceneriti, di cui il 4,4% con recupero energetico (R1: incenerimento con recupero energetico, D10: incenerimento senza recupero energetico). Nonostante l'aumento della produzione dei rifiuti, le quantità di materiale smaltito in discarica è rimasto pressoché invariato nel corso negli ultimi anni mentre, rispetto al 2004, si è attestato un notevole miglioramento sulle quantità di materiale recuperato. Tra gli Stati più efficienti in quest'ultimo campo spicca l'Italia, attestandosi al 75,9% di recupero di materia facendo registrare la migliore prestazione tra i Paesi dell'UE 15, seguita dal Belgio al 73,2%, dalla Germania al 69,2% e dal Lussemburgo al 64,3%[136].

Considerando solamente i rifiuti dell'attività edilizia e la *roadmap* sull'uso efficiente delle risorse nell'UE (COM 2011-571), che prevede entro il 2020 un tasso di recupero dei rifiuti da C&D (incluso il riempimento) pari ad almeno il 70%, si può già affermare che nove SM (Austria, Belgio, Estonia, Germania, Ungheria, Lussemburgo, Malta, Paesi Bassi e Spagna) abbiano raggiunto tale traguardo di sostenibilità, altri nove SM (Croazia, Cipro, Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Italia, Lituania, Regno Unito e Slovenia) stiano mostrando buone percentuali di recupero, intorno tra il 50%-70%, il che preclude grandi possibilità di soddisfare il *target* previsto dalla Commissione europea, e infine, che i restanti dieci SM (Bulgaria, Finlandia, Grecia, Irlanda, Lettonia, Polonia, Portogallo, Romania, Slovacchia e Svezia) siano ancora decisamente distanti da questo obiettivo[137].

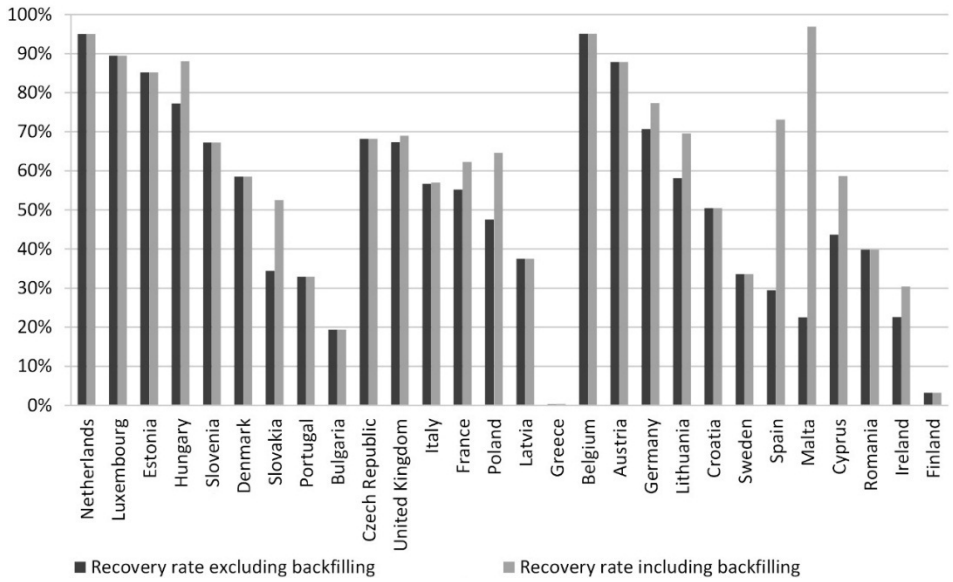


Figura 4.2: Tassi di recupero dei rifiuti da C&D per ogni Stato membro dell'UE-28, anno 2012 (Fonte: Commissione europea)

[136] *Rapporto rifiuti speciali*, cit., p. 10

[137] *Workshop "Improving management of construction and demolition waste". 25 May 2016. Rue Philippe Le Bon Straat 3, Brussels. Background paper*, Deloitte SA, http://www.europa.eu, pp. 8-9

In Italia

A livello nazionale, i problemi riscontrati in merito alla produzione di rifiuti speciali non pericolosi, conseguenti al venir meno dell'obbligo della loro dichiarazione nel MUD, non riguardano i dati relativi la gestione. I gestori continuano, infatti, da molti anni ad essere obbligati alla dichiarazione di tutti i rifiuti trattati, il che rende particolarmente affidabili i dati relativi all'argomento in questione. A partire dal 2003, inoltre, in virtù delle modifiche apportate al MUD (Modulo di gestione: MG), è stato possibile migliorare la qualità delle informazioni ed effettuare ulteriori elaborazioni; per esempio l'inserimento dell'informazione relativa alla specifica tipologia d'impianto utilizzato ha consentito l'individuazione puntuale degli impianti di stoccaggio che effettuano esclusivamente la "messa in riserva" (R13) e il "deposito preliminare" (D15), così da poter escludere i quantitativi di rifiuti trattati dai dati riferiti alle restanti operazioni di recupero e smaltimento[138].

Per quanto riguarda l'Italia, perciò, e la relativa gestione dei rifiuti speciali, gli ultimi dati risalgono al 2014 e mostrano come l'approccio nazionale rispecchi lo stesso andamento del trattamento dei rifiuti totali, anche se la percentuale di recupero di materia (da R2 a R12), in questo caso, scende al 62,4%. A seguire avvengono, con il 15%, le altre operazioni di smaltimento (D8, D9, D13, D14) e, con l'8,5%, lo smaltimento in discarica (D1). Appaiono residuali infine, con l'1,6% e con l'1%, le quantità avviate al recupero di energia e all'incenerimento, così come le operazioni di messa in riserva (R13) e deposito preliminare (D15) pari, rispettivamente, al 10,6% e allo 0,9%[139].

Se si fa, invece, una distinzione tra rifiuti speciali non pericolosi e rifiuti speciali pericolosi, si assiste di nuovo ad un rialzo della percentuale di recupero di materia, per i primi, pari a 73,2%, di cui il 57,2% è rappresentato dall'operazione "riciclo/recupero di altre sostanze inorganiche" (R5), e ovviamente ad un sostanziale ribasso, per i secondi, che porta il recupero dei materiali da bonificare al 23,3%, di cui il 24,4% corrispondente al "riciclo/recupero dei metalli o composti metallici" (R4)[140].

Sempre in Italia, i dati sul recupero dei rifiuti speciali non pericolosi, in base alle tipologie di rifiuti, evidenziano come i rifiuti da C&D (capitolo 17), compreso il terreno proveniente da siti contaminati, rimangano i protagonisti in questo ambito. Il 58% dei rifiuti speciali recuperati, infatti, appartiene al settore delle costruzioni (pari a circa 47Mt rispetto ai 50Mt circa di rifiuti da C&D prodotti)[141] e sono rappresentati principalmente da operazioni di

[138] *Rapporto rifiuti speciali*, cit., p. 54

[139] *Ibid*

[140] *Ivi*, pp. 59-64

[141] I dati nazionali sul recupero dei rifiuti da C&D sono, in realtà, ancora abbastanza incerti e la presenza nei calcoli delle terre e rocce da scavo incede molto sulle relative statistiche e stime. Probabilmente, perciò, le percentuali relative ai prodotti e materiali da costruzione recuperati veri e propri sono decisamente più basse

recupero R4 ed R5, e da una parte consistente che rimane stoccata per essere recuperata l'anno successivo. L'11% (pari a meno di 3Mt rispetto ai 50Mt circa rifiuti da C&D prodotti), percentuale abbastanza piccola ma che rispetto alle quantità dei rifiuti prodotti in edilizia diventa un numero molto importante, finisce per essere smaltito nelle diverse operazioni che vanno da D1 a D15[142].

I rifiuti da C&D pericolosi vengono recuperati più difficilmente, in quanto devono prima seguire diversi trattamenti necessari a far perdere loro qualsiasi aspetto di pericolosità nei confronti dell'ambiente e della salute umana; e difatti la percentuale di recupero si attesta soltanto intorno al 5% (compreso il recupero di energia)[143].

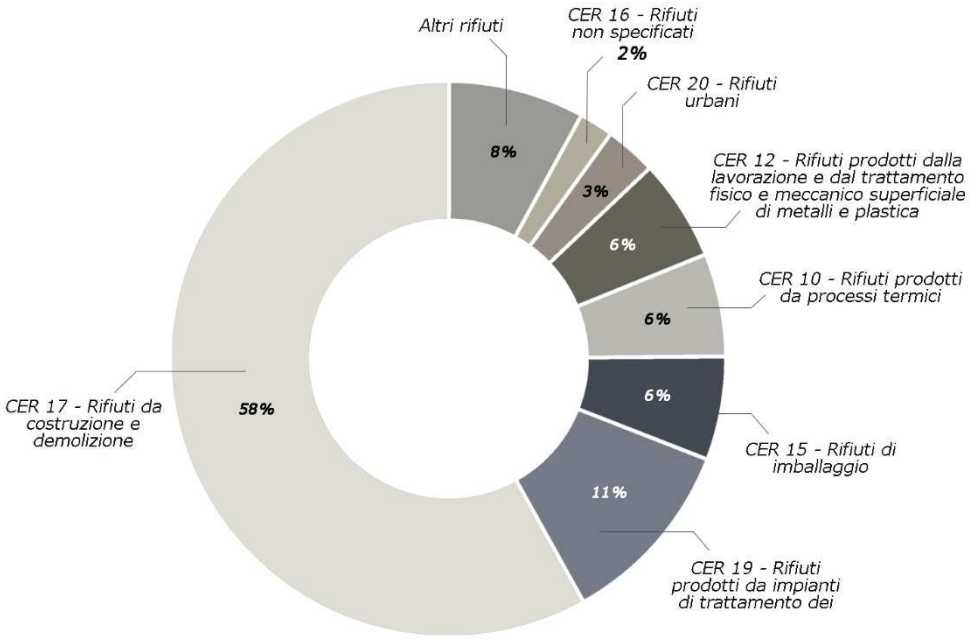


Figura 4.3: Tipologie di rifiuti speciali non pericolosi recuperati in Italia, anno 2014 (Fonte: ISPRA)

In Veneto

Come per la produzione dei rifiuti speciali, anche i dati relativi alla loro gestione sono suddivisi tra rifiuti pericolosi (P), non pericolosi (NP) e da costruzione e demolizione non pericolosi (C&D NP).

Se si fa una semplice distinzione tra le due tipologie di gestione dei rifiuti, ovvero le operazioni di recupero e quelle di smaltimento, si può osservare come la maggior parte dei rifiuti speciali non pericolosi vengano solitamente avviati a recupero, pari a più del 96% per i rifiuti da C&D e al 69% per tutti gli altri. Mentre i rifiuti pericolosi speciali sono destinati principalmente allo smaltimento, per una quantità pari a circa il 70%[144].

[142] *Ivi*, pp. 67-69
[143] *Ibid*
[144] *Produzione e gestione dei rifiuti*, cit., p. 29

In particolare, tenendo conto delle sole quantità effettivamente trattate, ai rifiuti da C&D è destinato un unico approccio. Le restanti operazioni eseguite nel 2014 in Veneto, suddivise per macroattività, sono illustrate in Tabella 4.1.

Inoltre, il rapporto dell'ARPAV ha calcolato che il 29% dei quantitativi di rifiuti da C&D NP gestiti sono rappresentati dai rifiuti misti dall'attività di C&D (CER 170904), che sono avviati quasi completamente a recupero di materia. Le quantità rimanenti sono invece rappresentate dalle terre e rocce (CER 170504), che viene recuperato per il 85% circa e dal ferro e acciaio (CER 170405), che è recuperato quasi completamente[145].

MACROATTIVITÀ	**OPERAZIONI**	**QUANTITÀ** [%]
Recupero di materia	R2 - R12	96,5
Recupero di energia	R1	< 0,1
Pretrattamenti	D8, D9, D13, D14	< 1,0
Incenerimento	D10	≈ 0
Discarica	D1	2,7

Tabella 4.1: Gestione dei rifiuti da C&D NP in Veneto, anno 2014
(Fonte: ARPAV - Osservatorio Regionale Rifiuti)

4.3 Riuso e riciclo degli scarti edilizi

La prima macrostrategia è incentrata sugli scarti edilizi, ovvero sui prodotti e materiali rimossi dal sistema edilizio e prevede, per questi, due situazioni di recupero: il riuso e il riciclo.

Sono già state chiarite, a livello generico, le differenze tra riutilizzo e preparazione per il riutilizzo[146], facendo principalmente riferimento alle normative quadro sui rifiuti, ma per semplicità, almeno in questo lavoro, il concetto di riuso verrà utilizzato per intendere indistintamente ambo i termini.

Il riuso avviene quando un edificio viene attentamente smantellato, procedendo attraverso una demolizione selettiva, per ricavare componenti o altri prodotti edilizi interi da poter riutilizzare nella loro forma originaria, e spesso anche per il loro scopo originale, e con minime operazioni di ripristino. In questo caso, il reimpiego degli elementi recuperati permette di ottenere importanti vantaggi ambientali, tra i quali il risparmio del materiale e dell'energia incorporata nei prodotti esistenti e l'abbattimento degli impatti ambientali dovuti ad altre operazioni di recupero.

[145] *Ivi*, p. 36
[146] Cfr. paragrafo 3.1: Il modello circolare delle risorse

Questo approccio permette, perciò, ai prodotti edilizi riutilizzati di ottenere una seconda vita utile, o un sostanziale aumento della loro durabilità, tale per esempio da portare gli elementi strutturali di un edificio preesistente ad evitare il conferimento in discarica, o il *downcycling*, per altre diverse decine di anni.

Tale strategia che, come visto, ingloba anche il concetto di conservazione di intere parti di edificio da ristrutturare, risulta essere dal punto di vista ambientale una delle scelte migliori, ma la sua applicazione è spesso tecnicamente impedita da alcuni vincoli molto forti, che vanno oltre la semplice diffidenza culturale dei committenti nei confronti dei prodotti usati.

La compatibilità dimensionale, prima fra tutte, crea infatti parecchie difficoltà al progettista in fase compositiva. La scelta, per esempio, di mantenere nel progetto l'intero scheletro strutturale in sito impedisce all'edificio nuovo di sfruttare qualsivoglia forma geometrica, così come l'utilizzo di un serramento di date dimensioni impedisce generalmente la possibilità di creare una foratura più piccola o più grande nel muro.

Il riciclo invece avviene quando il materiale edilizio, ottenuto dalla demolizione, viene separato ed avviato ad appositi impianti di trattamento per la produzione di materie prime secondarie. La separazione può avvenire durante la fase di demolizione, e quindi con una decostruzione selettiva dell'edificio, oppure postuma alla distruzione dell'intero sistema tecnologico, che porta alla produzione di rifiuti da C&D indifferenziati. Il processo di riciclo vero e proprio si realizza, invece, normalmente al di fuori dal cantiere, e cioè in specializzati impianti di trattamento dei rifiuti, ad eccezione dei materiali inerti o di alcuni scarti del legno per i quali le semplici operazioni da riciclo possono anche avvenire in sito.

Nel caso del riciclaggio, a differenza del riuso, i materiali iniziano una nuova vita utile come MPS, la cui qualità dipende soprattutto dall'accuratezza impiegata in fase di demolizione e separazione dei rifiuti. I requisiti essenziali per i materiali da sottoporre al riciclo sono, infatti, la purezza, l'uniformità della composizione e l'assenza di contaminazione; aspetti che si possono ottenere in maniera efficace solamente in seguito ad una corretta demolizione selettiva dell'opera.

L'opportunità di riciclare un materiale dipende essenzialmente dalla facilità di separazione dagli altri materiali e dall'idoneità del materiale riciclato all'impiego nella fabbricazione di altri prodotti. Alcuni materiali, come il ferro e l'acciaio, sono facilmente separabili per la loro caratteristica magnetica, altri come l'alluminio sono invece particolarmente adatti al riciclo per la loro esigua perdita di qualità, e dunque di prestazioni, anche dopo molti trattamenti.

In genere, però, quasi tutti i materiali sono riciclabili; ciò che ne impedisce l'applicazione di questa operazione sono principalmente le convenienze economiche, ambientali, commerciali e tecniche, dipendenti soprattutto dal valore residuo dei materiali.

4.4 Demolizione selettiva

Ai fini di massimizzare il recupero dei materiali di scarto edilizi da destinare al riciclo o al riuso è indispensabile compiere un processo di demolizione selettiva mirato, che può essere garantito solo con una specifica progettazione e pianificazione di tutte le fasi che lo compongono.

La demolizione selettiva presuppone anzitutto che si conoscano esattamente i materiali e i prodotti edilizi che compongono l'edificio da smantellare. La maggior parte degli edifici preesistenti però sono stati costruiti, in Europa ma soprattutto in Italia, nell'immediato dopoguerra tra il 1946 e il 1970, durante il famoso *boom* edilizio, e di certo non sono dotati di tutti gli strumenti informativi ora necessari a organizzare una corretta demolizione e recupero dei rifiuti. Tantomeno non sono stati progettati (ma ciò vale anche per gran parte degli edifici recenti) per facilitare lo smontaggio dei materiali e componenti al termine del ciclo di vita dell'opera, cosicché il progettista e tutte gli altri attori del processo di demolizione sono costretti di volta in volta a fare affidamento a strumenti di analisi, previsione e monitoraggio per calcolare le quantità di materiali presenti e le quantità e tipologie di rifiuti derivabili da ciascuna demolizione.

La prima cosa da effettuare perciò, per garantire un'efficace demolizione selettiva, è effettuare un'indagine preliminare sul fabbricato ed elaborare un attento audit pre-demolizione, in base al quale si può di seguito scegliere le tecniche di distruzione più adatte da utilizzare e redigere un adeguato piano di gestione dei rifiuti da cantiere. La minuziosa stesura di questi documenti permette, a loro volta, di eseguire una buona separazione dei materiali, sfruttando per esempio la raccolta differenziata in cantiere, così da poter già prevedere le diverse operazioni di recupero verso cui destinare le quantità di rifiuti, materiali e prodotti edilizi ricavati.

La variabilità delle condizioni fisiche e logistiche, dipendenti soprattutto dalla tipologia strutturale dell'edificio oggetto di demolizione e dalle caratteristiche del sito che costituisce il cantiere, impediscono la formazione di un modello che schematizzi in maniera univoca le fasi appartenenti alla demolizione selettiva. Si tenta comunque, in questo lavoro, di illustrare una serie di decisioni ed azioni che gli operatori possono seguire per ottenere un'ottimizzazione delle ultime fasi del processo edilizio, così da riuscire a valorizzare i rifiuti da C&D prodotti.

Il processo di demolizione può essere allora suddiviso nelle seguenti fasi principali:

- fase preliminare: consiste nell'effettuare un'indagine preliminare del fabbricato per valutare la fattibilità dell'operazione e nel quantificare i materiali, prodotti e rifiuti derivabili dalla demolizione (audit pre-demolizione);

- fase di progettazione: consiste nel scegliere le tecniche e le sequenze di demolizione da eseguire e nell'elaborare il piano di gestione dei rifiuti da cantiere;
- fase demolitiva: consiste nella rimozione dei materiali pericolosi, nello smontaggio dei prodotti riutilizzabili e nella demolizione delle parti restanti;
- fase di riciclo: consiste nella realizzazione della raccolta differenziata in cantiere e nell'avvio delle frazioni omogenee di rifiuti agli appositi impianti di riciclo.

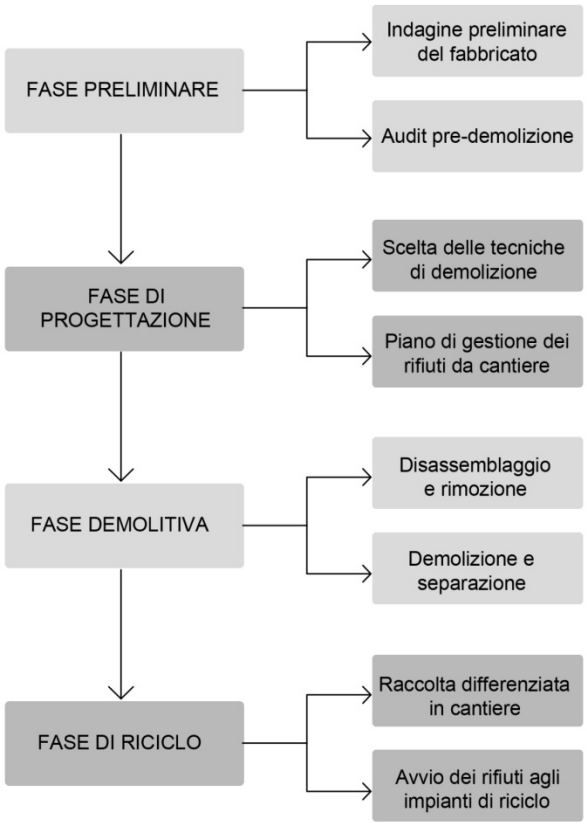


Figura 4.4: Fasi principali del processo di demolizione selettiva

4.4.1 I ruoli degli operatori nel processo di demolizione

La demolizione selettiva richiede decisioni ed azioni coerenti e coordinate da parte dei diversi operatori che partecipano al processo di demolizione. I principali operatori che hanno un ruolo fondamentale in queste fasi sono: il committente, il progettista e l'appaltatore.

Il committente

Le prime decisioni in merito allo svolgimento della demolizione spettano al committente. Egli ha il compito di indirizzare sia il progettista che l'appaltatore verso il corretto svolgimento dell'operazione secondo le proprie esigenze. E cioè, al progettista, deve definire in modo esplicito le modalità della demolizione in fase di progettazione e, all'appaltatore, deve

definire le modalità di esecuzione dei lavori, nel capitolato d'appalto e nel contratto dell'impresa esecutrice[147].

In particolare, il ruolo del committente nella demolizione selettiva consiste nel[148]:

- individuare gli obiettivi della demolizione;
- incaricare un progettista della demolizione;
- fornire al progettista i dati necessari relativi all'opera da demolire;
- scegliere ed incaricare l'impresa o le imprese esecutrici;
- verificare l'idoneità tecnico-professionale dell'impresa appaltatrice;
- nominare un direttore dei lavori;
- nominare un coordinatore della sicurezza (in fase di progettazione ed esecuzione);
- richiedere all'appaltatore le dichiarazioni e i documenti comprovanti le operazioni di trattamento dei rifiuti prodotti.

Tra gli obiettivi del committente deve esserci, in primo luogo, la rimozione dei materiali e componenti pericolosi eventualmente presenti nel sistema tecnologico edilizio da demolire, e la loro corretta bonifica e smaltimento secondo le norme. In secondo luogo, invece, il committente deve indicare la volontà di ridurre i rifiuti da C&D, separare i materiali in frazioni omogenee e avviarli alle operazioni di recupero. Per ottenere tutto ciò, deve escludere esplicitamente la pratica della demolizione distruttiva indifferenziata e pretendere che si applichino tecniche di demolizione selettiva, da dover inserire in apposite specifiche del capitolo d'appalto.

Il progettista

Il progettista ha il compito di tradurre in un progetto di demolizione le richieste espresse dal committente, soggetto con il quale deve anzitutto predisporre un'indagine preliminare del fabbricato per comprendere le fattibilità e le criticità dell'intervento.

Dopo aver effettuato un sopralluogo del sito, deve elaborare un documento preliminare che definisca[149]:

- analisi delle dimensioni e delle caratteristiche costruttive dell'edificio che possano avere rilievo in fase di demolizione;

[147] Le indicazioni riguardanti le operazioni da svolgere da parte del committente sono state ricavate da:
- All. A, DGR Veneto 28 agosto 2012, n. 1773, in *Modalità operative per la gestione dei rifiuti da attività di costruzione e demolizione*, p. 11
- *Riduzione dell'impatto*, cit., p. 25

[148] *Il mattone ritrovato. Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma*, a cura di E. Antonini, V. Donati, Bologna, 2004, http://www.ordinearchitetticomo.it, p. 40

[149] All. A, DGR Veneto n. 1773/2012, p. 11

- ubicazione dell'edificio in relazione alla presenza di vincoli ed alla presenza di impianti di recupero nelle vicinanze;
- individuazione della presenza di materiali pericolosi e relative indicazioni per la loro corretta rimozione;
- individuazione dei materiali riutilizzabili;
- individuazione delle diverse frazioni di rifiuti;
- modalità di deposito in cantiere;
- individuazione delle modalità di gestione delle terre e rocce da scavo.

Questa fase di individuazione, a grandi linee, dei materiali e prodotti contenuti nell'edificio da demolire è bene completarla e studiarla maggiormente in dettaglio mediante un audit pre-demolizione, per capire esattamente le quantità e le tipologie di rifiuti da C&D ricavabili dall'intervento e poter predisporre da subito le successive operazioni di recupero.

Conclusa la fase preliminare, il progettista si impegna perciò a redigere il progetto di demolizione vera e propria e le corrispondenti voci di capitolato d'appalto che includono[150]:

- tecnologie, durata, tempi e costi della demolizione;
- corretta rimozione e smaltimento, dei materiali e componenti pericolosi eventualmente presenti nell'edificio;
- frazioni omogenee ottenibili e le modalità di riciclo;
- elenco dei componenti riusabili e modalità di valorizzazione;
- elenco rifiuti riciclabili;
- elenco rifiuti destinati allo smaltimento;
- modalità di deposito dei rifiuti prodotti e dei materiali e componenti riutilizzabili.

La fase di progettazione consiste nel fornire le indicazioni statiche relative alle singole parti e all'opera intera, da tenere presenti durante le operazioni di demolizioni, nel concordare con l'impresa esecutrice le tecniche di demolizione più idonee per conseguire gli obiettivi fissati dal committente, le attrezzature necessarie alle operazioni di disassemblaggio e separazione e l'organizzazione del personale in cantiere in termini di numero e qualifica degli addetti a tale attività[151]. Inoltre il progettista ha il compito di redigere, con l'ausilio dell'audit pre-demolizione, un piano di gestione dei rifiuti da cantiere secondo le normative vigenti prevedendo, se possibile, una raccolta differenziata dei materiali che tenga conto dei vincoli di separazione, di trasporto, di trattamento e smaltimento dei rifiuti. Infine, deve definire un'analisi economica delle operazioni di demolizione, che valuti i costi delle singole fasi, e di

[150] *Il mattone ritrovato*, cit., p. 40
[151] *Riduzione dell'impatto*, cit., p. 7

gestione dei rifiuti, per prevedere i possibili ricavi ottenibili dal recupero delle frazioni omogenee.

L'appaltatore

La fase di esecuzione è completamente affidata all'appaltatore, figura cui il committente ha incaricato l'intervento e che deve essere rappresentato da una o più imprese esecutrici specializzate in demolizioni selettive.

Per raggiungere gli obiettivi di riduzione dei rifiuti da C&D e massimizzare il recupero dei materiali e prodotti ottenuti dopo l'intervento, è necessario che l'appaltatore esegua diligentemente le prescrizioni impartite dal committente e dal progettista.

Dopo aver dichiarato la propria disponibilità di attrezzature e maestranze, e dopo aver concordato con il progettista e con il coordinatore della sicurezza le modalità di esecuzione dell'intervento di demolizione, l'appaltatore esegue concretamente ciò che è stato deciso, tra cui[152]:

- organizzare gli spazi di servizio del cantiere e le aree di stoccaggio per la separazione delle frazioni omogenee dei materiali;
- fornire ai lavoratori tutte le attrezzature e mezzi necessari per svolgere un'efficiente demolizione selettiva;
- organizzare le fasi e le lavorazioni per eseguire nel modo più adeguato la demolizione selettiva delle parti dell'edificio;
- selezionare per tempo i recuperatori e/o smaltitori autorizzati a cui conferire le frazioni separate di rifiuti, concordando tempi e modalità di trasporto.

Dal punto di vista tecnico poi, le fasi operative possono variare da caso a caso, ma la demolizione selettiva presuppone comunque che si distinguano due tipologie di decostruzione dell'opera: la prima consiste nel disassemblaggio, o smontaggio, dei componenti integri e riutilizzabili appartenenti al sistema edilizio, oltre che di tutti i prodotti e materiali pericolosi da destinare a bonifica, come l'amianto; la seconda consiste, invece, nella demolizione vera e propria delle parti non smontabili dell'edificio, cercando di garantire la maggior differenziazione possibile in opera dei materiali, o rifiuti, in frazioni omogenee e di provvedere ad una separazione postuma nel caso di rifiuti indifferenziabili in opera.

L'appaltatore inoltre, in fase demolitiva, deve porre particolare attenzione a seguire le indicazioni contenute nel POS (Piano operativo di sicurezza), deve provvedere al deposito dei rifiuti prodotti e dei materiali e prodotti riutilizzabili e assicurarsi del corretto conferimento delle frazioni separate ai recuperi e agli smaltimenti previsti.

[152] *Il mattone ritrovato*, cit., p. 40

PRINCIPALI OPERATORI	RUOLI NEL PROCESSO DI DEMOLIZIONE
Committente	individuare gli obiettivi della demolizione
	incaricare un progettista della demolizione
	fornire al progettista i dati necessari relativi all'opera da demolire
	scegliere ed incaricare l'impresa o le imprese esecutrici
	scegliere ed incaricare l'impresa o le imprese esecutrici
	verificare l'idoneità tecnico-professionale dell'impresa appaltatrice
	nominare un Direttore dei lavori
	nominare un Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione
	richiedere all'appaltatore le dichiarazioni e i documenti comprovanti le operazioni di trattamento dei rifiuti prodotti
Progettista	recuperare e verificare i disegni e documenti riguardanti l'edificio
	elaborare un documento di indagine preliminare
	redigere un audit pre-demolizione
	inserire nel capitolato d'appalto le voci necessarie
	progettare le sequenze esecutive di demolizione
	fornire le indicazioni statiche relative alle strutture da demolire
	concordare con l'appaltatore l'organizzazione della demolizione: spazi di cantiere, tecniche di demolizione, manodopera, tempi ecc.
	elaborare un piano di gestione dei rifiuti da cantiere
	definire un'analisi economica delle operazioni di demolizione
	stilare una relazione sintetica dell'operazione
Appaltatore	organizzare gli spazi di servizio del cantiere e le aree di stoccaggio per la raccolta differenziata
	fornire ai lavoratori tutte le attrezzature e mezzi necessari
	separazione delle frazioni omogenee dei materiali
	organizzare le fasi e le lavorazioni per eseguire la demolizione
	selezionare per tempo i recuperatori e/o smaltitori autorizzati a cui conferire le frazioni separate di rifiuti, concordando tempi e modalità di trasporto

Tabella 4.2: Ruoli dei principali operatori nel processo di demolizione selettiva

4.4.2 Audit pre-demolizione

L'audit pre-demolizione è l'operazione che solitamente segue l'indagine preliminare e anticipa il piano di gestione dei rifiuti da cantiere, e può essere definito come un inventario di tutti i materiali e prodotti edilizi che compongono l'edificio, o parte di esso, da demolire. Questa analisi è molto importante perché serve a quantificare i rifiuti che si producono e il numero dei prodotti e componenti che possono essere smontati integralmente, così da poter prevedere fin da subito le potenzialità di recupero di ciascun elemento.

L'audit pre-demolizione può avvenire sia in parallelo all'analisi di recupero dei materiali e dei prodotti pronti per il riciclo o il riuso, sia separatamente attraverso una successiva operazione,

come può essere la redazione del piano di gestione dei rifiuti da cantiere. Per avere una visione completa del processo di demolizione, è bene però fare sempre una stima iniziale, se pur approssimata, degli scenari di recupero e smaltimento che andranno a caratterizzare i rifiuti da C&D, così da capire immediatamente i vantaggi ambientali ed economici ottenibili dopo l'intervento.

Lo strumento perciò, per garantire una buona base di partenza agli operatori che intervengono nel processo di demolizione, deve generalmente essere in grado di restituire tre tipi di informazioni[153]:

- la tipologia e le quantità dei materiali e prodotti edilizi che compongono l'edificio prima della demolizione (espresso in volume e/o in peso);
- la tipologia e le quantità di rifiuti e prodotti edilizi rimossi dall'edificio in seguito alla demolizione (espresso in volume e/o in peso);
- il target massimo di recupero che si può ottenere per ogni rifiuto, prodotto e materiale provenienti dalla demolizione (espresso in percentuale).

A seconda del dettaglio e della funzionalità che si vuole ottenere dall'audit pre-demolizione, il progettista può poi procedere ad un ulteriore sviluppo di questo strumento che può comprendere, oltre a questi tre aspetti, anche[154]:

- un'analisi dettagliata del risparmio di materie prime e dei costi che si ottengono evitando il conferimento dei rifiuti in discarica;
- l'individuazione delle strategie tecniche da applicare nella demolizione selettiva per separare i materiali nel migliore dei modi;
- l'individuazione delle opportunità di riuso *on-site*, o in altri cantieri, per alcuni materiali e prodotti edilizi, o il collocamento di questi nelle diverse piattaforme di mercato, anche telematiche;
- l'individuazione delle opportunità di riciclo *on-site*, o in altri cantieri, per le diverse tipologie di rifiuti, o il collocamento di questi negli appositi impianti o nelle diverse piattaforme di mercato, anche telematiche;
- uno studio attento sulla gestione dei rifiuti pericolosi, prevedendo la loro separazione, il trasporto e il trattamento speciale di bonifica e recupero;
- l'individuazione delle possibilità di ottenere crediti in protocolli di certificazione ambientale attraverso l'implementazione delle strategie individuate;

[153] *Guidelines for Pre-Demolition Audit, Sequential Demolition and Site Waste Management Plan*, http://www.bca.gov

[154] *Pre-demolition audit*, http://www.europeandemolition.org, [ultima cons. 02-06-2017]

- l’impostazione del piano di gestione dei rifiuti da cantiere da sviluppare nelle fasi successive;
- l’individuazione preliminare delle aree dove avverrà lo stoccaggio e il trattamento dei materiali per il riuso e il riciclo.

Come si può capire, l’audit pre-demolizione non ha una procedura fissa e prestabilita; facendo però riferimento alla NFDC (*National federation demolition contractor*), uno dei più importanti *membership* dell’EDA (*European demolition association*), associazione europea che ha come principale obiettivo quello di rappresentare e promuovere tutte le attività inerenti la demolizione, è ad oggi possibile ricavare alcune metodologie standard concernenti le tecniche di demolizione e riciclaggio degli scarti da demolizione, oltre ad individuare alcune semplici linee guida per l’implementazione di strumenti necessari alla progettazione della demolizione selettiva.

La NFDC ha infatti recentemente elaborato un protocollo per fornire informazioni utili su come effettuare l'audit pre-demolizione, in modo da garantire che siano realizzate tutte le opportunità di riutilizzo e riciclo dei materiali. Da questo è stato possibile sviluppare l’argomento ed estrapolare un elenco di passaggi chiave che il progettista può adottare per costruire un buon audit pre-demolizione, che è costituito dalle seguenti fasi[155]:

- *fase 1*: Valutazione di tutte le informazioni disponibili sull’edificio esistente;
- *fase 2*: Sopralluogo del sito e dell’edificio oggetto di demolizione;
- *fase 3*: Restituzione grafica del rilievo dell’edificio con attribuzione dei materiali;
- *fase 4*: Computo degli elementi tecnici in termini di numero e dei materiali;
- *fase 5*: Individuazione delle tipologie di rifiuto e delle quantità demolite
- *fase 6*: Stima delle potenziali opzioni di recupero dei materiali;
- *fase 7*: Indicazioni sul possibile collocamento dei prodotti e materiali da recupero;
- *fase 8*: Impostazione del piano di gestione dei rifiuti da cantiere.

***Fase 1*: Valutazione di tutte le informazioni disponibili sull’edificio esistente**

Per l’elaborazione dell’audit pre-demolizione, il progettista deve fare affidamento a qualsiasi operazione e documento che lo aiuti a completare il quadro d’informazioni dell’edificio. La maggior parte delle opere da demolire, ad oggi, non è stata progettata con modelli e strumenti informativi tecnologici tali da assicurare al progettista e al committente una descrizione del sistema edilizio chiara ed esaustiva, perciò l’utilizzo di disegni, relazioni tecniche, documentazioni grafiche, capitolati d’appalto e libretti di manutenzione è fondamentale per fare un calcolo più preciso possibile dei materiali che compongono l’edificio

[155] *Demolition and refurbishment. Resource protocol*, NFDC/IDE, 2016, http://www.demolition-nfdc.com

Se l'edificio da demolire o ristrutturare è stato realizzato molti anni fa, è consigliabile effettuare un'attenta analisi storica dell'immobile, per comprendere al meglio la composizione della struttura e dei materiali e per individuare possibili elementi che potrebbero avere una certa valenza storica e/o artistica, e che quindi richiedono una particolare conservazione o recupero.

***Fase 2*: Sopralluogo del sito e dell'edificio oggetto di demolizione**

Il ricorso a sopralluoghi sul campo può permettere di verificare la rispondenza dei dati ottenuti "a tavolino" e di valutare direttamente lo stato di conservazione degli elementi tecnici e dei materiali, per fare una rapida stima del target di recupero che si potrà ottenere dopo la demolizione.

Tramite il sopralluogo si può effettuare un rilievo di tutti i materiali e prodotti visibili dall'operatore, compresi gli arredi e gli impianti, annotando per ciascuno la tipologia, le quantità e le dimensioni, suddividendo il tutto in base alle unità ambientali dell'edificio.

Inoltre è possibile verificare la presenza di materiali pericolosi, come l'amianto, ma tale operazione è bene eseguirla in operazione separata e da imprese specializzate.

Per raccogliere il maggior numero di informazioni necessarie durante il sopralluogo e per non tralasciare aspetti che potrebbero essere importanti, al rilievo è inoltre conveniente affiancare una ricca produzione fotografica.

***Fase 3*: Restituzione grafica del rilievo dell'edificio con attribuzione dei materiali**

Se l'edificio esistente non è già corredato di un discreto modello di rappresentazione grafica, il progettista deve provvedere a realizzarne uno, facendo riferimento ai documenti da lui in possesso e ai dati ottenuti dal sopralluogo. Il modello, sfruttando le possibilità che offrono i *software* moderni di disegno (per esempio BIM), risulta di grande aiuto in vista di una quantificazione dettagliata dei materiali e rifiuti prodotti dopo demolizione.

La possibilità infatti di attribuire, ad ogni elemento tecnico disegnato, i materiali che lo compongono, permette di ridurre in maniera sostanziale il carico di lavoro presente nelle fasi successive e di ottenere un risultato di inventario finale molto dettagliato.

***Fase 4*: Computo dei prodotti e dei materiali edilizi**

Concluse le fasi preliminari, il successivo passaggio chiave è quello di elaborare un dettagliato computo dei prodotti edilizi e dei materiali presenti nell'edificio da demolire, inserendone tutti i dati possibili in una particolare tabella.

I prodotti edilizi di cui, in base al sopralluogo, si è valutata la possibilità di rimuovere in maniera integra, possono essere riportati in termini di numero e di dimensioni, mentre per tutti

gli altri materiali, per cui è prevista una demolizione, avviene una distinzione in base alla tipologia e un calcolo delle quantità in termini di peso e/o volume.
Il progettista può organizzare la tabella come desidera; l'importante è che segua un ordine preciso (come l'elenco degli elementi tecnici appartenenti al generico sistema tecnologico secondo la norma UNI 8290: 1981), tale da permettergli di indicare tutti i materiali presenti e da non tralasciare, nel calcolo, parti di edificio che potrebbero poi comparire in piena fase demolitiva.

***Fase 5*: Individuazione delle tipologie di rifiuto e delle quantità demolite**

L'elaborazione del computo dei materiali della fase precedente permette, al progettista, di individuare facilmente le tipologie di materiali maggiormente presenti nel sistema edilizio e, di conseguenza, di classificare i materiali in termini di rifiuti o sottoprodotti.
Facendo riferimento alla classificazione CER, infatti, è possibile tradurre i materiali da demolire in sigle e calcolare le quantità prodotte, dati che verranno poi utilizzati per elaborare al meglio il piano di gestione dei rifiuti da cantiere e per avere un'idea chiara dei target di recupero raggiungibili da una corretta demolizione selettiva.

***Fase 6*: Stima delle potenziali opzioni di recupero dei materiali**

Questa fase consiste nell'individuare, per ogni materiale, le migliori opzioni di recupero da seguire in linea con la gerarchia dei rifiuti, valutate in base al tipo, alla quantità e alla condizione del materiale e calcolate in termini percentuali.
Molto spesso, dopo aver eseguito l'elaborazione di tutti gli inventari necessari, ci si accorge della presenza, nell'edificio oggetto di demolizione, di grandi quantità di materiale suddivise in poche tipologie di rifiuti (come calcestruzzo, laterizi, pietra, legno, acciaio, vetro e PVC), tale da portare il progettista e il committente a considerare il recupero per solo una parte dei materiali.
La separazione in frazioni omogenee ed il riciclo può, infatti, risultare conveniente per solo alcuni principali rifiuti da C&D, mentre per gli altri si valuta la possibilità di riunirli in un'unica tipologia di rifiuti mista e di procedere ad un riciclo postumo o allo smaltimento diretto in discarica.
Il progettista, nonostante le esigenze economiche del committente, ha comunque la possibilità di provvedere ad individuare le operazioni di recupero per tutti i rifiuti presenti nell'area di stoccaggio, siano queste *on-site* oppure *off-site*. Sarà poi il committente a decidere il target di recupero che vuole ottenere.

***Fase 7*: Indicazioni sul possibile collocamento dei prodotti e materiali da recupero**

Il progettista, con l'aiuto dell'appaltatore, può implementare la funzionalità dell'audit pre-demolizione indicando, per ogni tipologia di prodotto e materiale da recuperare, il collocamento più adatto. In base alle conoscenze del settore è possibile, infatti, provvedere a sistemare gli output, prima ancora che avvenga la demolizione.

Per i prodotti edilizi e per i sottoprodotti (come le terre da scavo) pronti per il riutilizzo, il progettista può individuare da subito i possibili canali di vendita o donazione, anche attraverso piattaforme telematiche, mentre per i rifiuti, che verranno poi suddivisi in frazioni omogenee, si provvede a contattare le imprese di riciclo specializzate interessate alla loro raccolta.

***Fase 8*: Impostazione del piano di gestione dei rifiuti da cantiere**

Tutte le fasi precedenti permettono di restituire al progettista una serie di dati sufficienti per impostare un preliminare piano di gestione dei rifiuti da cantiere, che consiste nell'individuare le principali scelte e sequenze da seguire per ottenere una corretta separazione dei materiali.

In base alle quantità e alle tipologie di rifiuti che si è previsto produrre, il progettista può iniziare a concordare con l'impresa demolitrice, i recuperatori e gli smaltitori, le aree di stoccaggio all'interno o all'esterno del cantiere, il numero dei cassoni della raccolta differenziata, i tempi, le modalità e il trasporto dei rifiuti negli impianti specializzati.

Nel caso, per esempio, di una ristrutturazione e della presenza di una grande quantità di materiali inerti è possibile già prevedere in questa fase l'utilizzo di impianti mobili per riciclare *on-site* tali rifiuti e produrre aggregati di origine secondaria da impiegare come riempimenti, sottofondi o la produzione di calcestruzzo.

4.4.3 Le tecniche esecutive di demolizione

Attraverso la demolizione selettiva si possono rimuovere interi prodotti e componenti edilizi riusabili e demolire frazioni omogenee di materiale che consentono la valorizzazione degli scarti per la produzione di materie prime seconde. Tanto più omogenei sono i rifiuti ottenuti dalla demolizione e privi di sostanze indesiderate, tanto più efficienti saranno i trattamenti di recupero e tanto più elevata sarà la qualità delle MPS prodotte. Perciò, per ottenere buoni risultati in termini di riduzione dei rifiuti da C&D e recupero di questi, appare indispensabile ricorrere a tecniche di demolizione selettiva adeguate che riescano, già all'origine, a separare i materiali nella maniera migliore.

La demolizione selettiva si discosta particolarmente, dal punto di vista organizzativo, da quella tradizionale, in quanto le operazioni di smontaggio e destrutturazione richiedono una formazione del personale più specializzata, una maggiore quantità di manodopera, una certa

predisposizione di spazi all'interno del cantiere per la raccolta, in cassoni di stoccaggio, delle diverse categorie di rifiuti, una programmazione delle operazioni tecniche demolitive molto puntuale e, quindi, un tempo totale di realizzazione dell'intervento maggiore[156].

La sequenza delle fasi esecutive, in una demolizione selettiva, avviene praticamente in modo inverso alle fasi di costruzione dell'opera e, in via semplificativa, possono essere riassunte dalle seguenti operazioni[157]:

- sgombero degli arredi (es. tavoli, divani, elettrodomestici);
- asportazione e/o disassemblaggio delle parti mobili esterne (es. impermeabilizzazioni e le coperture);
- rimozione dei prodotti e materiali classificati pericolosi (es. amianto);
- smontaggio degli impianti tecnici (es. impianti elettrici, di riscaldamento e installazioni sanitarie);
- smontaggio dei prodotti e componenti riutilizzabili (es. porte, finestre);
- rimozione e/o demolizione delle parti omogenee non strutturali (es. pavimenti, tramezzature, sistema a cappotto);
- demolizione dall'alto al basso degli elementi strutturali (es. solaio, pilastri e fondazioni).

Son già stati descritti i fattori che incidono sulla scelta delle tecniche di demolizione da utilizzare (tipologia della struttura, sito del cantiere e costi dell'operazione)[158] perciò, in base a questi, le sequenze esecutive possono variare e non seguire unicamente le fasi appena elencate.

Come premessa è bene poi indicare che la riuscita di una buona demolizione selettiva, ai fini del recupero dei rifiuti da C&D, è determinata in larga misura dall'effettiva facilità di separazione fisica dei differenti materiali e componenti edilizi. L'adozione di metodi costruttivi basati sulla costruzione stratificata e sull'assemblaggio a secco, permettono una facile disaggregazione delle parti, mentre le connessioni a umido, come avviene per certi processi di impermeabilizzazione o di incollaggio, rendono estremamente solidali i materiali tra loro, impedendo una semplice separazione delle parti in frazioni omogenee e trasformando materiali potenzialmente riciclabili, in non riciclabili.

Le tecniche esecutive di una demolizione selettiva possono essere distinte in quattro tipologie[159]:

---

[156] *Guida per la gestione dei rifiuti inerti*, ARPAM, 2002, http://*www.arpa.marche.it*

[157] L'elenco è stato tratto e modificato da: *Riduzione dell'impatto*, cit., p. 9

[158] Cfr. paragrafo 3.2.2: Input e output di materia nel ciclo edilizio - Demolizione dell'organismo edilizio

[159] Le tecniche di demolizione sono state tratte e modificate da: *Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste*, US Army Corps of Engineers, CERL, 1999, http://www.acwc.sdp.sirsi.net

- tecniche speciali di bonifica;
- tecniche *strip-out*;
- tecniche di tipo controllato;
- tecniche di tipo pesante.

Tecniche speciali di bonifica

Le tecniche speciali di bonifica riguardano il caso di demolizione o ristrutturazione di un edificio contenente materiali pericolosi.

Uno dei materiali inquinanti e rischiosi per la salute umana, che si trova più comunemente nelle strutture meno recenti, è l'amianto, utilizzato per la protezione dal fuoco, la coibentazione termica, acustica e per il rinforzo del cemento. In generale l'amianto può essere presente sottoforma di floccati, per rivestire tubazioni, superfici e altro, oppure all'interno di manufatti prefabbricati, come l'amianto-cemento.

Di per sé il materiale, se non è danneggiato, non comporta pericolo per l'utente; il problema sussiste quando il materiale è in cattive condizioni e friabile, tale da comportare il rilascio nell'aria di fibre di amianto che possono essere inalate dagli individui.

Perciò nel caso di una demolizione, dopo aver individuato le quantità presenti all'interno del fabbricato, è opportuno affidarsi ad imprese specializzate che, seguendo un attento piano di lavoro, sono in grado di rimuovere il materiale e il rischio di contaminazione per tutti gli addetti successivi[160].

Tecniche *strip-out*

Lo strip out, chiamato in italiano "processo di scheletrizzazione" è una pratica che anticipa la demolizione vera e propria e consente di svuotare completamente un edificio, agendo soprattutto manualmente e dall'interno della struttura, in modo da lasciare intatto solamente lo scheletro portante e i solai.

La tecnica dello strip-out permette di differenziare tutti i rifiuti non pericolosi direttamente in cantiere, provvedendo a posizionare i cassoni della raccolta differenziata e smantellando in modo sistematico i locali, attraverso[161]:

- rimozione dei serramenti;
- demolizione dei muri divisori;
- rimozione delle controsoffittature;
- demolizione e rimozione dei pavimenti;
- rimozione degli impianti di ogni genere;

[160] *La normativa in materia di amianto*, a cura di G. Zennaro, http://www.dirittoambiente.com
[161] *Strip out*, http://www.toptaglio.com, [ultima cons. 05-06-2017]

- demolizione dei tamponamenti esterni (non sempre);
- rimozione della canna fumaria;

e, più in generale, alla rimozione di tutti quegli elementi che non fanno parte della struttura portante dell'edificio.

Tecniche di tipo controllato

Le tecniche di tipo controllato, definite tali in quanto perfettamente graduabili nella loro azione, sono in grado di demolire un edificio nella maniera meno invasiva possibile e più rispettosa dell'ambiente. Oltre a riuscire a ridurre parti dell'edificio in frazioni omogenee di rifiuti permette, infatti, di lavorare in piccoli spazi e senza produrre rumori, vibrazioni e polveri eccessivi[162].

Le tecniche di tipo controllato hanno la possibilità di utilizzare una varietà molto grande di attrezzature, molte delle quali possono anche essere montate in piccoli mezzi con bracci telescopici.

I metodi di demolizione controllata dipendono soprattutto dalla tipologia di materiale da demolire, smontare e/o rimuovere e dalle connessioni con cui è stata effettuata l'unione degli elementi tecnici, ma solitamente si dividono in tecniche[163]:

- a taglio (seghe a disco diamantato, a tuffo e a catena, carotatrici, strumenti al plasma, a laser e a lancia termica, lame d'acqua ad alta pressione, fili diamantati, smerigliatrici);
- a frantumazione (pinze, cesoie, spaccaroccia chimici, meccanici e a sparo, cartucce deflagranti, martelli demolitori)
- a svitamento (smontaggio con svitatore pneumatico ed elettrico).

La Tabella A.5 mostra una casistica di azioni e di strumenti, assolutamente da non considerare esaustiva, da poter utilizzare per una demolizione selettiva in relazione ai diversi componenti strutturali, e non, dell'edificio.

Tecniche di tipo pesante

Le tecniche di tipo pesante riguardano soprattutto le demolizioni di edifici di grandi dimensioni e per cui è rimasta soltanto la parte strutturale.

Per attrezzature di tipo pesante si intende l'utilizzo di bulldozer, escavatori, frantumatori e qualsiasi altra macchina dotata di bracci telescopici e strumenti in grado di demolire grandi porzioni di edifici. In questa categoria metodologica rientrano anche le demolizioni con esplosivi, solitamente utilizzate per edifici molto alti e ubicati in siti privi di edifici confinanti.

La quantità di materiale che può essere recuperata dopo i metodi di tipo pesante è solitamente molto bassa, in quanto l'uso di questi mezzi è tipicamente quello di schiacciare e mescolare i

[162] M. Biffani, *Manuale della demolizione controllata - alternativa al martello demolitore*, http://www.epc.it
[163] *Ibid*

materiali. Ciò che è possibile effettuare, per massimizzare il recupero dei materiali anche in seguito all'impiego di queste tecniche, è una separazione dei rifiuti postuma alla demolizione. Per permettere questo e rendere fattibile l'operazione, le parti di edificio demolite dovranno essere ridotte in piccoli pezzi e trasportati negli impianti specializzati o, nel caso di materiali inerti omogenei e di un eventuale recupero in loco, conferiti negli appositi impianti mobili.

4.4.4 Il piano di gestione dei rifiuti da cantiere

L'Italia non è dotata di un unico piano di gestione dei rifiuti, in quanto l'elaborazione è affidata alle regioni e agli altri enti territoriali locali, come previsto dall'art. 199 del D.lgs. 152/2006, Parte IV[164].

Tali piani, però, riguardano solitamente la gestione dei rifiuti urbani e speciali a livello generale, studiando soltanto in maniera approssimata la situazione dei rifiuti da costruzione e demolizione. Solo la regione Lazio e la provincia di Bologna hanno tentato, fino adesso, di innovare la normativa in questo senso e rendere obbligatoria la formazione di un apposito piano di gestione dei rifiuti da cantiere (d'ora in poi: PGRC) da affiancare ai documenti necessari a ottenere il rilascio del permesso di costruire o di qualsiasi altra autorizzazione indispensabile per realizzare un intervento edilizio, compresa la demolizione. Ma tale proposta, per essere applicabile ed iniziare a mostrare risultati concreti, richiede l'aggiornamento dei regolamenti edilizi comunali, cosa che ad oggi non è ancora avvenuta.

In particolare, l'accordo di programma per il recupero dei residui da costruzione e demolizione nella provincia di Bologna, approvato dal Consiglio provinciale con delibera del 24 luglio 2001, n. 70 e modificato con delibera del 27 luglio 2002, n. 90, definisce una serie di strumenti integrati per una corretta ed efficace gestione dei rifiuti da C&D nella provincia di Bologna, e tra questi contiene un modello da seguire per la redazione di un corretto PGRC[165]. Nonostante la sua semplicità, la scheda (Tabella A.6) riporta elementi molto innovativi per il contesto edilizio italiano; per esempio, oltre ai dati relativi alle quantità e alle tipologie di rifiuti prodotti che si intende recuperare (già calcolati con l'audit pre-demolizione), impone di indicare le modalità di stoccaggio e del relativo deposito temporaneo e di allegare specifici documenti, anche grafici, per mostrare l'ubicazione e le attrezzature inerenti la raccolta differenziata in cantiere.

Anche la regione Lazio, per risolvere il dilagante problema di abbandono illegale di rifiuti da C&D sul territorio, ha proposto un modello di PGRC (Tabella A.7) che, se eseguito in

[164] *Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy* (V2 – October 2015), Deloitte SA, http://www.ec.europa.eu, p. 7

[165] Direttiva tecnica 7, *Il mattone ritrovato*, cit., pp. 120-128

maniera dettagliata secondo le indicazioni elencate in allegato alla DGR del 26 gennaio 2012, n. 34, può contribuire molto allo sviluppo del processo edilizio in termini di sostenibilità.
Seconda la norma, il suddetto piano deve contenere almeno le seguenti informazioni:

- la descrizione dei processi di lavorazione che determinano la produzione dei rifiuti inerti;
- la stima dei quantitativi di rifiuti prodotti distinti per tipologia omogenea;
- la classificazione degli stessi con l'attribuzione del codice europeo dei rifiuti (CER);
- nel caso di demolizione e ricostruzione: il piano dovrà esaminare l'opportunità di una demolizione selettiva dei fabbricati esistenti;
- nel caso di nuove costruzioni: il piano dovrà curare in particolare l'aspetto relativo alla gestione delle terre e rocce da scavo;
- indicazioni sui possibili impianti autorizzati a ricevere i rifiuti prodotti;
- nel caso di cantiere in contesti urbanizzati: le indicazioni di tutte le misure tecnico-gestionali che saranno adottate per il contenimento delle emissioni di inquinanti atmosferici derivanti dalle attività svolte all'interno del cantiere e dal trasporto dei rifiuti esternamente ad esso.

4.4.5 La raccolta differenziata in cantiere

Se l'audit pre-demolizione ha lo scopo di indicare "cosa" viene prodotto in seguito ad una demolizione, il piano di gestione dei rifiuti da cantiere si occupa di prevedere "come" tali output devono essere preparati per poter ottenere i migliori risultati in termini di recupero di materia[166], attraverso la progettazione di una corretta raccolta differenziata dei rifiuti da cantiere nell'area di stoccaggio.
L'operazione di stoccaggio si distingue, secondo le normative vigenti, in:

- deposito preliminare: operazione di smaltimento (D15);
- messa in riserva: operazione di recupero (R13);
- deposito temporaneo: stoccaggio provvisorio all'interno del cantiere.

Tralasciando le prime due categorie di stoccaggio, operazioni che avvengono successivamente ai lavori di cantiere e per cui è necessario ottenere rispettivamente l'autorizzazione e la comunicazione provinciale, si consideri soltanto il deposito temporaneo. Il termine viene utilizzato dal TUA per indicare: «il raggruppamento dei rifiuti e il deposito preliminare alla raccolta ai fini del trasporto di detti rifiuti in un impianto di trattamento, effettuati, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, da intendersi quale l'intera area in cui si

[166] *EU Construction & Demolition Waste Management Protocol*, European Commission, Ecorys, 2016, http://www.europa.eu, p. 8

svolge l'attività che ha determinato la produzione dei rifiuti […]»[167], e impone che venga effettuato distinguendo i rifiuti per categorie e nel rispetto delle norme tecniche, con particolare riguardo ai rifiuti pericolosi.

In questo senso significa che, anche in cantiere, il deposito temporaneo debba avvenire in un'area appositamente predisposta (zona di deposito temporaneo), conformemente alle indicazioni progettuali e seguendo un'attenta raccolta differenziata dei rifiuti, ai fini di evitare contaminazioni tra le diverse sostanze e facilitarne il trattamento specifico.

Nelle attività di demolizione selettiva si possono distinguere quattro macrocategorie di output[168]:

- prodotti, componenti e materiali riusabili (tra cui terre e rocce di scavo);
- rifiuti e/o materiali e componenti pericolosi;
- rifiuti e/o materiali riciclabili;
- rifiuti indifferenziati e/o non riciclabili.

Per quanto riguarda gli elementi riusabili, il loro stoccaggio deve essere realizzato con le stesse cautele che si adotterebbero per i materiali nuovi, curando di porli al riparo dalle intemperie, di proteggerli da urti che potrebbero danneggiarli e tenendoli per quanto possibile separati dai rifiuti.

Mentre per tutti gli altri rifiuti occorre che il deposito temporaneo osservi le seguenti indicazioni[169]:

- la zona di deposito deve essere recintata e dotata di apposita segnaletica;
- le terre e rocce di scavo e i materiali inerti possono essere depositati sul suolo in terra battuta, purché intorno ai cumuli venga realizzato un canale di scolo opportunamente convogliato per evitare la dispersione del materiale per effetto della pioggia;
- qualora possibile è opportuno depositare i rifiuti in cassoni e/o contenitori chiusi o coprendoli con teli impermeabili;
- i rifiuti e/o i cassoni devono essere distinti per categorie omogenee CER evitando la commistione di rifiuti incompatibili tra loro;
- nel caso siano presenti rifiuti pericolosi, questi devono essere opportunamente raccolti e separati dalle altre categorie di rifiuti e devono essere rispettate le norme sulla etichettatura delle sostanze pericolose

[167] Art. 183, comma 1, lettera bb), D.Lgs. 152/2006, Parte IV

[168] All., DGR Lazio del 26 gennaio 2012, n. 34, in *Prime linee guida per la gestione della filiera di riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti inerti nella regione Lazio*

[169] A tal riguardo si veda:
- All. A, DGR Veneto n. 1773/2012, pp. 13-14
- Direttiva tecnica 4, *Il mattone ritrovato*, cit., pp. 71-91

– i rifiuti devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito, oppure quando il quantitativo di rifiuti in deposito raggiunga complessivamente i 30 metri cubi, di cui al massimo 10 metri cubi di rifiuti pericolosi.

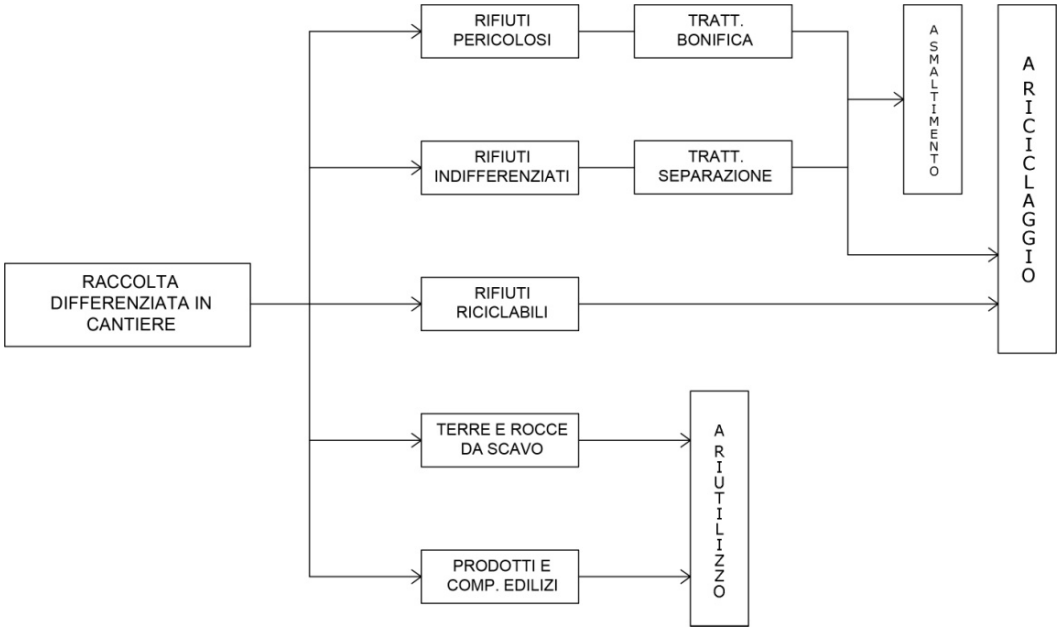


Figura 4.5: Gestione delle macrocategorie di output derivanti dalla raccolta differenziata in cantiere

Durante la raccolta differenziata dei materiali edili da riciclo, i contenitori devono essere organizzati in maniera tale da distinguere chiaramente le frazioni omogenee di rifiuti, come inerti, legno, metalli, carta, plastica e vetro. Un ulteriore cassone deve poi essere preposto alla raccolta dei rifiuti misti non pericolosi, impossibili da separare in corso d'opera e per i quali sarà perciò necessaria una successiva differenziazione in appositi impianti tecnologici o lo smaltimento diretto in discarica.

Se lo spazio cantieristico è minimo e le sequenze esecutive di demolizione lo permettono, i contenitori possono anche essere riempiti con un materiale e successivamente riutilizzati per un altro tipo di scarto edilizio e infine, nel caso di avvio di diversi rifiuti agli impianti di trattamento in unico trasporto, bisogna provvedere affinché la separazione delle diverse frazioni omogenee si mantenga anche all'interno del mezzo, accompagnato ognuno dal rispettivo formulario di identificazione.

4.5 Le potenzialità di recupero dei materiali edilizi

Appare chiaro che, in linea teorica, tutti i materiali edilizi provenienti dalle demolizioni posseggono potenzialità di recupero. È stato visto, poi, come la possibilità di ottimizzare il loro processo di recupero di materia dipenda da molti fattori, tra cui le quantità presenti nel

deposito temporaneo, l'omogeneità delle frazioni di rifiuti, la disponibilità di impianti di riciclaggio nelle vicinanze al cantiere, i costi di recupero ed altro.

In particolare è da segnalare come la composizione merceologica media dei rifiuti da C&D in Italia sia dominata dalla frazione inerte, o meglio[170]:

- 75-85 %: tra laterizi e calcestruzzo;
- 4-8 %: tra legno e plastica, carta e cartoni;
- 3-7 %: di metalli;
- 8-10 %: tra sabbia, gesso e terre da scavo.

Aspetto che rende palese e giustificato il particolare interesse del settore edile, fino ad ora, verso il recupero di materiali inerti e che ha portato allo sviluppo di un gran numero di impianti distribuiti sul territorio garantendo agli operatori del processo di demolizione, tra l'altro, la scelta tra due macrocategorie:

- impianti fissi: impianti ancorati a terra senza possibilità di spostamento in altro luogo;
- impianti mobili: impianti semoventi che possono essere trasferiti in cantiere senza particolari e straordinarie operazioni di montaggio e smontaggio.

Non è da sottovalutare, però, la presenza di tutti gli altri materiali che comunque rappresentano, e continueranno a rappresentare sempre più, quantità molto elevate all'interno degli elementi tecnici edilizi e che, a confronto degli altri settori economici, determinano una grande produzione di rifiuti.

Per comprendere le potenzialità di recupero delle frazioni omogenee più comuni all'interno dei rifiuti di origine edilizia è possibile fare riferimento al DM 5 febbraio 1998, il quale individua una lunga serie di rifiuti non pericolosi che possono essere sottoposti a procedure semplificate di recupero, compresi quelli derivanti dalla demolizione, per ottenere materie prime secondarie e/o prodotti riciclati.

L'elenco che segue descrive le potenzialità di recupero per solo alcuni dei materiali utilizzati più comunemente in edilizia, la maggior parte dei quali può essere sia riutilizzabile che riciclabile. A seconda dei casi bisognerà quindi scegliere l'opzione migliore da adottare, che solitamente segue la gerarchia: riuso, *upcycling* e *downcycling* (Tabella 4.3)[171].

Calcestruzzo

Nonostante il limitato valore economico, il vasto impiego del calcestruzzo come materiale da costruzione lo rende una necessaria risorsa da recuperare.

[170] *Piano quadro di avvio per una corretta gestione dei rifiuti inerti provenienti da costruzioni e demolizioni,* http://www.sito.regione.campania.it

[171] *Costruire a zero rifiuti,* cit. pp. 219-231

Il calcestruzzo si trova nel sistema edilizio in varie forme, gran parte delle quali unito all'armatura d'acciaio (calcestruzzo armato) per comporre la parte strutturale. Perciò, nel caso di ristrutturazione, una delle prime opzioni da considerare consiste nella conservazione dello scheletro portante (fondazioni, pilastri, solai, travi e copertura) prevedendo, quindi, di prolungarne la vita utile, dopo le dovute o necessarie fasi di ripristino e rinforzo.

Se i componenti di calcestruzzo sono prefabbricati, un'altra soluzione prevede il riutilizzo di questi, nello stesso cantiere o in altre collocazioni. Ma l'operazione di recupero più comune consiste, previa eliminazione delle impurità e separazione dalle barre d'acciaio, nella frantumazione del materiale per la produzione di aggregati riciclati che andranno a comporre calcestruzzi a bassa resistenza o che verranno impiegati come riempimenti, sottofondi e altri recuperi ambientali.

Questi ultimi utilizzi rappresentano il *downcycling* del calcestruzzo, ma sono comunque necessari per rispondere all'enorme fabbisogno di aggregati nelle diverse dimensioni granulometriche che, tuttora, è ancora poco coperto da quantità riciclate (in Italia circa il 10% del fabbisogno totale[172]).

Nella fabbricazione di un elemento tecnico in calcestruzzo, la sostituzione degli aggregati naturali con quelli riciclati avviene solitamente intorno al 20% ma si può arrivare in alcuni casi anche al 100%. Ciò che è ancora poco affermato nel settore, è l'impiego delle MPS nei calcestruzzi strutturali; la nascita di norme armonizzate specifiche e l'aggiornamento (in Italia) delle NTC, nel capitolo 11 riguardante i materiali[173], preclude però un positivo cambiamento anche in questo campo.

Laterizio

Per laterizio si intende qualsiasi materiale da costruzione ottenuto dalla cottura di argille con quantità variabile di sabbia, ossido di ferro e carbonato di calcio.

I laterizi sono presenti negli organismi edilizi in una vasta gamma di componenti per la realizzazione di numerosi elementi costruttivi, tra cui murature (mattoni e blocchi); manti di copertura (tegole e coppi); solai e coperture (pignatte, tavelle e tavelloni); camini e canne fumarie (refrattari); pavimenti e rivestimenti (piastrelle); e la loro posa in opera è solitamente accompagnata dall'applicazione di malte e intonaci che creano alcune difficoltà alle operazioni di recupero. La potenzialità di riuso di questi elementi è, infatti, molto dipendente dal tipo di malta con cui sono stati posati e dalla relativa facilità di separazione dall'elemento resistente: le malte di calce tradizionali sono solitamente molto meno tenaci di quelle di cemento, e permettono un'eliminazione meccanica molto più semplice e rapida.

[172] *Progetto Life LOWaste*, cit., p. 98
[173] Par. 11.2.9.2: Aggregati, NTC 08

Il riutilizzo risulta poi molto efficiente soprattutto per alcuni prodotti, come tegole, coppi e tavelle, per cui il sistema di posa in opera "a secco" permette uno smontaggio immediato e la rivendita, previa pulizia, come materiali dotati anche di valore "antico".
Nel caso di impossibilità di riuso come componenti integri, la soluzione successiva è quella del riciclo che consiste nella frantumazione dei laterizi, privati il più possibile delle sostanze contaminanti, per ottenere aggregati riciclati.

Metalli

I metalli in edilizia si distinguono in due categorie: metalli ferrosi (circa il 95%) e metalli non ferrosi (circa il 5%)[174].
I primi includono centinaia di leghe di ferro, tra cui il ferro battuto, la ghisa, l'acciaio dolce, inossidabile e COR-TEN, e la loro composizione dipende prevalentemente dal contenuto di carbonio (fino al 5%); i secondi sono costituiti da metalli più preziosi, come rame, piombo, bronzo, ottone, alluminio, zinco e stagno.
Le caratteristiche che accomunano le due categorie sono rappresentate dall'alto grado di riciclabilità, dal buon valore di mercato delle MPS e dalla semplicità di separazione dagli altri rifiuti. Per i metalli ferrosi, infatti, la differenziazione avviene con l'utilizzo di semplici elettro-magneti, mentre per i metalli non ferrosi si usano sistemi basati sulla differenza di densità. Inoltre i metalli ferrosi sono solitamente impiegati in edilizia come componenti e prodotti strutturali, e non, con sezioni solitamente standard e quindi facilmente riutilizzabili in altri progetti, al termine del ciclo di vita dell'organismo edilizio.
A parte questa opzione, tutti i metalli hanno la possibilità di essere fusi e sostituire le materie prime vergini totalmente, o in parte, per la fabbricazione di prodotti riciclati con caratteristiche del tutto uguali a quelli nuovi. Il fabbisogno di metalli, a livello globale, rimane comunque molto alto e l'attuale offerta degli scarti e rottami da cui ricavare le MPS non è ancora in grado di soddisfare la domanda del mercato.

Vetro

Il vetro nei sistemi edilizi è utilizzato prevalentemente come componente dei serramenti, per realizzare grandi pareti divisorie trasparenti e, a volte, anche per pavimenti.
Lo smontaggio di questi prodotti vetrati, se non danneggiati, permette il riutilizzo tal quale in altri edifici, ma le sempre più complesse esigenze degli utenti in materia di isolamento termico ed acustico pone dei limiti al riuso di questi prodotti come sistemi di chiusura,

[174] *Construction and demolition waste guide – Recycling and re-use across the supply chain*, Edge Environment Pty Ltd for the department, 2012, http://www.environment.gov, p. 14

rendendo spesso necessarie operazioni di *remanufacturing*[175], per la realizzazione di vetrocamere più spesse ed efficienti, che possono anche portare alla non convenienza di questa opzione di recupero.

Il vetro è uno dei materiali più facili da riciclare e può essere fuso più volte; le MPS possono andare a sostituire parte delle materie primarie, ma ciò comporta spesso una forte riduzione delle qualità prestazionali, soprattutto in termini di trasparenza, della vetrata riciclata, rendendo questa operazione poco sfruttata in edilizia.

Molto utilizzato è, invece, il vetro riciclato per la produzione di lastre isolanti e, in via ancora pressoché sperimentale, come micro-aggregato per la realizzazione di calcestruzzo e laterizi con maggiori proprietà fono-isolanti[176].

Legno

Il legno è un materiale sostenibile perché rinnovabile (con tempi molto minori rispetto al ritmo industriale) e, se non trattato con sostanze chimiche, anche biodegradabile.

In edilizia è molto versatile e quindi in grado di ricoprire gran parte dei ruoli all'interno del sistema tecnologico: dai più nobili, come tetti, pavimenti e mobilio, ai più umili come casseforme e pannelli di isolamento. Viene poi impiegato in una vasta varietà di prodotti e componenti, di diverse forme e qualità, ed integrato ai sistemi strutturali per merito delle sue proprietà meccaniche.

I componenti con maggiori qualità, come le travi in legno massiccio e gli arredi, sono largamente reimpiegati nel settore edile dell'usato, mentre tutti gli altri elementi, il cui valore non è molto alto e che non hanno la possibilità di essere utilmente riutilizzati (ad eccezione delle casseforme), spesso finiscono per essere smaltiti in discarica o inceneriti.

Il recupero di materia di questi ultimi è invece possibile e vantaggioso, per esempio sottoforma di truciolati, uniti a leganti, per la produzione di una grande gamma di componenti (pannelli, travi, casseri, blocchi per muratura ecc.). L'utilizzo di colle, resine e altri tipi di legante rendono, però, il nuovo prodotto un miscuglio di materiali che lo fa diventare difficilmente riciclabile una seconda volta e che, se incenerito, può risultare anche tossico.

Materie plastiche

Le materie plastiche sono costituite da polimeri di diversa composizione chimica, tra cui troviamo il PET (polietilene tereftalato), il PE-HD (polietilene ad alta densità), il PE-LD

[175] *Remanufacturing*: ricostruzione di un prodotto che richiede la riparazione o la sostituzione di componenti e moduli usurati o obsoleti, http://www.wikipedia.org [ultima cons. 09-06-2017]

[176] *No Vetro in Discarica: demonstrating innovative technologies for integral recovery of glass rejects actually landfilled (NOVEDI) - Final Report*, 2012, http://www.ec.europa.eu

(polietilene a bassa densità), il PVC (polivinilcloruro), il PP (polipropilene), il PS (polistirene) e altre plastiche miste.

Molti di questi vengono utilizzati in edilizia, per esempio come isolanti (PS), infissi (PVC) e geotessili (PET), ma il loro basso valore economico e la ridotta durabilità rendono questi materiali poco idonei al riutilizzo. L'alto costo energetico di produzione e gli impatti ambientali dovuti allo smaltimento e all'incenerimento, però, portano invece alla necessità di recuperare gran parte delle materie plastiche attraverso il riciclaggio.

Non tutti le plastiche sono tecnicamente riciclabili ed altri, come il PVC, diventano tossici quando vengono trattati perché contengono diverse quantità di metalli pesanti sottoforma di additivi; dalle altre plastiche invece, se correttamente separate, derivano ottime MPS per la produzione di molti componenti comuni all'edilizia, tra cui grondaie, tubazioni, pannelli, guaine, pavimenti e casseforme, anche a perdere[177].

Terre e rocce da scavo

La questione riguardante il recupero delle terre e rocce da scavo provenienti dall'escavazione dei siti di cantiere, risulta un tema particolare e per questo viene specificatamente trattato dalle normative vigenti.

L'art. 186 del D.lgs. 152/06, Parte IV, che riportava un elenco delle condizioni per cui un terreno poteva essere reimpiegato come rinterri, riempimenti e rimodellazioni, è stato abrogato e sostituito dal DM 10 agosto 2012, n. 161, denominato "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo". E perciò, in base alle presenti norme, esistono attualmente tre modalità di gestione di questo materiale, ovvero come:

- esclusione dall'ambito di rifiuto, secondo l'art. 185 del D.Lgs. 152/06, Parte IV;
- sottoprodotto, secondo il DM 10 agosto 2012, n. 161;
- rifiuto, secondo il DM 5 febbraio 1998 e simili.

In particolare, il primo caso avviene soprattutto per: «il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato»[178]. In alternativa, anche se non riutilizzato nello stesso cantiere, il materiale da scavo può comunque essere escluso dalla nozione di rifiuto ed essere considerato come sottoprodotto, purché risponda ai seguenti requisiti:

- è generato durante la realizzazione di un'opera, di cui costituisce parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;

[177] *Guida - Verso una Gestione Sostenibile dei Rifiuti in Plastica derivanti da attività di costruzione e di demolizione (C&D) in Europa*, Appricod, http://www.ec.europa.eu

[178] Comma 1, lettera c): Esclusioni dall'ambito di applicazione, Art. 185, D.Lgs. n. 152, Parte IV

- è utilizzato nel corso dell'esecuzione della stessa opera nel quale è stato generato, o di un'opera diversa, per la realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, ripascimenti, interventi a mare, miglioramenti fondiari o viari oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;
- è utilizzato in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava;
- è idoneo ad essere utilizzato direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale secondo i criteri di cui all'allegato 3;
- soddisfa i requisiti di qualità ambientale di cui all'allegato 4.

Per tutti gli altri casi, in cui le terre e rocce da scavo non possono essere riutilizzate, bisogna infine provvedere allo smaltimento in discarica o, eventualmente, seguire le disposizioni per il recupero secondo il DM 5 febbraio 1998 (per i rifiuti non pericolosi) o il DM 12 giugno 2002, n. 161 (per i rifiuti pericolosi).

Materiali con amianto

Nonostante l'amianto sia comunemente uno dei materiali edilizi considerati come pericolosi, esistono alcuni trattamenti che, come effetto, sono in grado di condurre alla totale trasformazione cristallochimica del materiale contenente amianto, rendendo così possibile il suo reimpiego come materia prima secondaria[179].

Questi trattamenti riescono, infatti, ad annullare completamente la presenza dell'amianto all'interno del materiale (per es. calcestruzzo) decretandone, in questo modo, l'esclusione dalla normativa sui rifiuti.

Tra le principali tipologie di trattamento capaci di restituire un materiale di recupero ci sono[180]:

- produzione di clinker: fusione con calcare ed argilla per ottenere materiale per lo stesso uso del cemento idraulico;
- ceramizzazione: cottura a 800-1000 °C per ottenere isolante termico;
- vetroceramizzazione: fusione a 1300 °C e cristallizzazione a 900 °C per ottenere isolante termico e materiale per pavimentazioni;
- litificazione pirolitica: fusione in forni per argilla espansa per ottenere isolante termico, acustico e cementi leggeri;
- trasformazioni meccanico-chimiche: distruzione della struttura cristallina mediante stress meccanico per ottenere inerti.

[179] DM 29 luglio 2004, n. 248, in *Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto*

[180] *Inertizzazione di residui contenenti amianto mediante un processo idrotermico innovativo,* http://www.provincia.cremona.it [ultima cons. 10-06-2017]

MATERIALE	RIFIUTO (CODICE CER)	RECUPERO	VALORIZZAZIONE
Calcestruzzo	170101 170107	Frantumazione per aggregati riciclati	Conservazione parti strutturali Riutilizzo elementi prefabbricati Frantumazione per calcestruzzi
Laterizio	170102 170103	Frantumazione per aggregati riciclati	Riutilizzo nella funzione originaria
Metalli ferrosi: ferro, acciaio e ghisa	170405	Processi di fusione nell'industria metallurgica	Riutilizzo dei profilati standard per usi strutturali e non strutturali
Metalli non ferrosi e le loro leghe	170401 170402 170403 170404 170406 170407	Processi di fusione nell'industria metallurgica	Riutilizzo dei profilati standard per usi non strutturali
Vetro	170202	Macinazione e fusione per vetro riciclato	Riutilizzo nella funzione originaria o in altri usi Remanufacturing
Legno	170201	Riciclo come truciolati	Riutilizzo elementi costruttivi interi
Materie plastiche	170203	Riciclo meccanico, chimico e termochimico	
Materiale di scavo non inquinato	170504	Riempimenti, rinterri e terrazzamenti,	
Pietra naturale		Riutilizzo tout court Frantumazione per aggregati riciclati	Riutilizzo nella funzione originaria
Materiali con amianto	170601 170605	Trattamenti di inertizzazione	

Tabella 4.3: Potenzialità di recupero e valorizzazione dei principali materiali derivanti dalla demolizione (Fonte: Riduzione dell'impatto, cit., pp. 19-20; all. 1, suball. 1, DM 5/02/98)

Capitolo V

Utilizzo di MPS e prodotti di recupero nel sistema edilizio

5.1 Introduzione

Dalla descrizione della prima macrostrategia si son mostrate le possibilità che hanno gran parte degli output derivanti dalla demolizione selettiva di essere recuperati, e quindi di rientrare nel ciclo edilizio sottoforma di materiali, componenti e prodotti riciclati o riutilizzati.
La seconda macrostrategia estende questo approccio, chiamato recupero (o riciclo) endogeno, considerando l'opportunità di prevedere nella progettazione del sistema edilizio l'impiego di input composti da MPS provenienti anche da altri cicli produttivi, ovvero da un recupero (o riciclo) esogeno. Gli elementi da costruzione, che chiameremo "ri-prodotti"[181], pensati per questa strategia possono quindi contenere materiali riciclati di natura diversa, ottenuti per esempio anche dal riciclo dei rifiuti solidi urbani o dagli scarti di processi industriali, e con percentuali in peso variabili, fino ad arrivare al 100%. Oppure comprendere interi componenti appartenenti alla vasta gamma di prodotti esterni al settore dell'edilizia, le cui qualità devono però preliminarmente essere valutate per verificare le fattibilità di reimpiego come parte integrante di elementi tecnici.
Ed ancora, possono anche essere dotati di altre qualità ecologiche, come l'assenza di sostanze pericolose, la biodegradabilità e la facilità di assemblaggio/disassemblaggio, sempre utili ai fini della composizione sostenibile del sistema tecnologico e di una previsione di recupero dei materiali al termine del ciclo di vita dell'edificio.
Per procedere all'utilizzo di questi materiali e prodotti da recupero da integrare in un nuovo sistema tecnologico è necessario, prima di tutto, assicurarsi che vengano soddisfatti alcuni requisiti essenziali, tali soprattutto da garantire la sicurezza degli utenti che ne usufruiranno.
Per questo esistono diverse norme e procedure da seguire: a partire dal concetto di *end of waste*, che stabilisce quando un rifiuto cessa di essere tale e possa essere considerato prodotto a tutti gli effetti, passando per le verifiche prestazionali da dover effettuare per valutare le capacità residue di prodotti e sottoprodotti da riutilizzo e arrivando alla commercializzazione dei prodotti da costruzione fabbricati in serie, compresi quelli contenenti riciclato, per i quali è necessario ottenere la marcatura CE che ne attesta la rispondenza ai requisiti essenziali stabiliti dal regolamento 305/2011.

[181] Termine utilizzato per rappresentare i prodotti ottenuti da operazioni di recupero, *Progetto Life LOWaste*, cit.

Esistono, poi, norme tecniche obbligatorie per diverse tipologie di MPS, ma anche deroghe alla dichiarazione di prestazione per alcuni casi particolari[182], indispensabili per permettere di sperimentare, senza particolari vincoli, l'utilizzo di elementi di recupero in progetti edilizi innovativi. Particolare attenzione bisogna porre, infine, ai materiali e prodotti riciclati impiegati per usi strutturali in quanto, secondo le NTC italiane, devono essere obbligatoriamente identificati e qualificati sotto la responsabilità del produttore attraverso una delle modalità descritte nella norma, con lo scopo di assicurare un livello di sicurezza adeguato all'utilizzo specifico previsto.

Alcuni strumenti che sicuramente aiutano, e continueranno ad aiutare, lo sviluppo della seconda macrostrategia e il raggiungimento dei suoi obiettivi, sono i sistemi di certificazione ambientale degli edifici e dei prodotti. Ad oggi ne esistono già molti esempi, alcuni ben regolamentati da specifiche normative, altri più propriamente commerciali ma che col tempo hanno assunto un valore e una credibilità tale da essere utilizzati sempre più frequentemente dagli operatori del progetto edilizio. Per semplicità, il presente lavoro si occuperà solamente di quelli principali e che, in particolar modo, trattano il tema del consumo delle risorse; si tratterà quindi di esaminarne i diversi modelli, cercando di confrontarne le diverse caratteristiche e di coglierne i rispettivi vantaggi e svantaggi.

Lo sviluppo delle ricerche e delle tecnologie produttive che intendono sfruttare l'utilizzo delle MPS all'interno dei prodotti da costruzione sono in aumento, anche grazie all'applicazione di queste certificazioni e agli studi basati sull'LCA che permettono, oltre a rendere maggiormente sostenibile l'intero processo di vita del prodotto, anche di ridurre l'uso dei materiali e soprattutto dei costi. Inoltre, la nascita e l'evoluzione di mercati telematici come canali di interscambio tra i diversi operatori del processo edilizio, e non solo, favorisce notevolmente l'incontro della domanda e dell'offerta, rinforzando e semplificando la compravendita di rifiuti, MPS e prodotti da recupero.

Nonostante i successi raggiunti per incentivare il mercato e l'utilizzo delle MPS in edilizia, rimane sempre compito del progettista, al momento della scelta dei materiali, dei prodotti e delle soluzioni tecnologiche da adottare nel progetto, valutare le fattibilità tecniche e i benefici ambientali ottenibili da questa strategia. Un grande sostegno sta arrivando dalle istituzioni che di recente stanno sviluppando ed emanando, per la presentazione di gare d'appalto pubbliche, precise indicazioni a riguardo della scelta dei componenti edilizi, delle tecniche operative di cantiere e molto altro; indicazioni che ipoteticamente potrebbero dare inizio a un nuovo modo di costruire "a zero rifiuti" ed essere estese anche ai progetti privati.

[182] Cfr. sottoparagrafo 5.2.1: Le procedure prima dell'utilizzo

Le opzioni tecniche vanno comunque ricercate caso per caso e richiedono sempre un rilevante sforzo progettuale, nonché il rischio di incorrere in errori concettuali riscontrabili poi durante la costruzione o l'utilizzo dell'opera. Fondamentale è, perciò, il confronto con l'appaltatore per la stesura di un preciso capitolato speciale d'appalto nel quale devono essere opportunamente inserite le prescrizioni per l'accettazione, l'impiego, la qualità e la provenienza dei materiali (in particolare quelli non industriali e provenienti da interventi di recupero) e le modalità di esecuzione di ogni categoria di lavoro.

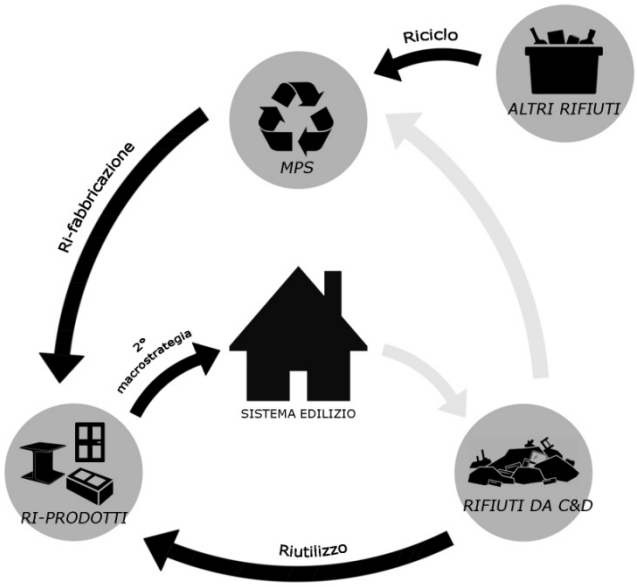


Figura 5.1: Seconda macrostrategia applicata alle prime fasi del processo edilizio

5.2 I prodotti e le MPS per l'edilizia

I ri-prodotti da inserire nei sistemi edilizi, considerati in questo campo, sono molteplici e distinguibili in base ad alcune caratteristiche fondamentali, tra cui:

- tipologia: possono comprendere MPS derivanti da operazioni di riciclo dei rifiuti, sottoprodotti, componenti e prodotti pronti per il riutilizzo;
- provenienza: possono derivare da processi di demolizione (materiali e prodotti edilizi), da processi industriali e da qualsiasi altro ciclo e settore economico;
- applicazione: possono comprendere elementi per usi strutturali o per usi non strutturali.

Le loro differenze di natura fisica, produttiva e applicativa, non permettono di renderne omogenea la scelta e l'utilizzo nell'edilizia e richiedono per prima cosa, agli operatori interessati, di effettuare precise valutazioni tecniche, ambientali ed economiche per non far ricadere le proprie responsabilità in tema di prestazioni dei materiali.

I processi di innovazione che stanno caratterizzando il settore dell'edilizia sull'utilizzo dei materiali e dei prodotti da costruzione ecologici e di nuove soluzioni tecnologiche hanno

bisogno, perciò, di essere accompagnati da politiche e normative chiare che facilitino questo cambiamento. Prima di esaminare i mercati degli eco-prodotti esistenti, il cui scopo è anche quello di guidare l'operatore interessato nell'effettuare scelte confrontabili e trasparenti, conviene chiarire alcuni concetti primari, tra cui la valutazione delle procedure da seguire per l'applicazione di questi prodotti e materiali secondari all'interno di un sistema edilizio.

5.2.1 Le procedure prima dell'utilizzo

Per i materiali oggetto delle operazioni di recupero di materia è già stato illustrato come, una volta ottenuta la "cessazione di qualifica di rifiuto" (EoW), questi possono essere considerati come normali materie prime[183] e quindi utilizzati per la fabbricazione di nuovi prodotti da costruzione, sia che provengano da un riciclo endogeno e sia che derivino da altri processi produttivi. In questo, infatti, il DM 05/02/98, oltre a stabilire un elenco delle procedure semplificate da applicare ai rifiuti provenienti dal processo di demolizione, individua anche una sostanziosa serie di rifiuti di qualsiasi altra natura e provenienza dai quali è possibile ottenere materiali e prodotti secondari per l'edilizia[184] (Tabella A.8).

Al fine di consentirne il massimo grado di impiego e di ricondurli ad utilizzi specifici, però, i materiali riciclati devono essere sottoposti a prove che ne garantiscano la compatibilità ambientale dell'uso e che ne valutino prestazioni e caratteristiche principali.

Per esempio, per quanto riguarda i materiali riciclati inerti da utilizzare per la composizione di riempimenti, calcestruzzi e altri conglomerati cementizi, le prove cui quest'ultimi solitamente devono essere sottoposti sono le seguenti[185]:

- test di cessione;
- determinazione della massa volumica apparente in cumulo;
- determinazione dell'umidità naturale;
- analisi granulometriche;
- determinazione dell'equivalente in sabbia (limite di *Attemberg*);
- prova di compattazione *Proctor*;
- determinazione dell'indice C.B.R.;
- indice di resistenza all'impatto della roccia (R.I.H.N.);
- *point load test*.

Nel caso di prodotti e componenti edilizi usati, il loro riutilizzo in un nuovo sistema edilizio deve essere preceduto da una valutazione della loro idoneità geometrica, funzionale ed

[183] Cfr. sottoparagrafo 3.1.3: Le materie prime seconde
[184] All. 1, Suball. 1, DM 5 febbraio 1998
[185] Direttiva tecnica 6*, Il mattone ritrovato*, cit., pp. 105-118

estetica. È necessario, cioè, determinare lo stato di conservazione e le prestazioni residue (ovvero le proprietà che l'elemento possiede ancora) che, se raggiungono una certa soglia minima, permettono di escludere completamente il prodotto dal regime dei rifiuti e utilizzarlo senza vincoli in qualsiasi altro progetto come elemento nuovo.

A tal proposito, la direttiva tecnica 3 del manuale per la gestione dei rifiuti da C&D proposto dalla provincia di Bologna individua un elenco, non esaustivo, di quelli che sono i materiali e componenti che nella pratica edilizia italiana vengono più frequentemente smontati e riutilizzati; e per questi costruisce delle schede tecniche nelle quali vengono riportate alcune indicazioni di massima utili alla determinazione dello stato di conservazione e della prestazione residua, nonché le indicazioni riguardanti le caratteristiche fondamentali, i requisiti e le prestazioni corrispondenti e i principali metodi di valutazione del componente[186] (Tabella A.9). Per tutti gli altri componenti non comuni alla pratica edilizia sarà responsabilità dei principali operatori facenti parte del processo edilizio calcolarne la resistenza, la durabilità e verificarne le fattibilità tecniche necessarie all'integrazione con gli altri elementi tecnici del sistema tecnologico. In particolare le responsabilità delle singole figure nell'utilizzo di materiali e prodotti di recupero sono[187]:

- committente: accettare il capitolato speciale d'appalto, contenente tutte le informazioni relative a materiali e prodotti di recupero, e stipulare il contratto con l'appaltatore;
- progettista: individuare la composizione e le tecniche più idonee da adottare nel sistema edilizio e valutare preliminarmente le prestazioni di materiali e prodotti di recupero;
- direttore dei lavori: vigilare sulla conformità dei requisiti specificati mediante il regime di controlli nelle diverse fasi di qualifica preliminari, accettazione e controllo in corso d'opera e finale;
- appaltatore: procedere ad un'attenta qualifica dei materiali da utilizzare ed assicurarsi che le caratteristiche tecniche, prestazionali ed ambientali siano costantemente mantenute per tutta la durata delle forniture e delle lavorazioni;
- coordinatore della sicurezza: assicurarsi che i materiali e i prodotti di recupero utilizzati non andranno a creare rischi per l'ambiente e per la salute degli utenti;
- collaudatore: eseguire i controlli e le prove necessarie, come stabilito dalle normative, per verificare realmente le prestazioni dei materiali e prodotti di recupero utilizzati;
- fornitore/produttore: deve garantire la qualità dei materiali prodotti, garantendo il rispetto delle prescrizioni autorizzative e delle normative tecniche applicabili.

[186] Direttiva tecnica 3, *Il mattone ritrovato*, cit., pp. 41-69
[187] All. A, DGR Veneto n. 1060/2014, p. 2

Oltre agli ostacoli tecnici riguardanti l'utilizzo pratico di questi materiali e prodotti secondari nell'edilizia, esistono ovviamente anche vincoli e precise regole per la loro commercializzazione. In questo, il mercato europeo dei prodotti da costruzione è ben sviluppato e normalizzato grazie alla nascita, prima, della direttiva 89/106/CEE, e poi, del regolamento 305/2011, il quale stabilisce alcuni requisiti essenziali che i materiali e i prodotti edilizi devono rispettare per poter essere immessi liberamente in circolazione.

Il regolamento prevede e incentiva l'uso di materiali riciclati nella fabbricazione in serie dei prodotti da costruzione ma anche loro, come per tutti gli altri prodotti industriali, devono essere coperti da una norma armonizzata o sottoposti ad una valutazione tecnica europea (ETA) ed ottenere la dichiarazione di prestazione (DoP) e la marcatura CE.

Esistono comunque alcune situazioni particolari in cui è possibile derogare la redazione della DoP, ovvero qualora[188]:

- il prodotto da costruzione sia fabbricato in un unico esemplare o su specifica del committente in un processo non in serie a seguito di una specifica ordinazione e installato in una singola ed identificata opera di costruzione da parte di un fabbricante che è responsabile della sicurezza dell'incorporazione del prodotto da costruzione nelle opere di costruzione, conformemente alle normative nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell'esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili;
- il prodotto da costruzione sia fabbricato in cantiere per essere incorporato nelle rispettive opere di costruzione conformemente alle norme nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell'esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili;
- il prodotto da costruzione sia fabbricato con metodi tradizionali o con metodi atti alla conservazione del patrimonio e mediante un procedimento non industriale per l'appropriato restauro di opere di costruzione formalmente protette come parte di un patrimonio tutelato o in ragione del loro particolare valore architettonico o storico, nel rispetto delle normative nazionali applicabili.

Questo dettaglio normativo risulta fondamentale per facilitare la distribuzione e l'utilizzo di materiali e prodotti provenienti da un recupero diretto in cantiere o per la realizzazione di fabbricati particolarmente innovativi nella scelta degli elementi tecnici.

Altri incentivi potrebbero poi arrivare dagli aggiornamenti dei regolamenti edilizi comunali, così come dei capitolati speciali d'appalto, la cui redazione da parte di progettista e appaltatore deve essere effettuata con particolare cura per descrivere le caratteristiche

[188] Art. 4, Reg. n. 305/2011

essenziali di tutti i materiali, nonché ogni dettaglio necessario alla chiarezza del committente e del direttore dei lavori.

Rimane, infine, da illustrare le procedure riferite ai materiali e prodotti edilizi riciclati impiegati per usi strutturali che, come per i materiali tradizionali, devono essere in grado di rispondere a requisiti di identificazione e qualificazione necessari a definirne indubbiamente le loro proprietà, e soprattutto a garantirne la sicurezza.

In particolare, il capitolo undici delle NTC descrive tre tipologie di procedimento[189]:

- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali sia disponibile una norma europea armonizzata il cui riferimento sia pubblicato su GUUE. Al termine del periodo di coesistenza il loro impiego nelle opere è possibile soltanto se in possesso della marcatura CE;
- materiali e prodotti per uso strutturale per i quali non sia disponibile una norma armonizzata ovvero la stessa ricada nel periodo di coesistenza, per i quali sia invece prevista la qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle presenti norme. È fatto salvo il caso in cui, nel periodo di coesistenza della specifica norma armonizzata, il produttore abbia volontariamente optato per la marcatura CE;
- materiali e prodotti per uso strutturale innovativi o comunque non citati nel presente capitolo e non ricadenti in una delle tipologie A) o B). In tali casi il produttore potrà pervenire alla marcatura CE in conformità a valutazione tecnica europea (ETA), ovvero, in alternativa, dovrà essere in possesso di un Certificato di idoneità tecnica all'Impiego rilasciato dal Servizio tecnico centrale sulla base di linee guida approvate dal Consiglio superiore dei lavori pubblici.

La normativa perciò, ad eccezione di materiali come il calcestruzzo per il quale prevede l'utilizzo di aggregati riciclati e aggiunte che devono obbligatoriamente seguire determinate norme armonizzate, permette di utilizzare anche altri sistemi innovativi (anche se il procedimento per ottenere la certificazione potrebbe risultare complicato e dispendioso) purché siano in grado di raggiungere un certo livello di sicurezza.

5.2.2 L'esistenza dei mercati telematici

Il continuo sviluppo dei sistemi informatici permette, ad oggi, di ottenere grandi vantaggi nel promuovere l'economia circolare, ma che in edilizia fanno ancora fatica a concretizzarsi.

Lo scopo dei mercati telematici dovrebbe essere quello di facilitare la compravendita di materiali e prodotti edilizi da recupero, così da permettere ai diretti interessati nella

[189] Le descrizioni sono state modificate tenendo conto del passaggio dalla direttiva 89/106/CEE al regolamento 305/2011, Cap. 11, NTC 08

progettazione del sistema edilizio di valutare immediatamente le fattibilità tecniche ed economiche di un loro utilizzo. Ma la lentezza tecnologica e le atipicità operative che caratterizzano il mondo delle costruzioni rendono difficile la crescita di questi modelli, determinandone spesso il loro insuccesso.

I mercati telematici possono essenzialmente essere suddivisi in tre categorie:

- borse dei rifiuti;
- piattaforme per materiali e prodotti edilizi riusabili;
- cataloghi dei materiali contenente riciclato.

Tralasciando il primo caso, essendo un tema che riguarda essenzialmente la prima macrostrategia incentrato cioè sull'interscambio tra impresa demolitrice e impianti di trattamento dei rifiuti, si valuti l'esistenza di mercati telematici con riferimento alle altre due categorie, particolarmente determinanti nel concetto di utilizzo di MPS e prodotti di recupero nel sistema edilizio.

Il mercato per il riuso dei materiali e prodotti edilizi non è ancora molto consolidato, tranne in alcuni Paesi come la Gran Bretagna e gli Stati Uniti, nel quale esistono piattaforme telematiche, come *SalvoWeb*[190] (UK) e *PlanetReuse*[191] (USA), molto sfruttate dagli operatori dei processi edilizi per acquistare e vendere componenti riutilizzabili. In altri Paesi poi, come l'Italia, nonostante storicamente questa pratica sia notevolmente diffusa (soprattutto nel restauro di manufatti architettonici), si continua a fare affidamento alle compravendite tradizionali[192].

Inoltre, bisogna evidenziare che la rivendita di componenti da riuso avviene prevalentemente per quei prodotti e materiali aventi un determinato valore artistico, architettonico, storico, e quindi economico; per i componenti edili comuni, invece, il valore di riuso è solitamente troppo basso perché si possa decidere di conservarli in un deposito nell'attesa che si presenti un'acquirente, e quindi spesso si preferisce recuperarli attraverso il riciclo.

Per quanto riguarda, invece, i materiali edilizi contenente riciclato, la loro disponibilità nel mercato è più evidente; così come lo sono i relativi cataloghi o *database* informatici, capaci di fornire informazioni dettagliate sulle proprietà e gli utilizzi di questi materiali, garantendo così anche un'assistenza a progettisti, imprenditori e committenti, nonché una chiara selezione in termini di qualità.

[190] http://www.salvoweb.com [ultima cons. 21-06-2017]
[191] http://www.planetreuse.com [ultima cons. 21-06-2017]
[192] *Costruire a zero rifiuti*, cit., pp. 122-129

A seguire si illustrano alcuni esempi delle più famose banche dati di materiali ecologici, così da poter iniziare a conoscere ciò che attualmente il grande mercato del riciclo offre all'architettura[193].

MATREC

MATREC[194] è una banca dati di materiali sostenibili per l'architettura e il design, creata dall'idea dell'architetto Marco Cappellini e rivolta alle imprese e progettisti che intendono conoscere le potenzialità applicative e ambientali di questi materiali, per utilizzarli in maniera innovativa nei loro progetti.

Il catalogo distingue i materiali in tre categorie: naturali, riciclati e bio, e per ciascuno accompagna una scheda contenente informazioni sia ambientali che tecniche. Le informazioni ambientali riguardano l'origine ambientale, la composizione (e quindi il contenuto di riciclato espresso in percentuale), la situazione a fine vita (riciclabile, biodegradabile e compostabile), le certificazioni di prodotto e il *footprint*, in termini di consumi energetici e di emissioni inquinanti; il tutto allegato con i documenti necessari che ne attestano le caratteristiche.

La "ricerca avanzata" del *database* permette, inoltre, di cercare un materiale in base al formato geometrico (assi, fogli, granuli, lastre, mattoni, pannelli, profili, tessuti ecc.), alla tecnologia di fabbricazione (accoppiatura, estrusione, gettata in opera, soffiatura, stampaggio ecc.) e all'applicazione all'interno del progetto (arredamento, facciate, isolamento, pavimentazioni, rivestimenti ecc.), facilitando ulteriormente il lavoro e la scelta da parte degli operatori.

Material ConneXion

Material ConneXion[195] è il più importante *network* internazionale di consulenza sui materiali e processi produttivi innovativi e sostenibili e contiene uno dei più vasti *database* al mondo. Il suo scopo è quello di promuove la creazione di contatti tra i produttori di materiali e i potenziali utilizzatori, supportandoli nella ricerca di soluzioni materiali per i loro progetti e offrendo alle aziende produttrici uno strumento di visibilità unico e non convenzionale. La sua sede italiana si trova a Milano che, tra le varie attività, ospita anche una *library* fisica di oltre 5000 materiali, di cui circa 2500 permanentemente esposti.

L'archivio *online* conta circa 7.000 materiali, suddivisi in diverse categorie a partire dalla loro natura chimica: polimeri, ceramici, vetri, metalli, cementi, naturali e derivati, materiali a base di carbonio; ma permette comunque, tramite la ricerca avanzata, di scegliere il materiale

[193] *Costruire a zero rifiuti*, cit., p. 328
[194] http://www.matrec.com [ultima cons. 22-06-2017]
[195] http://www.materialconnexion.com [ultima cons. 22-06-2017]

anche in base ad altre particolarità, come il tipo di lavorazione produttiva, i criteri di sostenibilità, le caratteristiche meccaniche, chimiche e le proprietà fisiche.
In particolare la selezione con riferimento ai criteri di sostenibilità riguarda diversi aspetti, gran parte dei quali incentrati sulla riduzione del consumo delle materie prime e della produzione di rifiuti, che il catalogo illustra in un elenco composto per esempio dalle seguenti voci: materiali abbondanti, biodegradabile, compostabile, durevole, recuperato, componenti facilmente riciclabili, riciclato pre o post-consumo, rinnovabile, monomateriale, rifiuti e materiali di scarto.
In più, *Material ConneXion* individua i materiali certificati *Creadle-to-Creadle*, distinguendoli tra quelli *silver* e quelli *gold*.

Materia

Materia[196] si tratta di un *database* olandese contenente una discreta scelta di materiali innovativi per l'architettura e il design prodotti in diversi europei, compresa l'Italia. La consultazione del *database* è gratuita e molto semplice, ma restituisce informazioni abbastanza approssimate.
La selezione all'interno del catalogo è orientata maggiormente all'efficienza fisica, chimica e meccanica dei materiali e meno all'ecologia. L'unico criterio di sostenibilità riguarda la rinnovabilità, o meno, del materiale.

Rematerialise

Rematerialise[197] è una banca dati britannica ben fornita di materiali sostenibili per l'architettura e il design, o per meglio dire di *eco-smart materials*. La maggior parte dei materiali, infatti, è rappresentata da un alto contenuto di riciclato (spesso il 100%), e quindi ricavati da rifiuti post-consumo, scarti industriali e altre risorse rinnovabili, riciclabili, povere o sottoutilizzate, ma anche ottenuti da altre filiere sostenibili.
La ricerca all'interno del catalogo è organizzata in modo tale che si possa scegliere il materiale in base a: tipologia, caratteristiche, processo di lavorazione e applicazione prevista; ma purtroppo non permette di effettuare una selezione distinta per criteri di sostenibilità specifici.

5.3 La progettazione sostenibile degli edifici

Il progettista, durante la fase di progettazione, ha il compito di tradurre le esigenze espresse dal committente attraverso la redazione di un progetto del sistema edilizio, dove cerca di adottare le migliori soluzioni possibili, in relazione alle proprie capacità e competenze. Ad

[196] http://www.materia.nl [ultima cons. 23-06-2017]
[197] http://www.research.kingston.ac.uk [ultima cons. 23-06-2017]

oggi, che si tratti di una nuova costruzione o di una ristrutturazione su preesistenza, le possibili strategie per ottimizzare l'uso delle risorse nel processo edilizio sono molte e sufficientemente differenziate, ma nulla vieta al progettista di trovare ulteriori soluzioni maggiormente adatte alla situazione, in termini sia di sostenibilità ambientale che economica.

Il fatto di progettare edifici utilizzando materiali e prodotti di recupero, però, risulta ancora una pratica troppo innovativa e sperimentale, che pochi progettisti e committenti hanno voglia di intraprendere. Anche se negli ultimi anni la diffidenza culturale dell'opinione pubblica verso i materiali riciclati sembra stia scomparendo, ma anzi quest'ultimi stiano assumendo sempre più una valenza estetica propria rafforzata dal riconoscimento della loro efficacia ecologica, il loro impiego in progetti di architettura fatica a svilupparsi ed imporsi come soluzione comune[198].

Molto spesso, perciò, gli strumenti adottati dalle istituzioni, o da altre organizzazioni, per incentivare la ricerca di soluzioni innovative progettuali e per fare da guida all'impiego di prodotti edilizi da riutilizzo, o contenenti riciclato, sono fondamentali e meritano un certo sostegno.

L'interesse della progettazione sostenibile, fino ad ora, si è concentrata quasi essenzialmente sul tema dell'efficienza energetica, per esempio con l'obbligo in diversi casi di redigere documenti di comprovata validità (come l'attestato di prestazione energetica: APE); obbligo che in tema di riciclo e riutilizzo dei materiali in edilizia non è ancora presente, se non a livello di gare d'appalto pubbliche attraverso i CAM edilizi.

Oltre allo studio di nuovi metodi per l'integrazione di elementi tecnici da recupero nei sistemi tecnologici edilizi, è opportuno poi considerare nella progettazione anche alcuni concetti facenti parte della terza macrostrategia, di certo utili a prevenire già a monte la produzione di rifiuti ottenibili da eventuali interventi di manutenzione, ristrutturazione o demolizione di un'opera. Nonostante, infatti, le incertezze legate alle future tecnologie di trattamento e di riciclo, gran parte delle ricerche in ambito architettonico si stanno muovendo verso la direzione del disassemblaggio di prodotti e componenti edilizi, promuovendo per esempio sistemi costruttivi a secco (a serraggio, ad incastro e ad accostamento), rispetto a quelli tradizionali (umido, adesivo e saldato)[199] che solitamente impediscono una semplice separazione e riciclabilità dei materiali edilizi.

[198] *Costruire a zero rifiuti*, cit., p. 12
[199] *Ivi*, pp. 206-218

5.3.1 I CAM edilizi

L'applicazione dei criteri ambientali minimi (CAM)[200], rientranti nella categoria edilizia per le stazioni appaltanti ed emanati sulla base dei *Green public procurement criteria for office building design, construction and management*[201] europei, rappresentano un riferimento imprescindibile per i progettisti che intendono "avventurarsi" nell'ambito dell'architettura sostenibile.

I CAM edilizi, aggiornati al 2017[202], contengono infatti alcune indicazioni di carattere generale per gli appalti di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici e per la gestione dei cantieri, che i partecipanti alla gara devono seguire per potersi aggiudicare il concorso di progettazione e/o la realizzazione dei lavori, così da poter assicurare prestazioni ambientali dell'intervento ottimali, o comunque al di sopra della media del settore.

Tali indicazioni riguardano soprattutto l'uso dei materiali e di tecniche a ridotto impatto ambientale durante il ciclo di vita dell'opera, e in alcuni casi riprendono concetti che la prima macrostrategia ha già ampliamente descritto. Tra questi è il caso di illustrare le specifiche tecniche di cantiere riferite agli interventi di demolizione e rimozione dei materiali, le quali prevedono che:

- nei casi di ristrutturazione, manutenzione e demolizione, almeno il 70% in peso dei rifiuti non pericolosi generati durante la demolizione e rimozione di edifici, parti di edifici, manufatti di qualsiasi genere presenti in cantiere, ed escludendo gli scavi, venga avviato a operazioni di preparazione per il riutilizzo, recupero o riciclaggio;
- il contraente effettui una verifica precedente alla demolizione (audit pre-demolizione) al fine di determinare ciò che può essere riutilizzato, riciclato o recuperato;
- la relazione tecnica contenga le misure per l'implementazione della raccolta differenziata nel cantiere (tipo di cassonetti/contenitori per la raccolta differenziata, le aree da adibire a stoccaggio temporaneo, etc.) e per realizzare la demolizione selettiva e il riciclaggio dei materiali di scavo e dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D);
- i rinterri avvengano con materiale di scavo (escluso il terreno naturale superficiale) o materiale riciclato conforme ai parametri della norma UNI 11531-1, e i riempimenti con miscela di materiale betonabile composta da almeno il 50% di materiale riciclato.

Le indicazioni maggiormente coerenti con la seconda macrostrategia riguardano, invece, le scelte tecniche di progetto che il progettista deve compiere, con particolare riferimento alla

[200] Cfr. sottoparagrafo 3.1.3: Le materie prime secondarie

[201] N. Dodd, E. Garbarino, M. G. Caldas, *Green Public Procurement Criteria for Office Building Design, Construction and Management*, JRC Science Hub, European Commission, 2016, http://bookshop.europa.eu

[202] All. 2, DM 11 gennaio 2017, in *Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*

selezione dei componenti edilizi. Questi, oltre a dover esplicitamente essere privi di sostanze dannose per l'ozono, ad alto potenziale di riscaldamento globale (GWP) e pericolose, devono risultare sostenibili in termini di consumo di materie prime, e quindi dotati di criteri di disassemblabilità e riciclabilità.

Il progetto, infatti, deve prevedere che almeno il 50% dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati (esclusi gli impianti) sia sottoponibile, a fine vita, a demolizione selettiva e recuperabile, e che il contenuto di materia recuperata o riciclata nei materiali utilizzati per l'edificio (anche considerando diverse percentuali per ogni materiale) sia pari ad almeno il 15% in peso valutato sul totale dei materiali utilizzati. Oltre a questi criteri di base, i CAM individuano anche dei criteri specifici per alcuni dei materiali più utilizzati nel settore edilizio, ovvero:

- calcestruzzi: i calcestruzzi usati per il progetto devono essere prodotti con un contenuto minimo di materiale riciclato (secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto (inteso come somma delle singole componenti);
- laterizi: i laterizi usati per muratura e solai devono avere un contenuto di materiale riciclato (secco) di almeno il 10% sul peso del prodotto. I laterizi per coperture, pavimenti e muratura faccia vista devono avere un contenuto di materiale riciclato (secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto;
- legno: i materiali e i prodotti costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale deve provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due;
- ghisa, ferro e acciaio: per gli usi strutturali deve essere utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:
    - acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%;
    - acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%;
- plastica: il contenuto di materia prima seconda riciclata o recuperata deve essere pari ad almeno il 30% in peso valutato sul totale di tutti i componenti in materia plastica utilizzati. Il suddetto requisito può essere derogato nel caso in cui il componente impiegato rientri contemporaneamente nelle seguenti due casistiche:
    - abbia una specifica funzione di protezione dell'edificio da agenti esterni quali ad esempio acque meteoriche (membrane per impermeabilizzazione);
    - sussistano specifici obblighi di legge relativi a garanzie minime di durabilità legate alla suddetta funzione;

- murature in pietrame e miste: per le murature per opere di fondazione e opere in elevazione il progettista deve prescrivere l'uso di solo materiale di recupero (pietrame e blocchetti);
- tramezzature e controsoffitti: le lastre di cartongesso, destinate alla posa in opera di sistemi a secco quali tramezzature e controsoffitti, devono avere un contenuto di almeno il 5% in peso di materie riciclate e/o recuperate;
- isolanti termici ed acustici: il prodotto finito, a seconda della forma fisica e del materiale di cui è costituito, deve contenere una certa quantità minima di materiale riciclato e/o recuperato da pre-consumo (v. Tabella A.10);
- pavimenti e rivestimenti: i prodotti utilizzati per le pavimentazioni e i rivestimenti devono essere conformi ai criteri ecologici e prestazionali previsti dalle Decisioni 2010/18/CE30, 2009/607/CE31 e 2009/967/CE32 e loro modifiche ed integrazioni.

Per verificare tutto ciò, il progettista ha il compito di fornire l'elenco dei materiali scelti per il progetto costituiti, anche parzialmente, da materie recuperate o riciclate ed il loro peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio, e di dimostrarlo mediante appositi dichiarazioni ed etichette ambientali di prodotto.

MATERIALI E COMPONENTI EDILIZI		**CONTENUTO DI RICICLATO** [% sul peso del prodotto]
Calcestruzzi		5
Laterizi	per murature e solai	10
	per coperture, pavimenti e rivestimenti faccia a vista	5
Legno		-
Ghisa, ferro e acciaio	da forno elettrico	70
	da ciclo integrale	10
Plastica (tranne in alcuni casi)		30
Murature in pietrame e miste		100
Tramezzature e controsoffitti in cartongesso		15
Isolanti termici ed acustici (in base alla tipologia)		1 ÷ 80
Pavimenti e rivestimenti		-

Tabella 5.1: Contenuto di riciclato minimo, in percentuale sul peso del prodotto, dei principali materiali o componenti edilizi secondo i CAM (Fonte: DM 11-01-17)

5.3.2 *Design out waste*

La WRAP (*Waste & resources action program*), società inglese che si occupa di identificare soluzioni progettuali per la prevenzione dei rifiuti e la riduzione del consumo dei materiali in diversi settori compresa l'edilizia, ha sviluppato una strategia denominata *Designing out waste* (DoW), (progettare senza rifiuti) che permette, attraverso il progetto dell'edificio, di

ridurre al minimo i rifiuti da C&D e di massimizzare l'uso dei materiali[203]. La DoW è sostanzialmente una guida per i progettisti che intendono trovare soluzioni pratiche al proprio progetto necessarie per rispondere ai requisiti di sostenibilità espressi finora; e si basa su cinque principi:

- *Design for reuse and recovery* (DRR): progettare per il recupero e il riuso;
- *Design for off site construction* (DOSC): progettare per la prefabbricazione;
- *Design for materials optimisation* (DMO): progettare per l'ottimizzazione dei materiali;
- *Design for waste efficient procurement* (DWEP): progettare per la gestione efficace dei rifiuti;
- *Design for deconstruction and flexibility* (DDF): progettare per la decostruzione e la flessibilità.

Design for reuse and recovery

Progettare per il recupero e il riuso significa considerare, in fase di progettazione, tutte le possibilità pratiche affinché gli interventi di nuova costruzione o di ristrutturazione su preesistenza che verranno realizzati possano sfruttare al massimo l'utilizzo di materiali e prodotti edilizi già presenti sul sito, provenienti da altri cantieri o che contengano un alto livello di materie prime secondarie.

Nel caso della ristrutturazione su preesistenza, che può prevedere modiche al volume del vecchio edificio, ampliamenti e demolizioni parziali, la DRR richiede, per prima cosa, di effettuare un'accurata analisi del sito, per valutare la fattibilità di riutilizzo di intere parti di edificio (come per esempio la struttura portante), di prodotti edilizi ancora funzionanti, o facilmente riparabili, e di materiali edilizi e sottoprodotti, provenienti dalla demolizione selettiva e da un'attenta gestione dei rifiuti.

La maggiore difficoltà di questo principio consiste nel riuscire a reinserire e far combaciare gli elementi dell'edificio oggetto di ristrutturazione o demolizione, aventi quindi caratteristiche fisiche e dimensionali già prefissate, all'interno del nuovo progetto. Se ciò non fosse possibile, il progettista deve comunque provvedere a informare il committente sull'esistenza di altre soluzioni possibili mirate all'ottimizzazione delle risorse materiali, promuovendo, per esempio, buone pratiche di demolizione dell'edificio esistente che massimizzino il recupero dei materiali attraverso il riciclaggio.

Per quanto riguarda il progetto di nuova costruzione, così come per tutti gli altri interventi edilizi, l'obiettivo del DRR è sfruttare al meglio il riutilizzo di materiali, componenti e

[203] D. Langdon LLP, *Designing out Waste: A design team guide for buildings. Less waste, sharper design*, Halving Waste to Landfill, http://www.wrap.org.uk/construction

prodotti provenienti da altri siti o l'impiego di nuovi prodotti edilizi che contengono un'elevata percentuale di materiale riciclato[204].

Design for off site construction

Progettare per la prefabbricazione significa prevedere di utilizzare nel progetto il maggior numero di elementi tecnici prefabbricati. La prefabbricazione cambia notevolmente l'attività esecutiva edilizia trasformando il processo di costruzione tradizionale in un processo di assemblaggio, nel quale la produzione degli elementi e l'organizzazione del cantiere assumono connotati sempre più scientifici e precisi, tipici dell'industria.

Questo principio porta ad un miglioramento della qualità del lavoro, riducendone gli errori, i tempi e gli incidenti, ma può portare anche a notevoli benefici per l'ambiente, in termini di ottimizzazione dei materiali e riduzione dei rifiuti.

Il maggiore controllo su tutte le sub-fasi della produzione degli elementi tecnici permette, infatti, di sfruttare al meglio l'efficienza dei materiali e di ridurre al massimo gli scarti di fabbricazione, per esempio riutilizzando i sottoprodotti. Inoltre, l'assemblaggio è in grado di limitare maggiormente i rifiuti da costruzione rispetto alle lavorazioni tradizionali e di favorire la decostruzione dell'opera a fine ciclo di vita, permettendo anche di riutilizzare un grande numero di elementi tecnici.

Il DOSC è un principio facilmente applicabile per gli interventi di nuova costruzione su area non edificata, mentre impone diversi vincoli dimensionali e richiede maggiori abilità progettuali nel caso di interventi edilizi su preesistenza[205].

Design for materials optimisation

Progettare per l'ottimizzazione dei materiali è un principio generico che intende stimolare i progettisti affinché concentrino la propria attenzione, in fase di progettazione, sull'efficienza delle risorse materiali, così da riuscire anche a ridurre la quantità di rifiuti in fase di costruzione.

La DMO ha, in particolare, l'obiettivo di calibrare l'uso delle risorse rispetto alle esigenze e alle funzionalità dell'edificio evitando di sprecare inutilmente i materiali, pur cercando di mantenere inalterata la qualità del progetto[206].

Molto spesso in architettura si tende a inserire elementi superflui per il solo gusto estetico, che tendono a complicare inutilmente le fasi del processo edilizio, determinando così uno spreco di materiali, ma non solo, e un aumento della produzione di rifiuti, sia in fase di costruzione che di manutenzione, nonché di demolizione. Ciò che si intende consigliare al progettista,

[204] *Ivi*, pp. 18-19
[205] *Ivi*, p. 20
[206] *Ivi*, p. 23

perciò, non è quello di eliminare completamente dal progetto le parti decorative e tutto ciò che non ha una chiara funzione pratica[207] (come in parte prevede per esempio lo stile razionalista), ma semplicemente di considerare le soluzioni progettuali più semplici ed efficaci nell'uso delle risorse materiali.

Design for waste efficient procurement

Progettare per la gestione efficace dei rifiuti significa studiare, insieme ad appaltatori e subappaltatori, le sequenze da seguire in fase di costruzione dell'edificio per riuscire a minimizzare la produzione di rifiuti in cantiere e gestire al meglio il loro recupero.

Tali sequenze devono essere inserite nel progetto, nonché nei documenti contrattuali interessati, per fare in modo che le varie imprese che intervengono nella costruzione siano, oltre che obbligate a seguirne le disposizioni, anche facilitate a farlo[208].

L'utilizzo di prodotti prefabbricati, il ricorso ad elaborati grafici chiari e completi (anche mediante disegni tridimensionali che sfruttano il metodo BIM), la compilazione di attenti capitolati speciali d'appalto e di piani di gestione di rifiuti, sono tutti elementi che possano aiutare gli operatori esecutivi a garantire il soddisfacimento di questo principio.

Design for deconstruction and flexibility

Progettare per la decostruzione e la flessibilità è un principio che consiglia al progettista di considerare tutti gli aspetti che possano facilitare il recupero dei materiali durante le fasi di utilizzo e rinnovamento dell'organismo edilizio, nonché al termine del suo ciclo di vita.

Nonostante il fatto che lo sviluppo della tecnologia possa, in futuro, rendere separabili e riciclabili materiali e prodotti edilizi che ora non lo sono, il DDF consiglia comunque al progettista di prediligere nel progetto l'impiego di prodotti edilizi facilmente smontabili e recuperabili. Inoltre deve provvedere ad inserire nel progetto tutte le informazioni necessarie riguardanti gli stessi elementi tecnici e le connessioni effettuate, affinché i progettisti del futuro possano avere una comprensione immediata sul funzionamento complessivo del sistema edilizio, rendendo più facile la sostituibilità di parti guaste o degradate, la decostruzione completa e il recupero di interi elementi tecnici riutilizzabili[209].

Anche in questo caso il concetto di smontaggio può essere affrontato facendo ricorso al principio della prefabbricazione che, rispetto alla costruzione tradizionale, rende sicuramente più agevole la separazione di componenti e il recupero dei materiali.

---

[207] È erroneo pensare che le parti decorative, e quindi l'estetica, non abbiano una funzione in un edificio. Anzi, si può ritenere che l'estetica abbia una funzione visiva, indispensabile per far accrescere il valore dell'edificio, anche in termini economici

[208] Langdon LLP, Designing *out Waste*, cit., p. 24

[209] *Ivi*, p. 27

5.4 I sistemi di certificazione ambientale

Come ulteriore guida per il progettista nella scelta delle soluzioni progettuali meno impattanti in termini ambientali, nel caso di nuova costruzione o ristrutturazione, esistono i sistemi di certificazione ambientale, considerati sia alla scala del prodotto che dell'edificio.

I sistemi di certificazione ambientale (d'ora in poi: SCA) si basano sull'analisi del ciclo di vita (LCA)[210], un metodo scientifico di valutazione dei carichi energetici ed ambientali derivanti da ogni fase del ciclo di vita del prodotto o dell'organismo edilizio, e che sono quindi in grado di calcolare anche i relativi danni in funzione dei materiali utilizzati e dei rifiuti prodotti.

I SCA sono necessari per tradurre ed esprimere ciò che viene ricavato dalle analisi, al fine di renderne chiara e semplice la comprensione da parte, non solo dei progettisti, ma soprattutto dei committenti e quindi facilitare la scelta dei materiali più sostenibili da utilizzare e delle tecniche migliori da eseguire nell'intervento edilizio.

Di seguito vengono illustrati solamente i SCA più importanti in merito alla diffusione dei criteri di sostenibilità inerenti al riciclo (nel caso dei prodotti) o perché maggiormente utilizzati in edilizia, e quindi aventi credibilità e considerazione superiori rispetto ad altre certificazioni (nel caso degli edifici).

5.4.1 Certificazione ambientale dei prodotti

L'esistenza di strumenti informativi, come la certificazione ambientale dei prodotti, sono fondamentali per mostrare al mercato le caratteristiche e le prestazioni ambientali di un determinato prodotto, cosicché il produttore in questione possa dimostrare palesemente la propria sensibilità al tema della riduzione degli impatti ambientali e, al contempo, il consumatore possa ottenere informazioni chiare, reali e confrontabili con gli altri prodotti analoghi ed effettuare una scelta consapevole in base alle proprie esigenze.

Le certificazioni ambientali dei prodotti vengono espresse attraverso etichette e dichiarazioni ambientali, come stabilito dalla norma UNI EN ISO 14020[211] che ne definisce i principi guida, le modalità di ottenimento e l'utilizzo, facendo una distinzione di questi criteri secondo tre tipologie[212]:

[210] Cfr. sottoparagrafo 3.2.3: L'importanza delle fasi decisionali

[211] UNI EN ISO 14020/2002: Etichette e dichiarazioni ambientali - Principi generali

[212] La *certificazione ambientale nell'edilizia. Catalogo prodotti*, Regione Piemonte, 2013, http://www.regione.piemonte.it

- tipo I (UNI EN ISO 14024[213]): l'attribuzione del marchio avviene in base al rispetto di criteri specifici elaborati da parte terza, che prevedono il rispetto di certi valori soglia da rispettare per ottenere il rilascio del marchio, assegnato da un organismo competente pubblico o privato;
- tipo II (UNI EN ISO 14021[214]): l'attribuzione del marchio si basa su autodichiarazioni da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, che ne sono gli esclusivi responsabili. Tali asserzioni ambientali non richiedono l'intervento di un organismo indipendente di certificazione (ente terzo), ma la loro elaborazione deve seguire i criteri della relativa norma tecnica che ne disciplina le modalità di diffusione e i requisiti sul contenuto dell'informazione;
- tipo III (UNI EN ISO 14025[215]): l'attribuzione del marchio avviene sulla base di una dichiarazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto, quantificati tramite analisi del ciclo di vita (LCA), fatta sulla base di specifiche di prodotto (PCR) di riferimento che consentano la comparabilità delle informazioni tra prodotti della stessa categoria.

In edilizia le prestazioni di un prodotto, così come la loro ecologicità, non possono essere considerate solamente nella loro singolarità, ma devono essere valutate in rapporto con l'involucro edilizio. Da ciò consegue che nel settore edilizio il SCA dei prodotti più adatto a veicolare informazioni tecniche utili ed affidabili ai progettisti coincide con la terza tipologia in quanto in questo caso il prodotto, per ottenere il marchio ecologico, deve obbligatoriamente basarsi su specifiche regole distinte per categoria (inclusi i prodotti da costruzione), che sono in grado di valutare e confrontare l'impatto ambientale dei prodotti a seconda dell'applicazione prevista nell'edificio.

Ad ogni modo, le dichiarazioni ambientali di prodotto (DAP), o e*nvironmental product declaration* (EPD), e le regole per categoria di prodotto, o *product category rules* (PCR), esistenti ad oggi ed appartenenti al settore edilizio risultano ancora poche, anche se in continuo sviluppo, e non molto sfruttate dalle aziende produttrici (soprattutto italiane), non riuscendo così a creare una vera e propria concorrenza tra i prodotti da costruzione sulla base delle prestazioni ambientali[216].

[213] UNI EN ISO 14024/2001: Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure

[214] UNI EN ISO 14021/2016: Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II), cit.

[215] UNI EN ISO 14025/2010: Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure

[216] http://www.epditaly.com; http://www.environdec.com [ultima cons. 03-07-2017]

Inoltre le EPD forniscono informazioni relative all'intero ciclo di vita del prodotto; per poter individuare i prodotti da costruzione, e non, ecologici secondo i criteri di sostenibilità riguardanti principalmente l'utilizzo di materiali riciclati conviene allora considerare i certificati ambientali della prima tipologia.

L'elenco che segue descrive i marchi di certificazione dei prodotti di tipo I più comuni e interessanti nell'ambito del recupero (che in alcuni casi riguardano soltanto specifiche tipologie di materiale), tralasciando quelli basati su una metodologia "*multicriteria*" (come *Ecolabel*, *Creadle-to-Creadle*, *Der Blaue Engel*, *NaturePlus* e *Nordic Ecolabel*), facendo riferimento in particolar modo al contesto italiano e a quanto è stabilito per le verifiche del contenuto di riciclato dei componenti edilizi secondo i CAM del DM 11 gennaio 2017.

ReMade in Italy

ReMade in Italy è una certificazione ambientale di prodotto nata dall'omonima associazione senza scopo di lucro, fondata dalla regione Lombardia, Conai, Camera di Commercio di Milano e Amsa, ed operante in diversi settori tra cui l'edilizia e l'arredo.

La certificazione è stata sviluppata per permettere ad un'azienda di dichiarare il contenuto di materiale riciclato, espresso in percentuale, all'interno di un materiale, semilavorato o prodotto finito, di qualsiasi tipologia e appartenente a qualsiasi filiera. Ma per farlo richiede la predisposizione da parte dell'azienda di un piano di tracciabilità delle materie e dei flussi all'interno del processo produttivo, il controllo continuo dei fornitori, la classificazione delle materie in ingresso e la massima trasparenza nei confronti della documentazione rilevante e di ogni elemento che possa dimostrare la correttezza dei passaggi e la cura nel processo.

In esito al processo di certificazione, all'azienda richiedente viene rilasciata un'etichetta che riporta il dato conseguito sul contenuto di materiale riciclato, con assegnazione della relativa classe (da A+ a C). L'etichetta comunica anche gli altri impatti ambientali conseguenti al processo di riciclo, in termini di risparmio di emissioni climalteranti e di risparmio di energia rispetto alla produzione dello stesso bene con materie prime[217].

Plastica Seconda Vita

Il marchio Plastica Seconda Vita (PSV), è stato creato dall'Istituto per la promozione delle plastiche da riciclo (IPPR) per rendere maggiormente visibili e più facilmente identificabili i prodotti contenenti materie plastiche da riciclo.

La certificazione comprende diversi settori, tra cui l'edilizia nella produzione di isolanti, membrane, vespai, piastrelle, mattonelle e griglie, ma anche diversi componenti per l'arredo della casa, urbano, commerciale e per ufficio.

[217] http://www.remadeinitaly.it [ultima cons. 03-07-2017]

La certificazione, inoltre, distingue il marchio, e quindi il prodotto riciclato, in base alla provenienza della MPS, come per esempio:

- PSV da raccolta differenziata;
- PSV da scarto industriale;
- PSV mix eco.

Per ottenere il marchio, in questi tre casi, il contenuto minimo di riciclato è del 30%.

FSC Riciclato

Il marchio FSC[218] deriva da un sistema di certificazione creato dall'omonima associazione internazionale, non governativa e no-profit (*Forest stewardship council*), presente anche in Italia e nata con lo scopo di promuovere la gestione responsabile di foreste e piantagioni.

Esistono due tipologie di certificazione FSC: la certificazione di "gestione forestale", rivolta ai proprietari di foreste e piantagioni, e la certificazione di "catena di custodia", rivolta alle imprese di trasformazione, e di conseguenza anche a quelle produttrici dei prodotti da costruzione legnosi (legno, a base di legno e derivati del legno) e non legnosi (come il sughero).

La certificazione della catena di custodia (CoC) garantisce la sostenibilità delle materie prime, suddividendo il marchio in tre tipi di etichette standard:

- FSC 100%: contiene solo materiale proveniente da foreste certificate FSC;
- FSC Misto: contiene materiali certificati FSC (almeno per il 70%), "legno controllato" e/o materiali riciclati post-consumo;
- FSC Riciclato: contiene solo materiali riciclati.

Per ottenere l'etichetta "FSC Riciclato" il prodotto deve contenere almeno l'85% di materiale post-consumo, cioè di materiale non più utilizzabile.

Riciclato PEFC

Il sistema di certificazione forestale PEFC[219] (*Programme for the endorsement of forest certification*), si pone come alternativa a quelli esistenti, primo fra tutti il marchio FSC, ritenuto inadeguato soprattutto nel caso di proprietà forestali di piccole dimensioni.

La catena di custodia PEFC è un sistema di tracciabilità a livello aziendale utilizzato per tutte le fasi di lavorazione e distribuzione del legno che attesta che il sistema di registrazione del flusso del legno applicato dall'impresa soddisfa i requisiti stabiliti dallo schema di certificazione ed esige che nessun legname proveniente da fonti controverse possa entrare nella catena dei prodotti certificati.

[218] http://www.it.fsc.org [ultima cons. 04-07-2017]
[219] http://www.pefc.it [ultima cons. 04-07-2017]

Il sistema PEFC prevede due diversi tipi di etichette per i prodotti:

- Certificato PEFC: il prodotto è realizzato con materia prima da foreste gestite in maniera sostenibile e da fonti controllate;
- Riciclato PEFC: il prodotto è realizzato con materia prima riciclata e da fonti controllate

Più dettagliatamente, la seconda certificazione indica che il prodotto in legno contiene almeno il 70% di materia prima riciclata.

ICEA, Certificazione dei prodotti realizzati con materiali da riciclo

L'Istituto per la certificazione etica ed ambientale (ICEA)[220] è un consorzio che si occupa di controllare e certificare aziende che svolgono la propria attività seguendo le regole della sostenibilità ambientale e sociale.

Le certificazioni Icea nascono per coprire il settore dell'agricoltura biologica, ma col tempo si sono estese ad altri settori del bioecologico, ora suddivisi in *Food* (comparto agroalimentare biologico e acquacoltura biologica) e *No Food* (cosmesi e detergenza bio, tessile ecologico, arredamento ecologico, turismo sostenibile, materiali per la bioedilizia e gestione sostenibile degli spazi verdi).

Inoltre, riconoscendo la primaria importanza del riciclo dei materiali per la crescita di un modello di produzione e consumo sostenibile, ha successivamente sviluppato un altro particolare schema di certificazione: lo "Standard per la certificazione dei prodotti realizzati con materiali da riciclo", volto a ridurre il consumo di risorse (materie prime vergini, acqua ed energia), aumentare la qualità dei prodotti riciclati e minimizzare qualsiasi altro tipo di emissione pericoloso per l'ambiente e la salute dell'uomo.

Lo schema di certificazione di ICEA valuta l'intero ciclo di vita del prodotto, analizzando i flussi di materia ed energia al fine di determinare il contributo di ciascun prodotto in termini materie prime vergini risparmiate, riduzione dei consumi energetici e minimizzazione della produzione di rifiuti.

Il contenuto minimo di riciclato necessario per ottenere il marchio è del 50%, ma per alcuni materiali la percentuale richiesta è più alta.

[220] http://www.icea.info.it [ultima cons. 03-07-2017]

5.4.2 Certificazione ambientale degli edifici

Per accompagnare la progettazione sostenibile di un edificio è ormai diventata pratica diffusa far ricorso a protocolli di certificazione ambientale degli edifici, cioè veri e propri strumenti di supporto che, attraverso l'elenco di determinati requisiti e criteri da far soddisfare all'edificio, sono in grado di guidare progettisti e committenti nel fare le scelte migliori in termini di sostenibilità ambientale.

La certificazione ambientale degli edifici si basa su strumenti di valutazione *multicriteria*, comprendenti quindi sia gli aspetti macroambientali (in relazione al contesto territoriale, urbano, ambientale e climatico) e sia gli aspetti microambientali (in relazione ai materiali, alle tecnologie costruttive, alle prestazioni ambientali dei prodotti e alla qualità *indoor*) inerenti il sistema edilizio, definendo per ciascuno un punteggio di merito a seconda del grado di soddisfazione del requisito ambientale, verificato tramite specifici indicatori.

I protocolli nascono proprio con l'obiettivo di diffondere la cultura di edilizia sostenibile, garantire e valutare l'applicazione di strategie per la riduzione dell'impatto ambientale nel progetto e nella costruzione dell'edificio, affrontando per esempio il grande tema dell'efficienza energetica ma anche quello riguardante gli impatti derivanti dall'intero ciclo di vita dell'edificio.

In questo ambito, tra le tante aree di valutazione contenute all'interno dei diversi sistemi di certificazione a punteggio, si intende evidenziare soprattutto i criteri relativi al consumo e alla gestione dei materiali edilizi, focalizzando l'attenzione sul tema del recupero dei rifiuti e l'utilizzo di prodotti da costruzione riciclati.

A tal riguardo e considerando soprattutto il contesto di applicazione nazionale, si è scelto di illustrare le caratteristiche di tre protocolli: BREEAM, LEED Italia e ITACA. Attualmente, infatti, questi corrispondono ai SCA degli edifici più completi, più diffusi e per cui si riscontra un grande successo nel mercato.

BREEAM

BREEAM[221] (*Building research establishment's environmental assessment method*), sviluppato dal BRE nel Regno Unito, è uno dei metodi internazionali per la valutazione della sostenibilità più importante al mondo, utilizzato per progetti di *masterplanning*, infrastrutture ed edifici. Per quest'ultimi, inoltre, prevede tre diverse versioni del protocollo, chiamate *technical standards*, a seconda delle varie fasi del ciclo di vita dell'edificio:

[221] http://www.breeam.com [ultima cons. 05-07-2017]

- BREEAM *New Construction*: valuta la fase di progettazione e di costruzione dell'intero sistema edilizio per comprendere il livello di qualità che avrà, rispetto ai diversi parametri di prestazione ambientale;
- BREEAM *In-Use*: valuta la fase di utilizzo e gestione dell'edificio per incentivare ed aiutare proprietari ed utenti ad effettuare miglioramenti di tipo sostenibile;
- BREEAM *Refurbishment and Fit-out*: valuta la fase di ristrutturazione e manutenzione dell'organismo edilizio per minimizzare i danni ambientali prodotti durante l'intervento edilizio e per calcolare i miglioramenti delle prestazioni ambientali ottenuti.

Versioni che vengono poi ulteriormente differenziate in base alla località in cui è ubicato, o verrà ubicato, l'edificio (Regno Unito, Stati Uniti, Olanda, Spagna, Norvegia, Svezia, Germania, Austria o tutti gli altri Paesi) e alla relativa destinazione d'uso (residenziale, industriale, uffici, scuole, ospedali ed altro).

Attualmente il sistema di certificazione BREEAM si fonda su dieci categorie, ognuna riguardante un argomento specifico:

- *management* (Man): incoraggia un'efficace gestione di tutto il processo edilizio attraverso il coordinamento delle varie fasi per il raggiungimento degli stessi obiettivi di sostenibilità;
- *health and wellbeing* (Hea): incoraggia il miglioramento del comfort e la protezione della salute e della sicurezza degli utenti;
- *energy* (Ene): incoraggia l'uso sostenibile dell'energia negli edifici, una gestione efficiente e la ricerca di soluzioni volte al risparmio energetico;
- *transport* (Tra): incoraggia i progettisti a prevedere collegamenti e accessi comodi ai mezzi di trasporto sostenibili, come i mezzi pubblici e le piste ciclabili;
- *water* (Wat): incoraggia le operazioni volte a ridurre lo spreco dell'acqua potabile, sia all'interno che all'esterno dell'edificio, attraverso il controllo del consumo e l'utilizzo di attrezzature efficienti;
- *materials* (Mat): incoraggia le misure per ridurre l'impatto ambientale dei materiali da costruzione durante la progettazione, la costruzione, la manutenzione e la ristrutturazione, a partire dalla loro selezione;
- waste (Wst): incoraggia la gestione sostenibile dei rifiuti da costruzione e demolizione per evitare lo smaltimento in discarica e le misure progettuali per evitare l'inutile produzione durante la manutenzione dell'edificio;
- *land use and ecology* (LE): incoraggia l'uso sostenibile del suolo e la protezione degli ecosistemi per tutta la durata della vita utile del sistema edilizio;

- *pollution* (Pol): incoraggia la prevenzione e il controllo dell'inquinamento provocato dall'edificio, in termini di emissioni atmosferiche, inquinamento luminoso ed acustico ed altro;
- *innovation* (Inn): considera la possibilità di ottenere crediti extra per particolari prestazioni ed innovazioni dell'edificio non previste dal sistema di valutazione;

a cui vengono assegnati e ponderati un certo numero di criteri (Tabella 5.2[222]), che l'edificio deve cercare di soddisfare al fine di generare, dalla somma pesata di tali punteggi, un giudizio complessivo espresso in una scala di cinque valori:

- sufficiente;
- buono;
- molto buono;
- eccellente;
- eccezionale.

Lo schema BREEAM valuta l'edificio dopo la fase di progettazione, rilasciando un certificato provvisorio a seguito della verifica di tutta la documentazione da parte di un *assessor*; a costruzione ultimata, se il team di progetto avrà soddisfatto tutti i requisiti dei crediti assegnati, viene rilasciato il certificato BREEAM definitivo.

Dall'elenco delle aree di valutazione è evidente come il sistema di certificazione BREEAM sia molto attento alla questione dei materiali e dei rifiuti, incoraggiando committente e progettista ad un utilizzo efficiente delle risorse. Son presenti, infatti, diversi criteri finalizzati ad una buona gestione dei rifiuti da C&D (come Wst 01) e ad una valutazione completa del ciclo di vita dei prodotti da costruzione (come Mat 01 e Mat 05), per ridurre gli impatti ambientali derivanti da essi.

[222] I criteri elencati riguardano gli edifici di nuova costruzione aventi destinazione d'uso generica. Per gli edifici residenziali, per esempio, alcuni criteri non vengono considerati, *BREEAM International New Construction 2016. Non-domestic buildings. Technical manual SD233 0.0 (draft)*, BRE Global, 2015, http://www.breeam.com

Management	***Health and Wellbeing***
Man 01: Project brief and design **Man 02**: Life cycle cost and service life planning **Man 03**: Responsible construction practices **Man 04**: Commissioning and handover **Man 05**: Aftercare	**Hea 01**: Visual comfort **Hea 02**: Indoor air quality **Hea 03**: Safe containment in laboratories **Hea 04**: Thermal comfort **Hea 05**: Acoustic performance **Hea 06**: Accessibility **Hea 07**: Hazards **Hea 08**: Private space **Hea 09**: Water quality
Energy	***Transport***
Ene 01: Reduction of energy use and carbon emissions **Ene 02**: Energy monitoring **Ene 03**: External lighting **Ene 04**: Low carbon design **Ene 05**: Energy efficient cold storage **Ene 06**: Energy efficient transportation systems **Ene 07**: Energy efficient laboratory systems **Ene 08**: Energy efficient equipment **Ene 09**: Drying space	**Tra 01**: Public transport accessibility **Tra 02**: Proximity to amenities **Tra 03**: Alternative modes of transport **Tra 04**: Maximum car parking capacity **Tra 05**: Travel plan **Tra 06**: Home office
Water	***Materials***
Wat 01: Water consumption **Wat 02**: Water monitoring **Wat 03:** Water leak detection and prevention **Wat 04**: Water efficient equipment	**Mat 01**: Life cycle impacts **Mat 02**: Hard landscaping and boundary protection **Mat 03**: Responsible sourcing of construction products **Mat 04**: Insulation **Mat 05**: Designing for durability and resilience **Mat 06**: Material efficiency
Waste	***Land use and ecology***
Wst 01: Construction waste management **Wst 02**: Recycled aggregates **Wst 03**: Operational waste **Wst 04**: Speculative finishes **Wst 05**: Adaptation to climate change **Wst 06**: Functional adaptability	**LE 01:** Site selection **LE 02**: Ecological value of site and protection of ecological features **LE 03**: Minimising impact on existing site ecology **LE 04**: Enhancing site ecology **LE 05**: Long term impact on biodiversity
Pollution	***Innovation***
Pol 01: Impact of refrigerants **Pol 02**: NOx emissions **Pol 03**: Surface water run-off **Pol 04**: Reduction of night time light pollution **Pol 05**: Reduction of noise pollution	**Inn 01**: Innovation

Tabella 5.2: Elenco dei criteri per ogni categoria di valutazione secondo lo schema BREEAM International New Construction 2016 (Fonte: BREEAM *International*, cit.)

Il concetto di recupero dei materiali è presente principalmente nel criterio riguardante l'utilizzo di aggregati riciclati (Wst 02), ma anche nel Wst 06, introdotto di recente per colmare la lacuna del sistema che, qualche anno fa, non considerava il vantaggio di riutilizzare parti strutturali di edificio preesistente nel caso di ristrutturazioni. Altri concetti di sostenibilità riferiti ai materiali da costruzione sono poi contenuti nei termini durabilità ed efficienza, ma anche nell'unico criterio denominato "innovazione", che lascia particolare libertà ai progettisti di adottare eventuali altre soluzioni sostenibili, non previste nello schema standard.

LEED

Il LEED[223] (*Leadership in energy and environmental design*), sviluppato dall'organizzazione *US Green building council* (USBC) negli Stati Uniti, è un sistema di valutazione delle prestazioni energetiche e ambientali degli edifici mirato a promuovere la diffusione di progetti sostenibili.

Il sistema di certificazione propone un modello per ogni tipo di edificio, considerando i diversi aspetti che lo possono caratterizzare; esiste allora:

- LEED *building design and construction* (BD + C): si applica a edifici di nuova costruzione o che subiscono una ristrutturazione importante;
- LEED *interior design and construction* (ID + C): si applica a progetti di allestimento interno;
- LEED *building operations and maintenance* (BO + M): si applica a edifici esistenti sottoposti ad interventi di manutenzione o di ristrutturazione semplice;
- LEED *neighborhood development* (ND): si applica a progetti di sviluppo del territorio o di riqualificazione;
- LEED *homes design and construction*: si applica a case unifamiliari o piccole plurifamiliari.

Inoltre lo schema di valutazione suddivide il proprio sistema di punteggio in base alla tipologia edilizia e nel primo caso, per esempio, include: *new construction*, *core & shell*, *schools*, *retail*, *hospitality*, *data centers*, *warehouses & distribution centers*, and *healthcare*, ma anche i due gruppi appartenenti all'ultima opzione: *homes and multifamily lowrise* e *multifamily midrise*.

Anche la certificazione LEED si basa sull'attribuzione di crediti per ciascuno dei requisiti caratterizzanti la sostenibilità dell'edificio, dalla cui somma si ottiene uno dei quattro livelli di certificazione:

- *certified*;
- *silver*;
- *gold*;
- *platinum*.

Dal 2010, derivata dalle attività dell'associazione GBC Italia, si era aggiunta anche una specifica versione per il mercato italiano, LEED 2009 Italia NC (Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni), la trasposizione italiana della certificazione LEED BD + C V4: *New Construction*. Ma dal 31 ottobre 2016 non è più possibile registrare progetti con questo

[223] http://www.usgbc.org [ultima cons. 06-07-2017]

sistema di certificazione ed è stato perciò necessario tornare ad utilizzare la versione originale americana (di recente tradotta in italiano)[224].

La struttura LEED comprende nove aree tematiche, che sono:

- processo integrato (IP);
- localizzazione e trasporti (LT);
- sostenibilità del sito (SS);
- gestione efficiente delle acque (WE);
- energia e atmosfera (EA);
- materiali e risorse (MR);
- qualità ambientale interna (EQ);
- innovazione (IN);
- priorità regionale (RP).

Le prime cinque, molto simili alle aree di valutazione del BREEAM, sono quindi suddivise da un certo numero di prerequisiti obbligatori da raggiungere e di criteri da soddisfare, fino a poter totalizzare al massimo 100 punti, mentre alle ultime due corrispondono dei crediti supplementari per arrivare ad ottenere altri 10 punti (Tabella 5.3[225]). In particolare l'area di valutazione "innovazione" ha come obiettivo l'identificazione degli aspetti progettuali che si distinguono per le caratteristiche di innovazione e di applicazione delle pratiche di sostenibilità nella realizzazione di edifici e, invece, la categoria "priorità regionale" si propone di incentivare i gruppi di progettazione a focalizzare l'attenzione su caratteristiche ambientali del tutto uniche e peculiari della località in cui è situato il progetto.

Il concetto di recupero dei materiali di scarto in edilizia è interamente considerato nella categoria "materiali e risorse". Questa sezione contiene, infatti, una serie di prerequisiti e criteri volti a ridurre gli impatti ambientali derivanti dai materiali e prodotti integrati nell'involucro edilizio, prendendo in considerazione il loro intero ciclo di vita[226].

I primi due prerequisiti obbligatori, in particolar modo, impongono a progettista ed utenti di adottare misure per ridurre le quantità di rifiuti da smaltire in discarica, da quelli generati dagli occupanti durante l'utilizzo dell'edificio a quelli da C&D prodotti in seguito alle demolizioni. Per quest'ultimi si richiede di sviluppare e implementare un piano di gestione dei rifiuti da cantiere, stabilendo le strategie e gli obiettivi di raccolta differenziata, la quale deve prevedere il recupero per almeno cinque tipologie di materiali diversi (sia strutturali che non strutturali).

[224] http://www.2016.gbcitalia.org [ultima cons. 06-07-2017]

[225] I criteri elencati riguardano gli edifici di nuova costruzione aventi destinazione d'uso generica, *LEED v4 for Building Design and Construction (Trad. italiana – Agg. 08 novembre 2016),* http://www.2016.gbcitalia.org

[226] *Ibid*, pp. 80-98

Processo integrato	***Localizzazione e trasporti***
Cred. IP: Processo integrato	**Cred. LT**: Localizzazione in aree certificate LEED ND **Cred. LT:** Salvaguardia delle aree sensibili **Cred. LT**: Siti ad alta priorità **Cred. LT**: Densità circostante e diversificazione dei servizi **Cred. LT**: Accessibilità a servizi di trasporto efficienti **Cred. LT**: Infrastrutture ciclabili **Cred. LT**: Riduzione dell'estensione dei parcheggi **Cred. LT**: Veicoli green
Sostenibilità del sito	***Gestione efficiente delle acque***
Prereq. SS: Prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere **Cred. SS**: Valutazione del sito **Cred. SS**: Sviluppo del sito - Protezione e ripristino degli habitat **Cred. SS**: Spazi aperti **Cred. SS**: Gestione delle acque meteoriche **Cred. SS**: Riduzione dell'effetto isola di calore **Cred. SS**: Riduzione dell'inquinamento luminoso	**Prereq. WE**: Riduzione dei consumi di acqua per usi esterni **Prereq. WE**: Riduzione dei consumi di acqua per usi interni **Prereq. WE**: Contabilizzazione dei consumi idrici a livello di edificio **Cred. WE**: Riduzione dei consumi di acqua per usi esterni **Cred. WE**: Riduzione dei consumi di acqua per usi interni **Cred. WE**: Utilizzo dell'acqua delle torri di raffreddamento **Cred. WE**: Contabilizzazione dei consumi idrici
Energia e atmosfera	***Materiali e risorse***
Prereq. EA: Commissioning e verifiche di base **Prereq. EA**: Prestazioni energetiche minime **Prereq. EA**: Contabilizzazione dei consumi energetici a livello di edificio **Prereq. EA**: Gestione di base dei fluidi refrigeranti **Cred. EA**: Commissioning avanzato **Cred. EA**: Ottimizzazione delle prestazioni energetiche **Cred. EA**: Sistemi avanzati di contabilizzazione dei consumi energetici **Cred. EA**: Programmi di gestione energetica Demand Response **Cred. EA**: Produzione energetica da fonti rinnovabili **Cred. EA**: Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti **Cred. EA**: Energia verde e compensazione delle emissioni	**Prereq. MR**: Stoccaggio e raccolta dei materiali riciclabili **Prereq. MR**: Pianificazione della gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione **Cred. MR**: Riduzione dell'impatto del ciclo di vita dell'edificio **Cred. MR**: Dichiarazione e ottimizzazione dei prodotti da costruzione - Dichiarazione EPD **Cred. MR**: Dichiarazione e ottimizzazione dei prodotti da costruzione - Provenienza delle materie prime **Cred. MR**: Dichiarazione e ottimizzazione dei prodotti da costruzione - Componenti **Cred. MR**: Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione
Qualità ambientale interna	***Innovazione***
Prereq. EQ: Requisiti minimi per la qualità dell'aria interna **Prereq. EQ**: Gestione ambientale del fumo di tabacco **Cred. EQ**: Strategie avanzate per la qualità dell'aria interna **Cred. EQ**: Materiali basso emissivi **Cred. EQ**: Piano di gestione della qualità dell'aria interna in fase di costruzione **Cred. EQ**: Verifica della qualità dell'aria interna **Cred. EQ**: Comfort termico **Cred. EQ**: Illuminazione interna **Cred. EQ**: Luce naturale **Cred. EQ**: Viste di qualità **Cred. EQ**: Prestazioni acustiche	**Cred. IN:** Innovazione **Cred. IN**: Professionista accreditato LEED
	Priorità regionali
	Cred. RP: Priorità regionale - Specificare credito **Cred. RP**: Priorità regionale - Specificare credito **Cred. RP**: Priorità regionale - Specificare credito **Cred. RP**: Priorità regionale - Specificare credito

Tabella 5.3: Elenco dei criteri per ogni categoria di valutazione secondo lo schema LEED v4BD + C: *New Construction* (Fonte: LEED v4, cit.)

Ulteriori crediti sono poi previsti se, una volta calcolata la quantità di rifiuti che si riesce a deviare dall'invio in discarica e inceneritore (calcoli effettuati in base al peso o al volume dei rifiuti) provvedendo quindi attraverso operazioni di riutilizzo e riciclaggio, si riesce ad

ottenere una percentuale superiore al 50% del totale dei rifiuti non pericolosi generati oppure maggiore di 12,2 kg per metro quadro di superficie dell'edificio (Cred. MR: Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione).

Gli altri criteri, invece, promuovono la riduzione degli effetti ambientali già dalle fasi iniziali decisionali del progetto, anche tramite un'attenta analisi del ciclo di vita di materiali, componenti e prodotti da costruzione o dell'intero organismo edilizio.

Il primo criterio di quest'area tematica, per esempio, intende incentivare il riuso di edifici preesistenti, o di parte di essi come lo scheletro strutturale, l'involucro e gli elementi interni installati permanentemente.

Gli altri tre criteri, infine, riguardano la scelta dei prodotti da costruzione e vogliono promuovere quelli per i quali siano disponibili informazioni sul ciclo di vita e che abbiano impatti ambientali, economici e sociali minori. Secondo il sistema sono, quindi, da preferire i prodotti dotati di una dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) o certificati da terze parti.

La certificazione prevede controlli durante la progettazione, la costruzione e la gestione dell'edificio, finalizzati ad esaminare le strategie di sostenibilità adottate.

ITACA

Il Protocollo ITACA[227] (Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale) nasce dall'omonima associazione nell'ambito del gruppo di lavoro interregionale per l'edilizia sostenibile, istituito nel dicembre 2001 con il supporto tecnico di iiSBE Italia (*International initiative for a sustainable built environment* Italia) e ITC-CNR, come strumento valido delle regioni per supportare politiche territoriali di promozione della sostenibilità ambientale nel settore delle costruzioni.

Il Protocollo è derivato dal modello di valutazione internazionale SBTool, sviluppato nell'ambito del processo di ricerca *Green building challenge*, e contestualizzato al territorio italiano in relazione alla normativa di riferimento ed ai propri caratteri ambientali. Può essere utilizzato sia nel contesto privato che in quello pubblico, e quindi essere adottato attraverso leggi regionali, regolamenti edilizi, gare d'appalto, piani urbanistici ed altro.

Esistono diversi *framework* dello schema di certificazione, differenziati a seconda della destinazione d'uso dell'edificio da valutare:

- edifici residenziali: si applica a singoli edifici residenziali di nuova costruzione, oppure oggetto di ristrutturazione importante, e all'area esterna di pertinenza;

[227] http://www.itaca.org [ultima cons. 06-07-2017]

- edifici non residenziali: si applica a singoli edifici non residenziali (scolastici, industriali, commerciali, uffici e strutture ricettive) di nuova costruzione, oppure oggetto di ristrutturazione importante e all'area esterna di pertinenza;

ed anche altre versioni dedicate a specifiche regioni, tra cui Marche, Puglia, Umbria, Piemonte, Valle d'Aosta, Friuli Venezia Giulia, Lazio e Basilicata.

Il metodo si basa su un'analisi prestazionale *multicriteria* da cui si valuta il grado di rispondenza delle prestazioni dell'edificio a vari requisiti e da cui si ottiene, attraverso un sistema a punteggi, un livello di valutazione finale.

Il sistema è strutturato secondo tre livelli gerarchici (Tabella 5.4[228]):

- area;
- categoria;
- criterio.

dove le aree rappresentano macrotemi che si ritengono significativi ai fini della valutazione della sostenibilità ambientale di un edificio, quali:

- qualità del sito (area A);
- consumo di risorse (area B);
- carichi ambientali (area C);
- qualità ambientale indoor (area D);
- qualità del servizio (area E).

I punteggi rappresentano la normalizzazione del valore dell'indicatore di prestazione, consentono cioè di confrontare la prestazione tra i criteri di valutazione dell'edificio, e sono rappresentati dai seguenti valori[229]:

-1: prestazione inferiore allo standard e alla pratica costruttiva corrente;

0: prestazione minima accettabile definita da leggi e regolamenti vigenti, rappresenta la pratica costruttiva corrente;

1: lieve miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica costruttiva corrente;

2: moderato miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica costruttiva corrente;

[228] I criteri elencati comprendono sia quelli residenziali che quelli non residenziali. In funzione dalla tipologia d'intervento, del contesto e della destinazione d'uso dell'edificio, poi, alcuni di questi vengono disattivati ed esclusi dalla valutazione globale, UNI/Pdr 13.1:2015: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità. Edifici residenziali; *Protocollo ITACA Nazionale 2015. Non residenziale (versione 12/11/2015)*, http://www.itaca.org

[229] http://www.proitaca.org [ultima cons. 07-07-2017]

3: significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica comune, rappresenta la migliore pratica costruttiva corrente;

4: moderato incremento della migliore pratica costruttiva corrente;

5: prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla migliore pratica costruttiva corrente, di carattere sperimentale.

Per i criteri di tipo qualitativo il punteggio normalizzato assume solo valori discreti nell'intervallo di normalizzazione, ciascuno corrispondente ad un particolare scenario definito dal corrispondente indicatore (-1: negativo, 0: sufficiente, 3: buono, 5: ottimo).

La metodologia di valutazione del Protocollo ITACA avviene nel seguente modo[230]: i punteggi vengono assegnati a ciascun criterio e opportunamente pesati (a seconda del grado d'importanza che viene attribuito al criterio rispetto all'intero strumento di valutazione) ottenendo così un voto pesato del criterio, dalla somma dei voti pesati dei criteri si ottiene il voto pesato di ciascuna categoria e dalla somma dei voti pesati delle categorie si ottiene il voto pesato dell'area di valutazione.

Successivamente si ricava un punteggio relativo alla "qualità dell'edificio", ottenuto dall'aggregazione delle aree B, C, D, E e della categoria A.3, e uno relativo alla "qualità della localizzazione" che prescinde dalle scelte progettuali, corrispondente al punteggio della categoria A.1.

I due punteggi vengono quindi aggregati a loro volta così da produrre il punteggio finale indicativo della performance globale dell'edificio che, in base al caso in esame, decreta il livello di sostenibilità ambientale dell'edificio.

Il Protocollo ITACA individua gli obiettivi di riduzione del consumo delle materie prime e della produzione dei rifiuti nella categoria "materiali ecocompatibili" (B.4), appartenenti all'area denominata "consumo di risorse", e nella categoria "rifiuti solidi" (C.3) dell'area "carichi ambientali".

A differenza degli altri sistemi di certificazione, però, non esiste una sezione dedicata direttamente alla gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (nel caso di demolizioni e ristrutturazioni), da esaminare per esempio attraverso la richiesta di strumenti come il PGRC o un piano per la raccolta differenziata in cantiere. È presente solamente il criterio "riuso delle terre" (C.3.3) che prevede, qualora siano previsti degli scavi, il calcolo dell'indicatore di prestazione mediante il rapporto tra il volume totale delle terre di risulta riutilizzate in sito e il volume totale degli scavi in progetto o effettuati.

[230] UNI/Pdr 13.0:2015: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità. Inquadramento generale e principi metodologici, http://www.itaca.org

Qualità del sito	
A.1: Selezione del sito	**A.1.5**: Riutilizzo del territorio **A.1.6**: Accessibilità al trasporto pubblico **A.1.8**: Mix funzionale dell'area **A.1.10**: Adiacenza a infrastrutture **A.1.12**: Dispersione dell'insediamento
A.3: Progettazione dell'area	**A.3.3**: Aree esterne di uso comune attrezzate **A.3.4**: Supporto all'uso di biciclette **A.3.7**: Uso di specie arboree locali **A.3.10**: Incidenza sul contesto urbanizzato
Consumo di risorse	
B.1: Energia primaria richiesta durante il ciclo di vita	**B.1.2**: Energia primaria non rinnovabile **B.1.3**: Energia primaria totale
B.3: Energia da fonti rinnovabili	**B.3.2**: Energia rinnovabile per usi termici **B.3.3**: Energia prodotta nel sito per usi elettrici
B.4: Materiali eco-compatibili	**B.4.1**: Riutilizzo delle strutture esistenti **B.4.6**: Materiali riciclati/recuperati **B.4.7**: Materiali da fonti rinnovabili **B.4.8**: Materiali locali **B.4.10**: Materiali riciclabili o smontabili **B.4.11**: Materiali certificati
B.5: Acqua potabile	**B.5.1**: Acqua potabile per irrigazione **B.5.2**: Acqua potabile per usi indoor
B.6: Prestazioni dell'involucro	**B.6.1**: Energia termica utile per il riscaldamento **B.6.2**: Energia termica utile per il raffrescamento **B.6.3**: Coefficiente medio globale di scambio termico **B.6.4**: Controllo della radiazione solare
Carichi ambientali	
C.1: Emissione di CO_2 equivalente	**C.1.2**: Emissioni previste in fase operativa
C.3: Rifiuti solidi	**C.3.2**: Rifiuti prodotti in fase operativa **C.3.3**: Riuso delle terre
C.4: Acque reflue	**C.4.1**: Acque grigie inviate in fognatura **C.4.3**: Permeabilità del suolo
C.6: Impatto sull'ambiente circostante	**C.6.8**: Effetto isola di calore
Qualità ambientale indoor	
D.2: Ventilazione	**D.2.5**: Ventilazione e qualità dell'aria **D.2.6**: Radon
D.3: Benessere termoigrometrico	**D.3.1**: Comfort termico estivo in ambienti climatizzati **D.3.2**: Temperatura operativa nel periodo estivo **D.3.3**: Comfort termico invernale in ambienti climatizzati
D.4: Benessere visivo	**D.4.1**: Illuminazione naturale
D.5: Benessere acustico	**D.5.6**: Qualità acustica dell'edificio
D.6: Inquinamento elettromagnetico	**D.6.1**: Campi magnetici a frequenza industriale (50 Hertz)
Qualità del servizio	
E.2: Funzionalità ed efficienza	**E.2.1**: Dotazione dei servizi
E.3: Controllabilità degli impianti	**E.3.5**: B.A.C.S. **E.3.6**: Impianti domotici
E.6: Mantenimento delle prestazioni in fase operativa	**E.6.5**: Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici
E.7: Aspetti sociali	**E.7.1**: Design for all

Tabella 5.4: Elenco dei criteri per ogni categoria ed area di valutazione secondo il Protocollo ITACA (Fonte: UNI/Pdr 13.1:2015 e *Protocollo ITACA Nazionale 2015*, cit.)

Vengono ampliamente considerate, invece, le strategie di utilizzo di MPS e prodotti di recupero nei progetti di nuova costruzione e ristrutturazione, a partire dalla decisione di riutilizzare intere parti di strutture esistenti fino alla scelta dell'impiego di materiali riciclati, ma anche riciclabili (come richiesto dalla terza macrostrategia), nell'involucro edilizio.

Anche in questo caso, attraverso rapporti tra volumi e/o superfici in questione, si riescono ad ottenere indicatori di prestazione espressi in percentuale che, una volta pesati, restituiscono il punteggio del criterio esaminato. Ad eccezione del requisito "materiali certificati" dove si richiede di individuare il numero dei prodotti edilizi dotati di certificazione ambientale di prodotto (di tipo I o III).

Capitolo VI

Caso studio: Villa Berta a Camin di Padova

6.1 Introduzione

L'edificio scelto per l'applicazione del caso studio è Villa Berta a Camin di Padova, struttura di un certo interesse storico ed architettonico, attualmente di proprietà comunale ma sostanzialmente inutilizzata.

Come fase iniziale del caso studio è stato anzitutto necessario sviluppare un progetto architettonico nel quale prevedere sia la demolizione di alcune porzioni di edificio preesistente che la costruzione di nuovi volumi, così da poter applicare completamente le strategie di recupero dei rifiuti e utilizzo delle MPS espresse finora. Il progetto proposto suggerisce anche di effettuare semplici interventi di migliorie all'interno e all'esterno della villa, con l'inserimento o l'eliminazione di alcune componenti utili per la nuova funzione che si vuole assegnare alla villa.

La nuova destinazione d'uso scelta, infatti, è un centro diurno per persone con disabilità, all'interno del quale organizzare laboratori professionalizzanti, artistico-espressivi ed altre attività di gruppo, compresa l'attività motoria e ambulatoriale.

Sarà indispensabile, perciò, progettare nuovi spazi collettivi, come mensa e palestra, nonché migliorare quelli già esistenti, ma anche prevedere idonei ambienti per il personale, le funzioni amministrative e i servizi.

6.1.1 Localizzazione del fabbricato

Villa Berta è situata a Camin, frazione all'interno del Quartiere 3 Est del comune di Padova (codice Istat: 029060).

Il fabbricato si trova in un punto intermedio tra la zona industriale e la zona residenziale, all'interno di un lotto di circa 2350 mq situato lungo la strada principale (via Vigonovese) e all'intersezione con via Trentino.

Villa Berta è, perciò, affiancata a sud e ad est dalla strada, mentre a nord confina con alcune abitazioni e ad ovest con un parco pubblico attrezzato.

Dall'analisi degli strumenti urbanistici (PATI, PAT e PI) si è potuto semplicemente verificare che la villa non è soggetta ad alcun vincolo e che nel piano degli interventi viene rappresentata come una struttura adibita a servizio civico di interesse comunale.

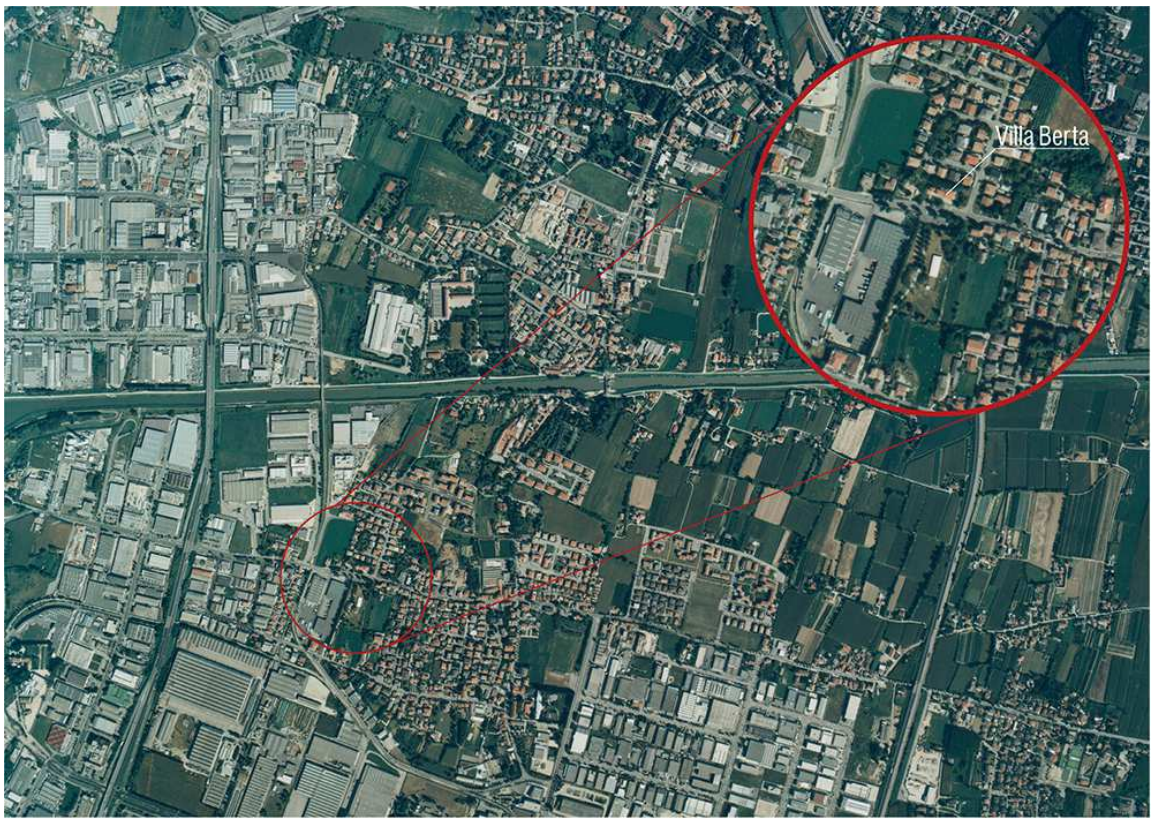


Figura 6.1: Fotogramma aereo del 2001, scala 1: 25.000 (Fonte: Geoportale della regione Veneto)

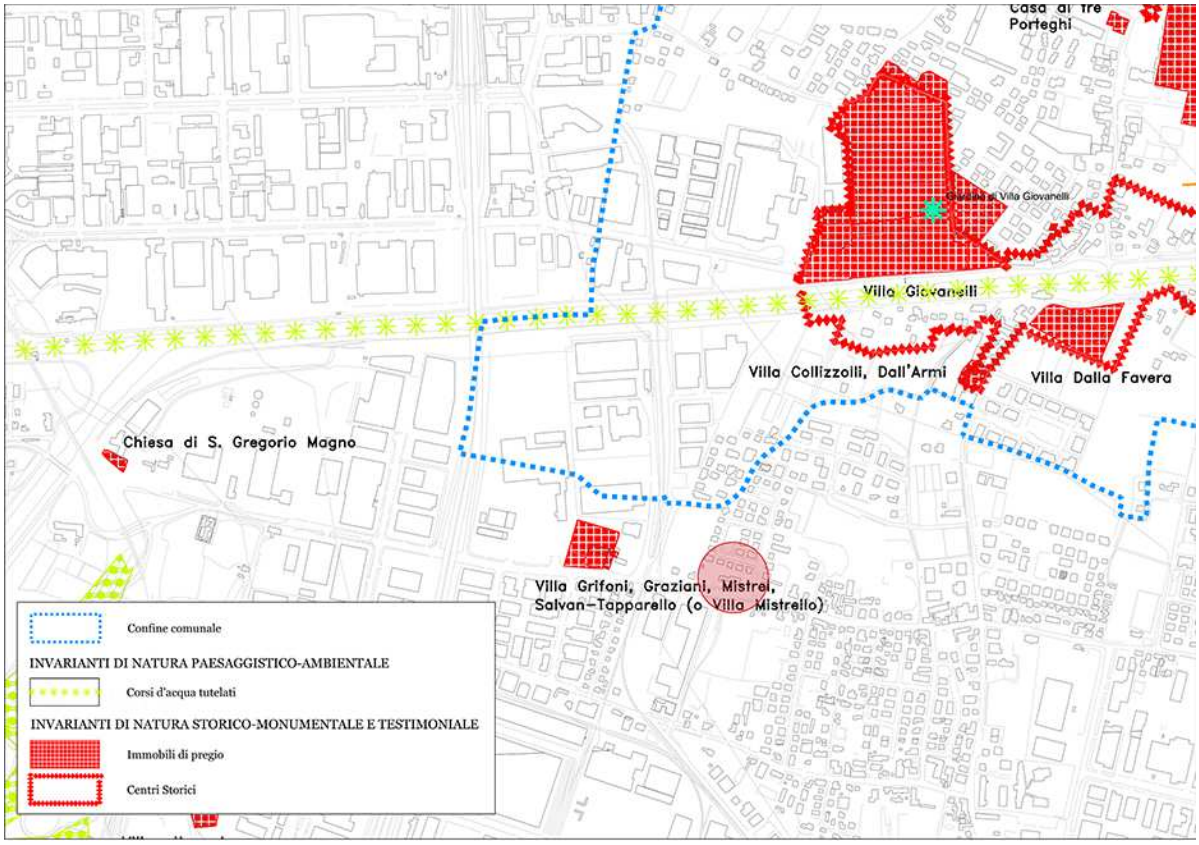


Figura 6.2: Carta delle invarianti, PATI della città metropolitana (luglio 2011), scala 1: 20.000 (Fonte: http://www.pianionline.it)

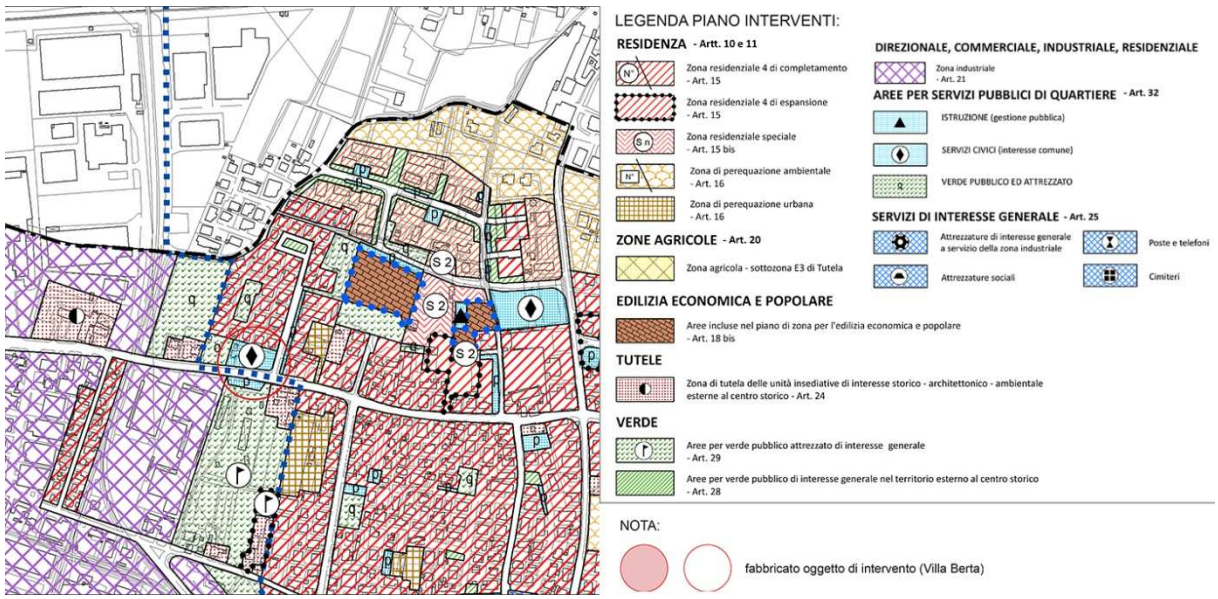


Figura 6.3: Piano degli interventi di Padova (ottobre 2015), scala 1:10.000 (Fonte: http://www.pianionline.it)

6.1.2 Analisi storica del fabbricato

Dall'analisi storica del fabbricato è emerso che l'area su cui si trova Villa Berta manifesta sin dal Catasto Napoleonico la presenza di fabbricati che insistono su di essa. A quest'epoca la zona di interesse risulta suddivisa in più mappali sottoposti ad un'unica proprietà, alla quale appartengono aree edificate e di pertinenza. Nel Catasto Austriaco (1852) si ha una ridefinizione dei lotti che, stando ai registri di partita, appartengono ora a due proprietari distinti. Rispetto alla situazione precedente si osserva il frazionamento degli ex mapp. 290 e 292 che danno luogo rispettivamente ai mapp. 290 e 1450, e alla modifica dei mapp. 292 e 293.

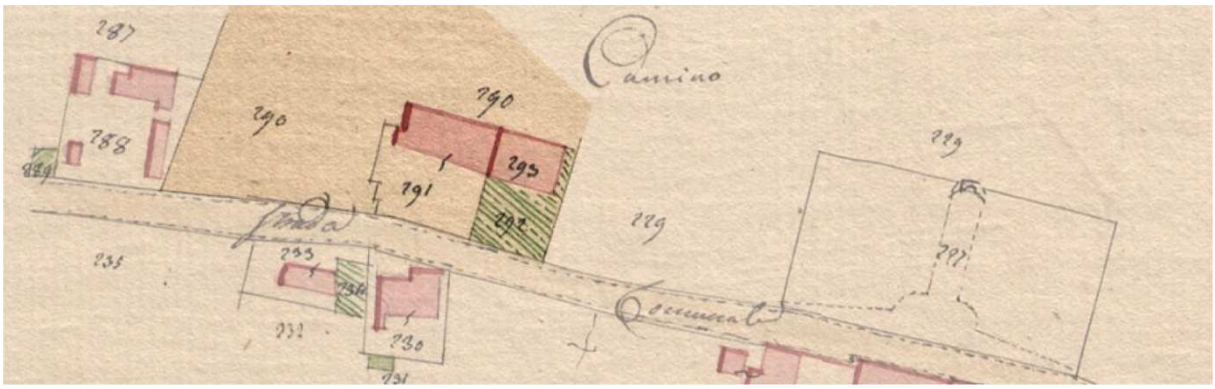


Figura 6.4: Estratto del catasto napoleonico, 1811 (Fonte: Archivio di Padova)

Figura 6.5: Estratto del catasto austriaco, 1852 (Fonte: Archivio di Padova)

Nei primi anni del Novecento il proprietario di Villa Berta risulta essere Fausto Pajola Bolzetta. È del 1914 una lettera scritta di suo pugno nel quale si richiede il nulla osta alla Commissione d'Ornato per l'esecuzione delle opere di ristrutturazione che porteranno l'edificio ad assumere la forma attuale.

L'aspetto della villa, infatti, è cambiato molto nel corso dei decenni e dal raffronto dei due prospetti conservati in Archivio comunale si può notare come inizialmente il corpo principale avesse una copertura piana e fosse dotato, al lato ovest, di una barchessa ad arcate.

L'intervento di ristrutturazione ha comportato la demolizione di quest'ultima per la costruzione di un corpo di fabbrica in mattoni con la colombaia sommitale, l'aggiunta di decorazioni e il rifacimento della copertura che da piana diventa a falde.

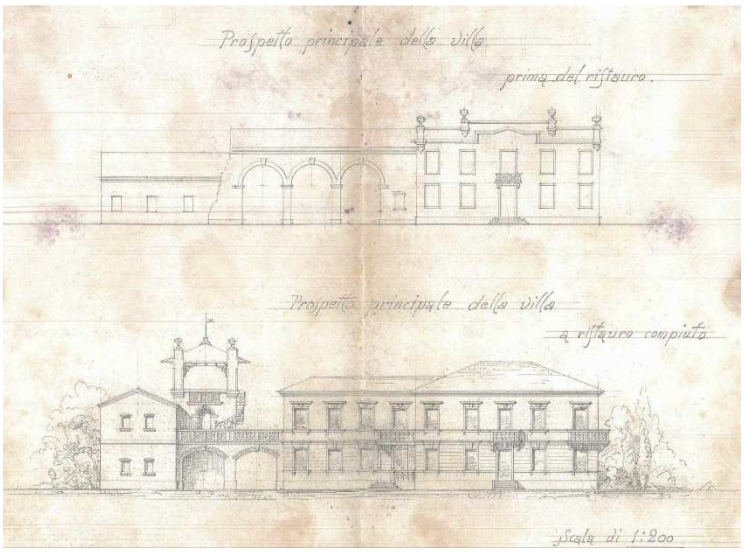


Figura 6.6: Prospetti sud di Villa Berta prima e dopo il restauro del 1914 (Fonte: Archivio di Padova)

Tra il 1942 e il 1962 la proprietà di Villa Berta passa all'Ospedale Civile e negli anni immediatamente successivi l'edificio viene interessato da cospicui interventi di ristrutturazione e consolidamento statico resisi necessari a causa di un ulteriore cambio di destinazione d'uso dell'immobile che viene destinato a scuola media. In questo periodo viene anche aggiunta la porzione di edificio a tetto piano posta sul lato sud della villa, per la creazione di nuovi locali da adibire a servizi igienici.

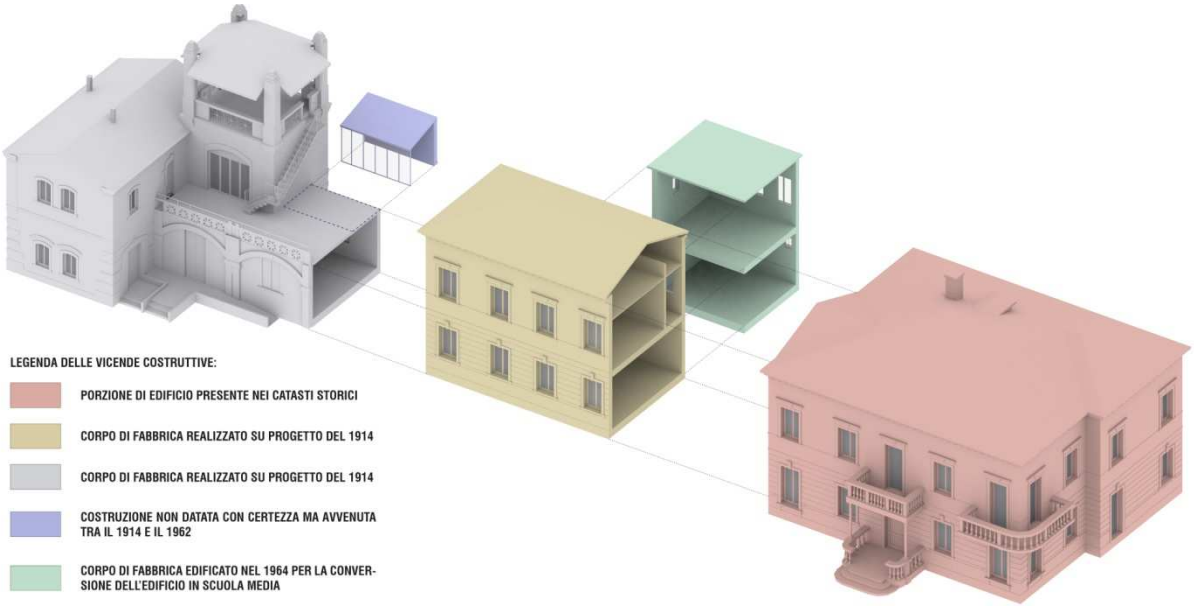


Figura 6.7: Evoluzione storica e costruttiva di Villa Berta

6.1.3 Stato di fatto del fabbricato

Villa Berta è un edificio a due piani, più un terzo livello rappresentato dalla colombaia, con una superficie coperta di circa 430 mq ed una superficie utile complessiva (con esclusione della terrazza e della tettoia esterna) di poco più di 700 mq.

L'edificio è visivamente diviso in due a causa delle diverse tipologie di rivestimento utilizzate per le facciate: la parte più antica è intonacata e la porzione con la colombaia è in mattoni faccia a vista. La muratura portante perimetrale è fatta di mattoni pieni e malta di calce, il tetto è il legno mentre i primi orizzontamenti sono composti da tre diverse tipologie di solai (solaio misto in acciaio, legno e calcestruzzo, solaio in legno e solaio in latero-cemento).

L'edificio si trova in buone condizioni, anche grazie ai recenti interventi di manutenzione straordinaria che hanno interessato le fondazioni e i solai per il rinforzo strutturale di alcuni elementi, ma anche i pacchetti murari, per risolvere il problema di risalita dell'umidità.

È negli anni precedenti, invece, che risale la realizzazione dei tamponamenti in laterizio delle arcate situate sia sul lato nord che sud della porzione con i mattoni faccia a vista; arcate che

sicuramente negli anni Cinquanta (quando la villa aveva la funzione di ospedale civile) erano ancora vetrate.

Figura 6.8: Porzione di prospetto sud di Villa Berta

Figure 6.9, 6.10, 6.11: Porzioni di prospetto sud di Villa Berta

Figura 6.12: Porzione di prospetto nord di Villa Berta

6.1.4 Proposta progettuale

La proposta progettuale consiste essenzialmente nell'eliminazione di alcune parti del complesso edilizio non coerenti con l'architettura della villa e nell'inserimento di tre nuovi volumi: la mensa, la palestra e il portico.

Il volume della mensa è stato ottenuto per traslazione, perseguendo in questa maniera un'alternanza di ambienti coperti e spazio aperto. In questo modo è stato possibile ricavare un'area scoperta tra i due corpi, quello esistente e quello di progetto, che funge da corte e può essere sfruttata anche per attività collettive all'aperto (Figura 6.14). I volumi di progetto che ospitano la palestra e i relativi ambienti di servizio sono stati invece progettati richiamando le forme dei balconi della villa, ottenendo così un prolungamento del corpo longitudinale della villa con una nuova struttura ad angoli smussati.

Il terzo volume, infine, ha il compito di collegare i nuovi ambienti e creare, insieme al corridoio interno, i nuovi assi principali. Per far questo sono state riaperte le grandi arcate ed utilizzate come nuovi ingressi.

Per non appesantire ulteriormente il complesso edilizio preesistente e rispettare i valori architettonici e storici della villa, si è scelto di non addossare direttamente le nuove volumetrie alla vecchia struttura, di non superare i 3,5 metri di altezza e di utilizzare sistemi costruttivi "leggeri". I materiali principali pensati per le nuove strutture, infatti, sono acciaio e vetro; le pareti trasparenti sono poi parzialmente schermate da brise-soleil, orizzontali nel caso della mensa e del portico e verticali per quanto riguarda la palestra.

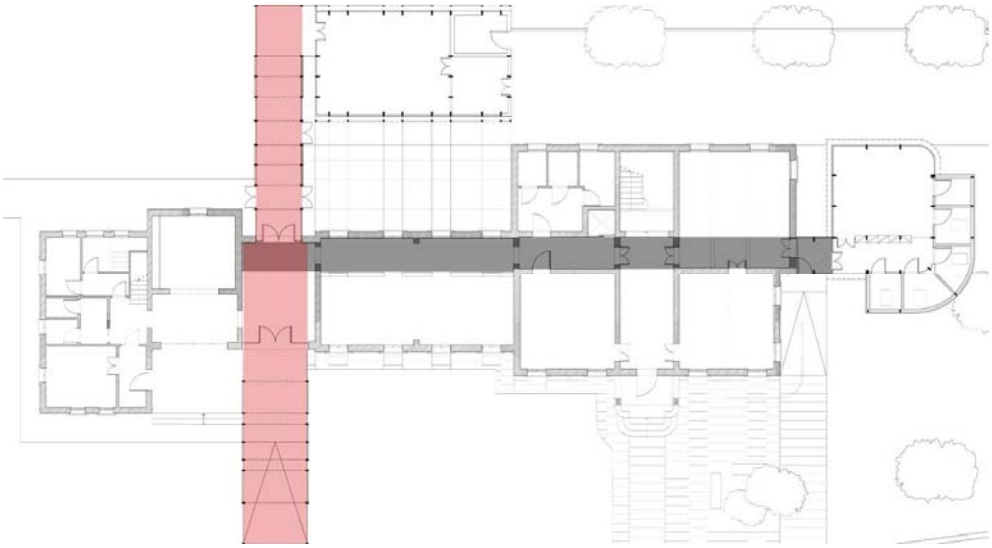


Figura 6.13: Concept di progetto, assi principali

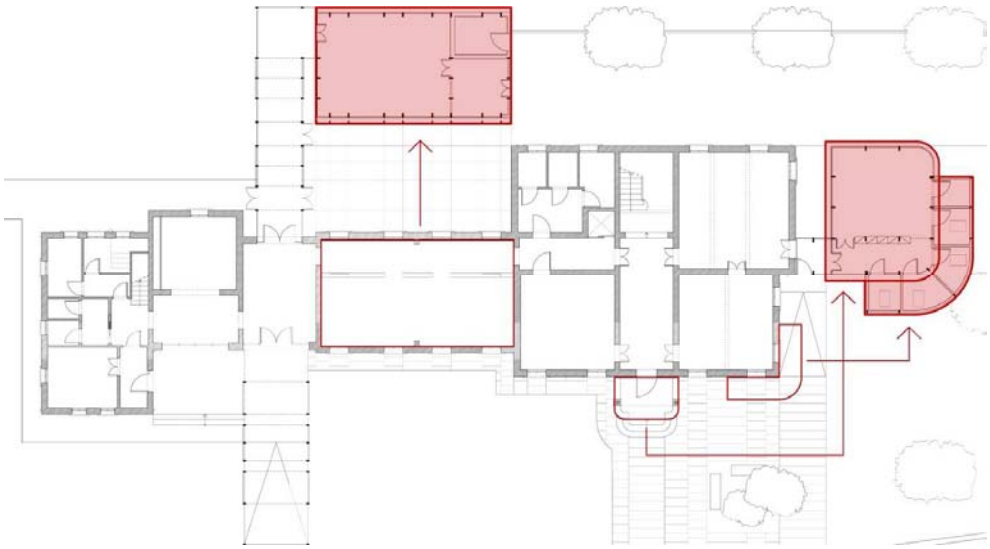


Figura 6.14: Concept di progetto, nuova volumetria

Figura 6.15: Vista esterna sud-ovest

Figura 6.16: Vista esterna nord-est

6.2 Applicazione al caso studio

Il caso studio è sostanzialmente suddiviso in due parti: una riguardante le opere di demolizione e l'altra interessata agli interventi di nuova costruzione.

Per il primo caso il lavoro consiste nell'esaminare le quantità dei materiali, componenti e prodotti edilizi sottoposti a demolizione selettiva, identificarne i rifiuti prodotti secondo il catalogo europeo dei rifiuti (CER) ed organizzare il cantiere in maniera tale da garantire una corretta raccolta differenziata all'interno del sito. L'obiettivo è quello di effettuare una stima finale del recupero dei rifiuti (o prodotti integri), attraverso una previsione delle possibili operazioni di riciclo o riutilizzo da poter compiere sia all'interno che all'esterno del cantiere (on-site oppure off-site).

La seconda parte del caso studio richiede, invece, di valutare le quantità e le tipologie dei prodotti edilizi necessari alla costruzione delle nuove volumetrie, ma anche agli interventi di ristrutturazione interni ed esterni alla villa, previsti nel progetto. Lo scopo è quello di realizzare un accurato computo metrico estimativo e di effettuare una selezione dei prodotti presenti nel mercato, con l'obiettivo di individuare quelli caratterizzati dal più alto contenuto di materie prime secondarie.

Come risultato finale si vuole creare un elenco di questi prodotti edilizi, preferibilmente dotati di almeno una certificazione di prodotti che attesti la loro composizione materiale, ed infine procedere al calcolo, in percentuale, del contenuto di riciclato per l'intero progetto.

Figure 6.17, 6.18: Modelli tridimensionali comparativi (rosso: nuova costruzione, giallo: demolizione)

6.2.1 Metodologie di calcolo

Per eseguire la stima finale del recupero dei rifiuti all'interno del caso studio si è cercato di seguire in maniera dettagliata le fasi dell'audit pre-demolizione[231], e in particolare del quarto, quinto e sesto step, ovvero:

- calcolo delle quantità da demolire;
- identificazione dei rifiuti prodotti;
- stima del recupero dei rifiuti.

Per prima cosa, per semplificare le operazioni di calcolo, si è scelto di suddividere le opere da demolire in più sistemi e sottosistemi, da cui si sono poi distinti i principali elementi tecnici e le quantità dei materiali che li compongono. Le quantità sono state calcolate in termini di volume (e di superficie per gran parte degli elementi) e in termini di numero per quanto riguarda gli elementi integri di cui si è previsto il diretto riutilizzo. Attraverso la conoscenza del peso specifico di ogni materiale si è infine calcolato, per l'appunto, anche il peso.
I materiali individuati sono stati allora tradotti in sigle numeriche secondo il codice CER e per ognuno si è calcolato il volume d'ingombro, inteso come il volume che i rifiuti occupano insieme ai vuoti d'aria, e che si è ipotizzato corrispondente al 20% in più di quello reale:

$$V_{ing} = V \times 1{,}2$$

dove: V *= volume reale [mc]* (eq. 1.0)
V_{ing} *= volume d'ingombro[mc]*

Il volume d'ingombro è stato poi utile per l'organizzazione del cantiere e decidere il numero dei contenitori necessari alla raccolta differenziata[232].
Per ogni tipologia di materiale è stato successivamente ipotizzato l'intervento di recupero più probabile, facendo riferimento a quanto richiesto dalla gerarchia dei rifiuti[233] e all'ubicazione degli impianti di riciclaggio, e ne è stato calcolato il target di recupero.
La stima finale, in percentuale, del recupero, *Rw%* (*waste recovery*) si è ottenuta utilizzando la seguente equazione:

$$Rw\% = \left({Pr_{tot}}/{P_{tot}}\right) \times 100$$

dove: Pr_{tot} *= quantità in peso totale recuperata [kg]* (eq. 1.1)
P_{tot} *= quantità in peso totale [kg]*

Per il calcolo del contenuto di riciclato dei materiali e componenti edilizi di progetto sono stati presi come riferimento due strumenti principali:

[231] Cfr. sottoparagrafo 4.4.2: Audit pre-demolizione
[232] Cfr. sottoparagrafo 4.4.5: La raccolta differenziata in cantiere
[233] Cfr. sottoparagrafo 3.1.2: La gerarchia dei rifiuti

- Protocollo ITACA[234];
- CAM edilizi 2017[235].

Il protocollo ITACA, sistema italiano di certificazione ambientale degli edifici, prevede ed incentiva l'utilizzo dei materiali e/o di recupero nei sistemi edilizi mediante il criterio B.4.6, di cui propone una specifica metodologia per calcolare lo specifico indicatore di prestazione[236].

Come si può osservare dalla scheda criterio (Figura 6.10), l'indicatore di prestazione viene definito come la: «percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento». Per ottenere tale percentuale, il Protocollo richiede anzitutto che venga calcolato il volume complessivo dei materiali e dei componenti, V_{tot} [mc], che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente, i solai interpiano e la struttura portante dell'edificio in esame (escludendo dal calcolo tutto ciò che appartiene alla porzione interrata dell'edificio, a meno che non si tratti di locali abitati e climatizzati[237]), tramite la formula:

$$V_{tot} = \sum V_i$$

dove: V_i *= volume dell'elemento i-esimo [mc]* (eq. 1.2)

CONSUMO DI RISORSE | NUOVA COSTRUZIONE / RISTRUTTURAZIONE | **B.4.6**

Materiali eco-compatibili

Materiali riciclati/recuperati

☒ Edifici per uffici ☒ Edifici scolastici ☒ Edifici industriali ☒ Edifici commerciali ☒ Edifici ricettivi

AREA DI VALUTAZIONE	CATEGORIA
B. Consumo di risorse	B.4 Materiali eco-compatibili

ESIGENZA	PESO DEL CRITERIO	
Favorire l'impiego di materiali riciclati e/o di recupero per diminuire il consumo di nuove risorse.	nella categoria	nel sistema completo

INDICATORE DI PRESTAZIONE	UNITA' DI MISURA
Percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento.	%

SCALA DI PRESTAZIONE

	%	PUNTI
NEGATIVO	-	-1
SUFFICIENTE	0	0
BUONO	30	3
OTTIMO	50	5

Figura 6.19: Scheda criterio B.4.6: Materiali riciclati/recuperati

[234] Cfr. sottoparagrafo 5.4.2: Certificazione ambientale degli edifici - ITACA
[235] Cfr. sottoparagrafo 5.3.1: I CAM edilizi
[236] *Protocollo ITACA Nazionale 2015. Non residenziale*, http://www.itaca.org, cit-, pp. 47-51
[237] Nota 2, Scheda criterio B.4.6, Protocollo ITACA Nazionale 2015, cit., p. 48

Dopodiché domanda di calcolare il volume complessivo dei materiali che appartengono alla categoria "materiali riciclati e/o di recupero"; e per far ciò, per ognuno dei materiali/componenti che andranno a far parte del sistema edilizio, richiede di:

- individuare la percentuale R_j determinata rispetto al volume, di materiale riciclato/recuperato che lo compone secondo quanto dichiarato e documentato dalle schede tecniche dei produttori;
- calcolare il volume Vr_j [mc] di materiale riciclato/recuperato contenuto nell'elemento i-esimo, secondo la formula:

$$Vr_j = V_j \times R_j$$

dove: V_j = volume del materiale/componente j-esimo [mc] (eq. 1.3)

Il volume complessivo dei materiali riciclati e/o di recupero, Vr_{tot} [mc], si ottiene poi facendo:

$$Vr_{tot} = \sum Vr_j$$

dove: $V_{r,j}$ = volume di materiale riciclato/recuperato dell'elemento i-esimo [mc] (eq. 1.4)

Concluse queste operazioni è possibile, infine, calcolare il valore dell'indicatore di prestazione, *Rc%* (*recycled content*), definito come il rapporto percentuale tra il volume Vr_{tot} dei materiali riciclati/recuperati impiegati in progetto e la totalità in volume V_{tot} dei materiali/componenti impiegati nell'intervento in esame:

$$Rc\% = \left({}^{Vr_{tot}}/_{V_{tot}}\right) \times 100$$

(eq. 1.5)

A differenza del protocollo ITACA, le specifiche tecniche definite nei CAM edilizi impongono di valutare il contenuto di riciclato di tutti i componenti edilizi (compresa la porzione interrata dell'edificio) in base al peso, così come definito anche dalla norma tecnica UNI EN ISO 14021[238]. Per la verifica della percentuale finale viene infatti richiesto al progettista di: «fornire l'elenco dei materiali costituiti, anche parzialmente, da materie recuperate o riciclate ed il loro peso rispetto al peso totale dei materiali utilizzati per l'edificio»[239]. La formula finale dell'indicatore di prestazione diventa, perciò, in questo caso:

$$Rc\% = \left({}^{Pr_{tot}}/_{P_{tot}}\right) \times 100$$

dove: Pr_{tot} = peso complessivo di materiale riciclato/di recupero [kg] (eq. 1.6)
P_{tot} = peso complessivo [kg]

[238] Contenuto di riciclato: «porzione, in massa, di materiale riciclato in un prodotto o imballaggio», UNI EN ISO 14021:2016, cit.
[239] Sottopar. 2.4.1.2, All. 2, DM 11 gennaio 2017, cit.

Le metodologie di calcolo appena descritte devono essere applicate all'intero edificio, nel caso di progetto di nuova costruzione, e unicamente agli elementi interessati dall'intervento, nel caso di progetto di ristrutturazione. Inoltre, sia nel protocollo ITACA che nei CAM edilizi, possono essere inclusi nel calcolo finale solamente i prodotti dotati di dichiarazione del contenuto di riciclato dimostrabile tramite una delle tre tipologie di certificazione di prodotto[240] oppure, per i materiali e prodotti da riutilizzo, se ne è documentata la provenienza da parte del rivenditore o se il recupero è avvenuto all'interno dello stesso cantiere[241].

In applicazione al caso studio si è giunti a calcolare la percentuale globale del contenuto di riciclato attraverso tre fasi principali:

- computo metrico dei materiali e componenti di progetto;
- selezione dei prodotti esistenti nel mercato;
- calcolo del contenuto di riciclato.

Anche in questo caso, come con la stima del recupero dei rifiuti, è stato conveniente suddividere il progetto in più sistemi e sottosistemi. Per ogni materiale e componente si è quindi calcolata la quantità necessaria prevista dal progetto e si è poi cercato all'interno del *web*, e con l'aiuto di alcuni cataloghi, i prodotti edilizi esistenti nel mercato con il più alto contenuto di materie prime secondarie e, possibilmente, dotati di un'apposita dichiarazione certificata.

Il contenuto di riciclato finale di progetto è stato calcolato con entrambe le metodologie: rispetto al volume e rispetto al peso. Ed inoltre i risultati sono stati valutati nei seguenti due casi:

- escludendo, o meno, dal calcolo le porzioni interrate dell'edificio;
- escludendo, o meno, dal calcolo i componenti edilizi privi di certificazione ambientale di prodotto.

[240] Cfr. 5.4.1: Certificazione ambientale dei prodotti

[241] Anche se per il protocollo ITACA si afferma che: «In fase di progetto è ammessa la dichiarazione del progettista con l'inserimento della quota di materiale riciclato/recuperato all'interno del capitolato e del computo metrico», *Nota 8*, *Scheda criterio B.4.6, Protocollo ITACA Nazionale 2015.*cit., p. 49

6.2.2 Demolizioni: stima del recupero

Le opere da demolire previste nel progetto sono state suddivise in cinque sistemi:

- porzione a due piani (D1);
- tettoia (D2);
- sistemazione esterna (D3);
- elementi interni del piano terra (D4')
- elementi interni del piano primo (D4'').

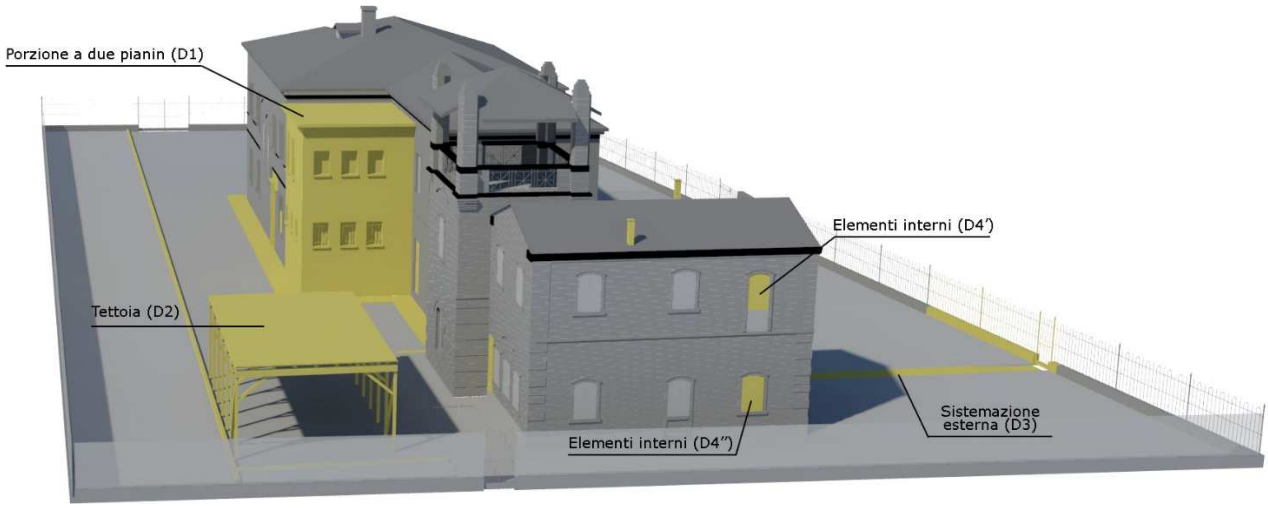


Figura 6.20: Rappresentazione delle opere da demolire

La porzione a due piani corrisponde al corpo di fabbrica situato sul lato nord della villa con il tetto piano[242]. Sullo stesso lato si trova anche la tettoia, semplice struttura in legno in leggero stato di degrado, probabilmente utilizzata negli ultimi anni come deposito attrezzi e copertura per le auto. Gli altri tre insiemi rappresentano, invece, gli interventi di ristrutturazione che, secondo il progetto, dovrebbero interessare la villa sia esternamente, con modifiche ai marciapiedi, alle scale e alla ringhiera (D3), che internamente, con la demolizione di alcuni elementi divisori, porte, finestre e porzioni di muratura perimetrale.

Successivamente è stata effettuata un ulteriore suddivisione del sistema, così da riuscire ad individuare al meglio i materiali da rimuovere e calcolare più efficacemente le relative quantità, ottenendo così la seguente tabella:

[242] Cfr. sottoparagrafo 6.1.2: Analisi storica del fabbricato

OPERE DI DEMOLIZIONE		MATERIALI e COMPONENTI
D1 → Porzione a due piani	D11 → Muratura perimetrale	Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco interno (cm 2)
		Intonaco esterno (cm 2)
	D12 → Solaio intermedio	Intonaco (cm 1,5)
		Solaio in latero-cemento (cm 20+4)
		Soletta in calcestruzzo (cm 6,5)
		Pavimento in piastrelle (cm 2)
	D13 → Copertura	Intonaco
		Solaio in latero-cemento (cm 20+4)
		Soletta in calcestruzzo (cm 4)
		Manto impermeabilizzante bituminoso
		Pluviale in lamiera
		Grondaia in lamiera
	D14 → Tramezzi	Mattoni forati (8x25x25) + Malta
		Mattoni forati (8x12x25) + Malta
		Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco (cm 1,5)
		Zoccolino di piastrelle
	D15 → Porte	Porta da interno battente in legno (70x210)
		Porta da interno battente in legno (80x210)
		Porta da interno battente in legno (90x210)
		Porta da interno battente in legno (100x220)
		Porta da interno battente in legno (90x220)
		Porta da interno battente in legno (90x200)
	D16 → Finestre	Finestra a due ante in legno (70x105)
		Finestra ad un'anta in legno (60x80)
		Finestra a due ante in legno (105x175)
		Davanzale in pietra
		Sbarre in acciaio
D2 → Tettoia	D21 → Pilastri	Pilastri in legno (10x10x300)
		Controventi in legno (10x10x335)
		Diagonali di rinforzo in legno (10x10x150)
		Ancoraggi in lamiera
	D22 → Copertura	Travi principali in legno (6x20x540)
		Travi secondarie in legno (10x10x300)
		Travetti in legno (5x5x130)
		Tavolato in legno (cm 2)
		Manto di copertura in lamiera (200x100)
D3 → Sistemazione esterna	D31 → Pavimentazione esterna	Sottofondo in materiale inerte misto (cm 20)
		Rampa in conglomerato cementizio
		Piastrelle in conglomerato cementizio (cm 2)
		Cordolo in calcestruzzo
	D32→ Scale	Scale in calcestruzzo
		Muretta in mattoni pieni + Malta
		Piastrelle in conglomerato cementizio (cm 2)
	D33 → Ringhiera	Muretta in calcestruzzo
		Ringhiera in lega metallica
		Cancello in lega metallica

OPERE DI DEMOLIZIONE		MATERIALI e COMPONENTI
D4' → Elementi interni (Piano terra)	D41' → Muratura perimetrale	Mattoni semipieni (12x12x25) + Malta
		Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco (cm 1)
		Intonaco esterno (cm 2)
	D42' → Tramezzi	Mattoni forati (8x25x25) + Malta
		Mattoni forati (8x12x25) + Malta
		Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco (cm 1,5)
		Zoccolino di piastrelle
	D43' → Vetrata	Lastra di vetro
		Montanti in acciaio
	D44' → Porte	Porta da esterno in lamiera (70x210)
		Porta da esterno in lamiera (100x200)
		Porta di sicurezza da esterno (120x235)
		Portoncino in legno (125x260)
		Porta da interno battente in legno a due ante (100x230)
		Porta da interno battente in legno ad un'anta (100x230)
		Porta da interno battente in legno (80x230)
		Porta da interno battente in legno (80x210)
		Porta da interno scorrevole in legno (80x210)
		Davanzale in pietra
		Griglia in lega metallica
	D45' → Finestre	Finestra a due ante in legno (80x150)
		Sbarre in acciaio
	D46' → Canne fumarie	Canna fumaria in mattoni
		Canna fumaria in metallo
D4'' → Elementi interni (Piano primo)	D41'' → Muratura perimetrale	Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco esterno (cm 2)
	D42'' → Tramezzi	Mattoni forati (8x25x25) + Malta
		Mattoni forati (8x12x25) + Malta
		Mattoni pieni (25x12x5,5) + Malta
		Intonaco (cm 1,5)
		Zoccolino di piastrelle
	D43'' → Vetrata	Lastra di vetro
		Montanti in acciaio
	D44'' → Porte	Porta da interno battente in legno a due ante (100x230)
		Porta da interno battente in legno (80x210)
		Porta da interno battente in legno (95x220)
		Porta battente in lamiera (65x220)

Tabella 6.1: Suddivisione delle opere di demolizione del caso studio

La traduzione di questi materiali e componenti secondo la classificazione CER, ha portato ad identificare dodici tipologie diverse di rifiuti, di cui solo una pericolosa, (Tabella 6.2), e la cui separazione deve essere ottenuta mediante una corretta applicazione della demolizione selettiva[243].

CER	TIPOLOGIA	QUANTITÀ	
		peso [t]	volume ingombro [mc]
17 01 01	cemento	65	95,4
17 01 02	mattoni	79,7	
17 01 03	mattonelle e ceramiche	2,2	
17 01 07	miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diversi da quelli di cui alla voce 17 01 06	15,9	
17 02 01	legno	2,1	4
17 02 02	vetro	0,1	0,05
17 03 01*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone	0,9	0,36
17 04 05	ferro e acciaio	0,1	0,52
17 04 07	metalli misti	3,3	
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03	0,6	-
17 08 02	materiali da costruzione a base di gesso, diversi da quelli di cui alla voce 17 08 01	3	-
17 09 04	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	1,6	6 ÷ 10

Tabella 6.2: Identificazione dei rifiuti prodotti nel caso studio

Inoltre, per il caso studio, sono stati individuati alcuni elementi di cui si è ipotizzato lo smontaggio integrale e l'eventuale riutilizzo nello stesso, o in un altro, cantiere, tra cui:

- mattoni pieni
- porte
- finestre
- lastre in lamiera
- travi in legno

In particolare, per il progetto, la proposta è quella di riutilizzare, previa pulizia, gran parte dei mattoni pieni rimossi dall'edificio a due piani (ma non solo) come piastrelle per le nuove pavimentazioni esterne, utilizzare i fogli di lamiera della tettoia come strato inferiore dei nuovi solai di copertura e di riusare alcune delle porte interne, anche se saranno necessari piccoli trattamenti di riparazione e rigenerazione.

La Tabella 6.3 mostra il tipo, la quantità ed il target di recupero ipotizzato per le principali tipologie di materiale/componente demolite (i valori tra parentesi rappresentano gli elementi di cui si è previsto il riutilizzo all'interno del progetto), da cui poi si è calcolato il recupero finale.

[243] Cfr. paragrafo 4.4: Demolizione selettiva

TIPOLOGA DI MATERIALE/COMPONENTE		TIPO DI RECUPERO	PESO [kg]	EL.INT. [n°]	TARGET [%]
Inerti	Laterizi, calcestruzzo, intonaco, piastrelle, malta, conglomerato cementizio, pietra	Downcycling inerti	116.000		100% (53%)
	Mattoni pieni (25x12x5,5)	Riuso come piastrelle	33.260	8640	100% (66%)
Legno	Legno vario	Riciclo off-site	1.530		100%
	Controventi in legno (10x10x335)	Riuso o riciclo off-site	40	2	100%
	Travi secondarie in legno (10x10x300)	Riuso o riciclo off-site	378	21	100%
	Travetti in legno (5x5x130)	Riuso o riciclo off-site	186	96	100%
Vetro	Vetro di scarto	Riciclo off-site	105		0 ÷ 100%
Metalli	Metalli ferrosi	Riciclo off-site	165		100%
	Metalli non ferrosi	Riciclo off-site	1.240		100%
	Fogli di lamiera (200x100)	Riuso come strato solaio	2.032	25	(100%)
Porte	Porta da interno battente in legno (70x210)	Remanufacturing o smaltimento	106	3	0 ÷ 100%
	Porta da interno battente in legno (80x210)	Remanufacturing o riuso/riciclo	121	3	(100%)
	Porta da interno battente in legno (90x210)	Remanufacturing o riuso/riciclo	45	1	(100%)
	Porta da interno battente in legno (100x220)	Remanufacturing o riuso/riciclo	53	1	(100%)
	Porta da interno battente in legno (90x220)	Remanufacturing o riuso/riciclo	48	1	(100%)
	Porta da interno battente in legno (90x200)	Remanufacturing o riuso/riciclo	43	1	(100%)
	Porta di sicurezza da esterno (120x235)	Riutilizzo on-site	70	1	(100%)
	Portoncino in legno (125x260)	Riutilizzo on-site	100	1	100%
	Porta da interno battente in legno a due ante (100x230)	Riutilizzo off-site	220	4	100%
	Porta da interno battente in legno ad un'anta (100x230)	Riutilizzo/riciclo off-site	276	5	100% (20%)
	Porta da interno battente in legno (80x230)	Remanufacturing o riuso/riciclo	44	1	(100%)
	Porta da interno scorrevole in legno (80x210)	Remanufacturing o riuso/riciclo	40	1	(100%)
	Porta da interno battente in legno (95x220)	Remanufacturing o riuso/riciclo	50	1	(100%)
	Cancello in lega metallica	Riutilizzo/riciclo off-site	120	1	100%
Finestre	Finestra a due ante in legno (70x105)	Riutilizzo/riciclo off-site	160	8	0 ÷ 100%
	Finestra ad un'anta in legno (60x80)	Riutilizzo/riciclo off-site	39	3	100%
	Finestra a due ante in legno (105x175)	Remanufacturing e riutilizzo on-site	100	2	100%
	Finestra a due ante in legno (80x150)	Remanufacturing e riutilizzo on-site	40	1	100%
Pericolosi	Guaina bituminosa catramata	Smaltimento	888		0%
Indifferenziati	Infissi danneggiati, materiali misti inseparabili	Riciclo o smaltimento	0 ÷ 20.000		0 ÷ 75%

Tabella 6.3: Stima del recupero delle principali tipologie di materiali/componenti rimosse

Una volta calcolata la somma delle quantità rimosse dal sistema edilizio, pari a P_{tot} = 172.500 kg e la somma delle quantità ipoteticamente recuperabili si è potuto, infine, stimare il recupero finale dei materiali, componenti o rifiuti, ottenendo così:

RECUPERO FINALE	QUANTITÀ RECUPERATA [kg]	TARGET [%]
Recupero TOTALE	158.927	92,1
Recupero ON-SITE	93.987	54,4
Recupero OFF-SITE	64.939	37,7
RIUTILIZZO totale	24.179	14,0
RICICLO totale	134.748	78,1

Tabella 6.4: Stima del recupero finale

6.2.3 Sistemazione del cantiere

In base alle scelte effettuate per la stima del recupero dei materiali si è potuto organizzare il cantiere e progettare gli spazi necessari sia per la fase di demolizione che per quella di costruzione. Dopo aver identificato le tipologie di rifiuti uscenti dal sistema edilizio ed aver calcolato il relativo volume ingombro (la cui somma totale è pari a circa V_{ing} = 127 mc), infatti, è stato possibile decidere il numero, la capacità e la disposizione dei cassoni per la raccolta differenziata e di tutte le altre aree di deposito temporaneo[244].

Si è previsto che i cassoni necessari sono:

- inerti (01), di 20 mc x 2;
- legno e vetro (02), di 5 mc;
- metalli (03), di 5 mc;
- indifferenziati (I), di 5 mc x 2;
- pericolosi (P): big bags di 1 mc;
- cartone e plastica: 2 cassoni urbani.

In particolare, per i rifiuti inerti è stato previsto di utilizzare il contenitore più volte (almeno due) e, invece, di posizionarne due per i rifiuti indifferenziati. Inoltre per quanto riguarda i rifiuti di legno e vetro si è pensato di effettuare una separazione postuma alla demolizione e quindi di condividere, per la loro esigua quantità, lo stesso cassone all'interno del cantiere. Altre aree a ridosso della recinzione sono state sistemate per il deposito di terreno, dei ponteggi e di altri materiali, mentre si è considerato di stoccare temporaneamente gran parte dei prodotti edilizi smontati all'interno della villa.

Infine, per la frantumazione dei rifiuti inerti da utilizzare come sottofondi, si è pensato di noleggiare un frantoio da posizionare nello spazio verde ad est della villa, vicino al deposito dei materiali e alle attrezzature necessari alla realizzazione del calcestruzzo.

[244] Cfr. sottoparagrafo 4.4.5: La raccolta differenziata in cantiere

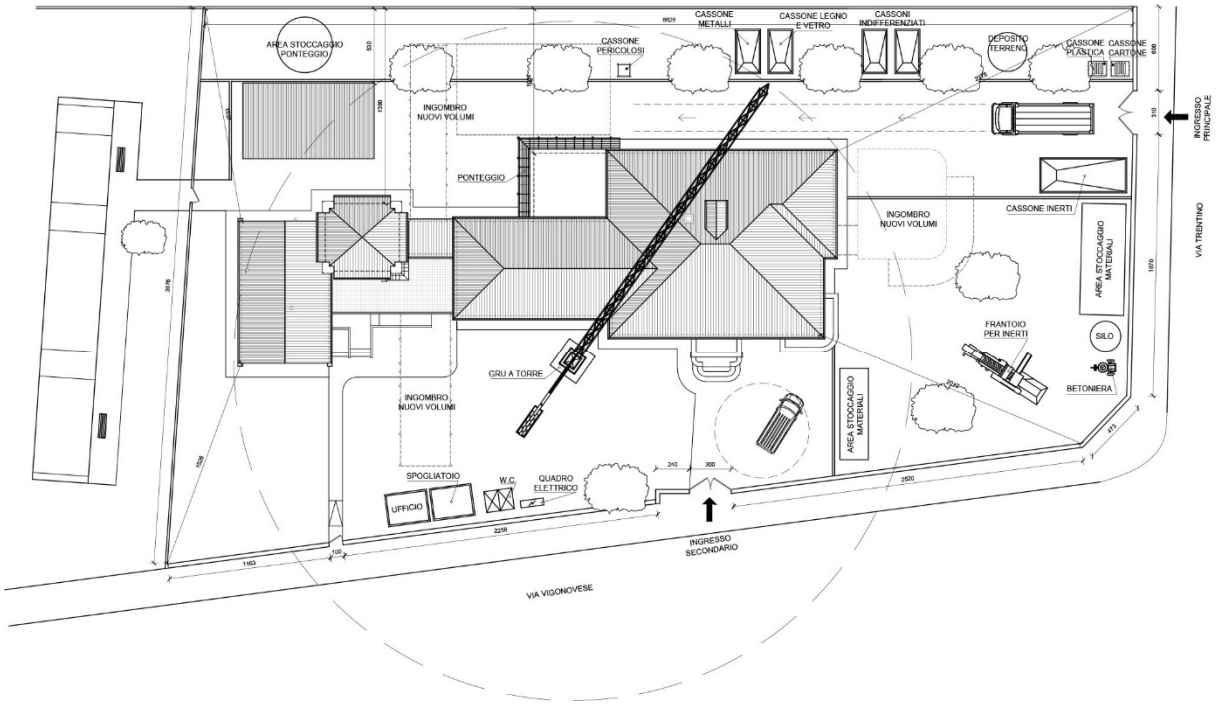


Figura 6.21: Planimetria di cantiere, scala 1: 500

Il frantoio mobile per materiali inerti che si vuole utilizzare ha le seguenti caratteristiche:

- tipologia: frantoio a martelli
- lunghezza = 7,4 m circa;
- larghezza = 2 m circa;
- altezza = 2,5 m circa;
- peso = 7.100 kg circa;
- larghezza bocca frantoio = 5,8 m circa;
- dimensioni medie detriti da frantumare = 200x200x200 mm circa.

Figura 6.22: Frantoio mobile a martelli, serie FM-1000.8 della Agriworld Srl (Fonte: http://www.agri-world.it)

6.2.4 Nuove costruzioni: calcolo del contenuto di riciclato

Gli interventi di nuova costruzione del caso studio sono stati suddivisi in sei sistemi:

- mensa (NC1);
- palestra (NC2);
- portico (NC3);
- sistemazione esterna (NC4);
- elementi interni del piano terra (NC5’)
- elementi interni del piano primo (NC5’’).

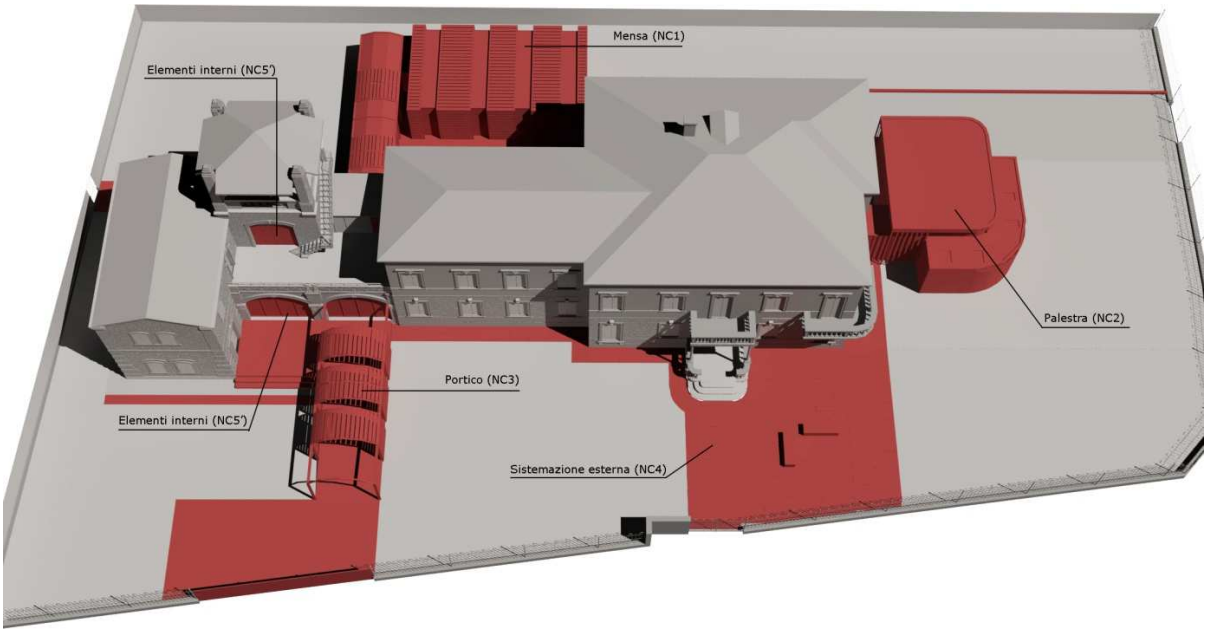


Figura 6.23: Suddivisione degli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione

Come già descritto, il caso studio prevede una parte di nuova costruzione effettiva, rappresentata dai primi tre sistemi (NC1, NC2, NC3), e da una parte di ristrutturazione della villa, rappresentata (come per le opere di demolizione) dagli ultimi tre (NC4, NC5’, NC5’’).
Per ogni sistema è stato realizzato un dettagliato computo metrico dei materiali e componenti previsti dal progetto, che ha portato anzitutto alla compilazione della Tabella 6.5, da cui poi si sono considerate le quantità in termini di volume e peso per calcolare il contenuto di riciclato per ogni singolo prodotto edilizio scelto[245].
Le percentuali di MPS contenute nei prodotti (Tabella 6.7) sono state ricavate da dichiarazioni del produttore e/o da certificazioni ambientali di prodotto.

[245] Cfr. sottoparagrafo 6.2.4: Elenco delle schede prodotto

OPERE DI NUOVA COSTRUZIONE		MATERIALI e COMPONENTI
NC1 → Mensa	NC11 → Struttura di fondazione a platea	Calcestruzzo per cuscinetti di fondazione (magroni)
		Calcestruzzo per opere varie di fondazioni armate
		Rete elettrosaldata in acciaio ad aderenza migliorata
		Tessuto non tessuto di protezione
		Tessuto bentonitico
	NC12 → Struttura di elevazione a pilastri	Piastre metalliche sulla fondazione e accessori
		Pilastri in acciaio a sezione rettangolare (7,5x24)
		Blocchi per muratura
		Intonaco
	NC13 → Chiusura verticale di tamponamento	Lastra in vetro isolante
		Sistemi di ancoraggio in acciaio
		Porte da esterno anti-panico ad una anta (100x200)
		Porte da esterno a due ante (100x200)
	NC14 → Pavimento interno	Massetto di sottofondo in calcestruzzo
		Pavimento in gres porcellanato con sistema adesivo
	NC15 → Copertura piana	Travi in acciaio INP (7,5x20x645) e accessori
		Montanti in acciaio orizzontali e sistemi di ancoraggio
		Lamiera grecata
		Pannelli sandwich per copertura
		Lastra in vetro isolante
	NC16 → Partizioni divisorie interne	Lastre in cartongesso
		Montanti verticali in acciaio a sezione "C" (m 3,5)
		Porte da interno a due ante (100x200)
	NC17 → Elementi di schermatura solare	Montanti verticali in acciaio (m 3,7)
		Frangisole orizzontali a doghe (2x20)
NC2 → Palestra	NC21 → Struttura di fondazione a platea	Calcestruzzo per cuscinetti di fondazione (magroni)
		Calcestruzzo per opere varie di fondazioni armate
		Rete elettrosaldata in acciaio ad aderenza migliorata
		Tessuto non tessuto di protezione
		Tessuto bentonitico
	NC22 → Struttura di elevazione a pilastri	Piastre metalliche sulla fondazione e accessori
		Pilastri principali in acciaio a sezione rettangolare
		Pilastri secondari in acciaio a sezione rettangolare
	NC23 → Chiusura verticale di tamponamento	Lastra in vetro isolante
		Sistemi di ancoraggio in acciaio
		Montanti verticali in acciaio (m 2,7)
		Lastra in cartongesso
		Pannello isolante
		Lastra in gesso
		Pannello isolante
		Pannello impermeabile
		Montanti verticali in acciaio a sezione "C" (m 2,7)
		Profilati verticali a sezione NP
		Sistemi di ancoraggio in acciaio e accessori
		Pannelli di rivestimento in granito
	NC24 → Pavimento interno	Massetto di sottofondo in calcestruzzo
		Pavimento in legno ad incastro
		Pavimento in gres porcellanato con sistema adesivo
	NC25 → Copertura piana	Travi in acciaio a sezione INP(7,5x20x580) e accessori
		Travi in acciaio a sezione INP (7,5x10x160) e accessori
		Travi in acciaio a sezione INP (7,5x10x165) e accessori
		Travi in acciaio a sezione INP (7,5x20x170) e accessori

OPERE DI NUOVA COSTRUZIONE		MATERIALI e COMPONENTI
		Controsoffitto a pannelli con sistema di fissaggio
		Lamiera grecata
		Lucernario (90x60)
		Pannelli sandwich per copertura
		Massetto per formazione di pendenze in calcestruzzo
		Guaina impermeabilizzante
		Manto di copertura in ghiaino
		Pluviale a sezione circolare e accessori
		Scossalina di cordolo
		Montanti in acciaio orizzontali e sistemi di ancoraggio
	NC26 → Partizioni divisorie interne	Lastra di cartongesso
		Pannello isolante
		Lastra di cartongesso
		Montanti verticali in acciaio a sezione "C" (m 2,7)
		Porte da interno a due ante (100x230)
		Porta da interno ad un'anta (80x230)
		Porta da interno ad un'anta (90x230)
		Porta di sicurezza da esterno (90x230)
		Scaffale attrezzato e divisorio
	NC27 → Elementi di schermatura solare	Frangisole verticali a doghe (2x10x390)
		Sistemi di ancoraggio in acciaio
NC3 → Portico	NC31 → Struttura di fondazione a platea	Calcestruzzo per cuscinetti di fondazione (magroni)
		Calcestruzzo per opere varie di fondazioni armate
		Rete elettrosaldata in acciaio ad aderenza migliorata
		Tessuto non tessuto di protezione
		Tessuto bentonitico
	NC32→ Struttura di elevazione a pilastri	Pilastrini in acciaio (7,5x15x245)
		Pilastrini in acciaio (7,5x15x205)
		Piastre metalliche sulla fondazione e accessori
	NC33 → Chiusura verticale di tamponamento	Lastra in policarbonato compatto
		Sistemi di ancoraggio in acciaio
	NC34 → Pavimento interno	Massetto di sottofondo in calcestruzzo
		Pavimento in piastrelle di laterizio
	NC35 → Copertura	Montanti in acciaio curvi (m 4)
		Montanti orizzontali in acciaio (cm 75)
		Lastra in policarbonato compatto
		Lastra in policarbonato compatto curvo
	NC36 → Elementi di schermatura solare	Frangisole verticali a doghe (2x10x390)
		Sistemi di ancoraggio in acciaio
NC4 → Sistemazione esterna	NC41 → Pavimentazione esterna	Sottofondo in materiale inerte misto (cm 15)
		Asfalto in conglomerato bituminoso
		Massetto di pavimentazione in conglomerato cementizio
		Mattoni pieni per pavimentazione esterna
		Panchine fisse in calcestruzzo (200x60x40)
		Cordolo in calcestruzzo
	NC42 → Scale esterne	Scale in calcestruzzo
		Piastrelle per pavimentazione esterna (cm 2)
	NC43 → Ringhiera	Cancello carrabile ad apertura automatizzata

OPERE DI NUOVA COSTRUZIONE		MATERIALI e COMPONENTI
NC5' → Elementi interni (Piano terra)	NC51' → Muratura perimetrale	Mattoni pieni (25x12x5,5)
		Malta
		Intonaco
	NC52' → Tramezzi	Blocchi per muratura (cm 8)
		Intonaco
	NC53' → Vetrate	Lastra in vetro isolante
		Montanti verticali in acciaio
	NC54' → Porte	Porta da interno battente in legno ad un'anta (100x230)
		Porta da interno battente in legno ad un'anta (95x220)
		Porta da interno battente in legno (80x210)
		Porta da interno battente in legno (80x230)
		Porta da interno scorrevole esternamente (80x210)
		Porta da interno scorrevole internamente (80x210)
		Porta da esterno in vetro a due ante (180x240)
		Porta da esterno in vetro a due ante (180x280)
	NC55' → Finestre	Finestra a due ante con scuri in legno (80x130)
		Finestra a due ante con scuri in legno (105x175)
	NC56' → Sistema a cappotto interno	Pannelli isolanti (cm 6)
		Intonaco
	NC57' → Altri elementi	Scaffale attrezzato e divisorio
		Ascensore in metallo
NC5'' → Elementi interni (Piano primo)	NC51'' → Muratura perimetrale	Mattoni pieni (25x12x5,5)
		Malta
		Intonaco
	NC52'' → Tramezzi	Blocchi per muratura
		Intonaco
	NC53'' → Vetrata	Lastra in vetro isolante
		Montanti in acciaio
	NC54'' → Porte	Porta da interno battente in legno (90x200)
		Porta da interno battente in legno (90x210)
		Porta da interno battente in legno (90x220)
		Porta da esterno in vetro a due ante (110x220)
		Porta da esterno in legno a due ante (105x210)
	NC55'' → Finestre	Finestra a due ante con scuri in legno (80x130)
		Finestra a due ante con scuri in legno (105x175)
	NC56'' → Sistema a cappotto interno	Pannelli isolanti (cm 6)
		Intonaco

Tabella 6.5: Suddivisione delle opere di nuova costruzione del caso studio

Dalla somma delle quantità dei materiali e componenti misurate attraverso il computo metrico. pari a:

P_{tot} = 213,7 t, V_{tot} = 171,7 mc (escluse le porzioni interrate);

P_{tot} = *406,8 t*, V_{tot} = 259,3 mc (comprese le porzioni interrate);

si è infine calcolato il contenuto di riciclato finale dei nuovi elementi tecnici da impiegare negli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione (Tabella 6.6).

CONTENUTO DI RICICLATO FINALE		QUANTITÀ MPS	TARGET [%]
Contenuto di riciclato	volume [mc]	163,42	78,65
	peso [kg]	191.579	81,86
Contenuto di riciclato CERTIFICATO (60% dei prodotti)	volume [mc]	127,29	61,26
	peso [kg]	129.742	55,44

Tabella 6.6: Contenuto di riciclato finale, escludendo dal calcolo le porzioni interrate

CONTENUTO DI RICICLATO FINALE		QUANTITÀ MPS	TARGET [%]
Contenuto di riciclato	volume [mc]	205,81	69,66
	peso [kg]	279.019	65,33
Contenuto di riciclato CERTIFICATO (50% dei prodotti)	volume [mc]	126,06	42,67
	peso [kg]	130.757	30,62

Tabella 6.7: Contenuto di riciclato finale, considerando nel calcolo anche le porzioni interrate

La Tabella 6.7 mostra l'elenco dei prodotti edilizi selezionati per il progetto caratterizzati dal più alto contenuto di materiale riciclato:

N° ID.	NOME PRODOTTO	DESCRIZIONE	IMPRESA	% MPS	CERT. AMB.
01	Tematex NW RM 300	Geotessile non tessuto ottenuto con cascami tessili coesionati meccanicamente	TeMa Technologies and Materials S.r.l.	100	
02	T-Bentostop F	Geocomposito bentonitico impermeabilizzante autoagganciante al calcestruzzo, composto da un non-tessuto e da un tessuto in polipropilene con interposta bentonite sodica naturale	TeMa Technologies and Materials S.r.l.	20	
03	Superbac N Roofine G3	Pannello in isolante minerale G3 ad alta densità in fibra crêpé, idrorepellente, prodotto con vetro riciclato e una resina termoindurente di nuova generazione	Isover Saint-Gobain	80	X
04	Recycledtherm km0	Pannelli termoacustici composti da fibre provenienti dagli scarti delle lavorazioni delle vicine industrie del distretto tessile pratese e dal riciclo di prodotti tessili giunti al termine del loro ciclo di impiego	Manifattura Maiano Spa	100	X
05	Recotherm PL	Pannello isolante composto al 100% da fibre riciclate, è riciclabile e non contiene sostanze chimiche irritanti	Manifattura Maiano Spa	100	X
06	PregyPlac BA13	Lastra di gesso rivestito	Siniat	38	X
07	PregyAquaBoard BA13	Lastra di rivestimento esterno costituita da un cuore additivato resistente all'acqua e da un rivestimento idrorepellente	Siniat	84	X
08	Ri-Block	Blocco da costruzione ottenuto dal recupero dei materiali inerti da posare in opera senza l'utilizzo di malta	Catalyst Srl	100	
09	Biodämm	Muratura tecnica in elementi semipieni portanti a incastro di conglomerato cementizio vibrocompresso	Vibrapac	43,7	X
10	Derbigum NT	Membrana impermeabile bituminosa realizzata con materie prime secondarie derivanti da sfridi e da vecchie membrane bituminose riciclate	Derbigum	25	X
11	Marne Eco++	Gres porcellanato ecologico che utilizza un'alta percentuale di riciclato	Coem	40	X
12	Pattwall	Rivestimento di pavimenti ad incastro composto da materie prime derivanti dal recupero del legno	Fantoni Group	100	X
13	New Granite Black Galaxy	Lastre in granito di colorazione scura e di diverse dimensioni contenente materiale riciclato	Graniti Fiandre Spa	40	X
14	Perla OP 0.95	Controsoffitto a pannelli in fibre minerali per ambienti interni costituito da un'alta percentuale di materie prime secondarie	Armstrong	79	X
15	Versatil JF11020	Stecche orizzontale in plastica completamente riciclata da agganciare a montanti verticali e orizzontali	Preco System	66	
16	Fanny	Stecche verticali in materiale composito (PVC, fibra di vetro e pellicola superficiale in PMMA)	Plasticino	100	X
17	Planet NEO 62	Serramenti per finestre, porte e porte-finestre con telaio in alluminio in materiale riciclato	Fresia Alluminio Spa	37	X

Tabella 6.8: Elenco prodotti del caso studio

Conclusioni

Attraverso l'elaborazione del caso studio è stato possibile applicare ad un edificio esistente i criteri considerati nelle due macrostrategie ed ottenere, rispettivamente, una stima del recupero dei rifiuti uscenti dal processo di demolizione ed il calcolo del contenuto di riciclato dei prodotti entranti nei nuovi sistemi edilizi:

1. In seguito alla stesura di un dettagliato audit pre-demolizione delle opere oggetto dell'intervento e alle ipotesi di recupero formulate per ogni tipologia di rifiuto prodotta, si è ottenuto un target pari a circa il 92%, di cui:
   - 78,1%: riciclaggio;
   - 14%: riutilizzo.

   La differenza percentuale riscontrata tra le due operazioni di recupero principali, il riutilizzo e il riciclo, fa intendere come la scelta della gestione dei rifiuti da cantiere non dipenda solamente dal processo di demolizione, ma soprattutto dalla tecnica costruttiva che caratterizza il fabbricato.

   È evidente, infatti, come un edificio costruito con sistemi diversi da quelli a secco (cioè a umido, adesivi o saldati, di cui ne è un esempio Villa Berta), ostacoli notevolmente la fase di disassemblaggio degli elementi al termine del loro ciclo di vita, lasciando come migliore alternativa l'operazione di riciclaggio.

2. Per il calcolo del contenuto di riciclato si sono ottenuti risultati diversi a seconda della metodologia utilizzata:
   - secondo il criterio B.4.6 del Protocollo ITACA, e quindi facendo riferimento al volume dei materiali:

		escludendo i prodotti privi di certificazione ambientale
escludendo le porzioni interrate	78,6%	61,3%
considerando le porzioni interrate	69,7%	42,7%

   - secondo le specifiche tecniche dei CAM edilizi, e quindi facendo riferimento al peso dei materiali:

		escludendo i prodotti privi di certificazione ambientale
escludendo le porzioni interrate	81,9%	55,4%
considerando le porzioni interrate	65,3%	30,6%

In questa parte del caso studio le maggiori difficoltà riscontrate derivano essenzialmente dalla fase di selezione dei prodotti edilizi più appropriati per il progetto e, al tempo stesso, contenenti un'alta percentuale di MPS. La quasi totale assenza di cataloghi, aggiornamenti e di libera consultazione, dedicati a prodotti da costruzione caratterizzati da questo particolare aspetto della sostenibilità ambientale, non aiuta di certo il progettista in quella che è una delle più importanti fasi del processo decisionale, e che si trova costretto ad effettuare una dispendiosa ricerca, prodotto per prodotto, all'interno dell'ampia offerta del mercato odierno.

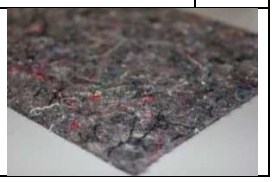
Inoltre, entrambi gli strumenti utilizzati (CAM e ITACA) richiedono che la percentuale di contenuto di riciclato all'interno di ogni prodotto venga verificata mediante la presentazione di almeno una delle certificazioni di prodotto esistenti; fattore che all'interno del caso studio è riscontrabile per solo il 50-60% dei prodotti edilizi scelti e che porta la percentuale di contenuto di riciclato medio totale a scendere notevolmente.

Se per alcuni materiali, come metalli, vetro e plastica, la loro presenza sotto forma di MPS all'interno dei prodotti è oramai diventata prassi comune e quindi molto spesso non apertamente dichiarata; una grande responsabilità è invece da attribuire agli aggregati da calcestruzzo utilizzati per le fondazioni che, se considerati nel calcolo, risultano incidere molto e negativamente sul risultato finale, date le difficoltà tecniche e normative nell'attribuire loro una certificazione ambientale.

Per concludere si può allora affermare che, anche se la presenza di prodotti edilizi che sfruttano il modello circolare delle risorse sia sempre più consistente nel mercato, sono ancora poche le aziende che decidono di dimostrarlo attraverso gli appositi sistemi di certificazioni di prodotto.

Ad ogni modo, i criteri e gli strumenti utilizzati nel caso studio, sia per quanto riguarda le fasi di demolizione che per quelle di progettazione del sistema edilizio, dimostrano che la trasformazione dei rifiuti in risorse all'interno del processo edilizio è sicuramente possibile e che, nonostante il margine di miglioramento sia ancora molto grande, il settore dell'edilizia si stia muovendo nella giusta direzione.

Schede tecniche di prodotto

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	**01**
Tematex NW RM 300	

Classificazione funzionale	1.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Semicomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

TeMa Technologies and Materials S.r.l.,
Via dell'Industria, n°21, 31029 Vittorio Veneto
www.temacorporation.com
E-mail: info@temacorporation.com
Tel.: +039 0438.50.31, Fax: +39 0438.50.34.60

2 Informazioni tecniche descrittive

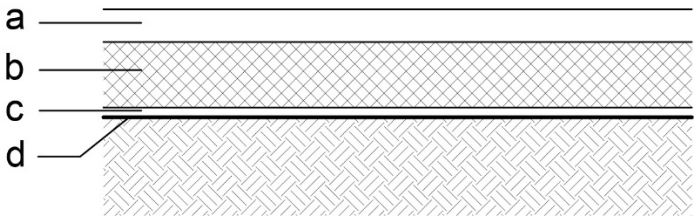
Classificazione descrittiva:
Geotessile non tessuto ottenuto con cascami tessili coesionati meccanicamente

Denominazione commerciale:
Tematex NW RM 300

Descrizione morfologica:
Tessuto non tessuto in poliestere riciclato multicolore per la protezione delle strutture di fondazione, di lunghezza 50 m, larghezza 20 m e spessore 3 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



STRATO VERTICALE:
a: Finitura interna
b: Struttura portante di fondazione
c: Strato di tenuta all'acqua
d: Strato di protezione

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Resistenza a punzonamento statico	320 N
	Resistenza a punzonamento dinamico	32 mm
	Resistenza a trazione	2 kN/m
	Allungamento MD	70 %
	Allungamento CMD	65 %
Benessere	Permeabilità perpendicolare al piano	50 mm/s
Aspetto	Porometria	75 micron

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Distendere il tessuto non tessuto su tutta la superficie del terreno interessata dall'intervento

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	02	Classificazione funzionale	1.1.1
T-Bentostop F		Codice di classificazione tipologica	
		Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

TeMa Technologies and Materials S.r.l.,
Via dell'Industria, n°21, 31029 Vittorio Veneto
www.temacorporation.com
E-mail: info@temacorporation.com
Tel.: +039 0438.50.31, Fax: +39 0438.50.34.60

2 Informazioni tecniche descrittive

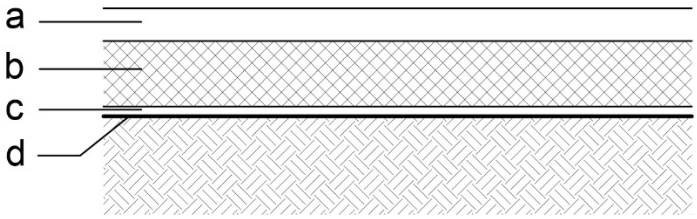
Classificazione descrittiva:
Geocomposito bentonitico impermeabilizzante autoagganciante al calcestruzzo, composto da un non-tessuto e da un tessuto in polipropilene con interposta bentonite sodica naturale

Denominazione commerciale:
T-Bentostop F

Descrizione morfologica:
Tessuto bentonitico per la tenuta all'acqua delle strutture di fondazione, di lunghezza 5,1 m, larghezza 1,25 m e spessore 7,6 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE VERTICALE:
a: Finitura interna
b: Struttura portante di fondazione
c: Strato di tenuta all'acqua
d: Strato di protezione

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Resistenza a punzonamento statico	> 2,5 kN
	Resistenza a trazione	> 10,4 kN/m
Benessere	Permeabilità	$\leq 1{,}2 \times 10^{-11}$ m/s
	Capacità di assorbimento acqua	> 550 %
Aspetto	Indice di rigonfiamento	> 30 ml/2g
Integrabilità	Adesione al calcestruzzo	2,5 kN/m

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Distendere il tessuto bentonitico su tutta la superficie del terreno interessata dall'intervento

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	03	Classificazione funzionale	2.4.1
Superbac Roofine G3	Superbac N Roofine® G3	Codice di classificazione tipologica	
		Semicomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

Saint-Gobain PPC Italia S.p.a.,
Via E. Romagnoli, n°6, 20146 Milano
www.isover.it
E-mail: info.it.isover@saint-gobain.com
Tel.: +039 0363 318 400, Fax: +39 0363 318 337

2 Informazioni tecniche descrittive

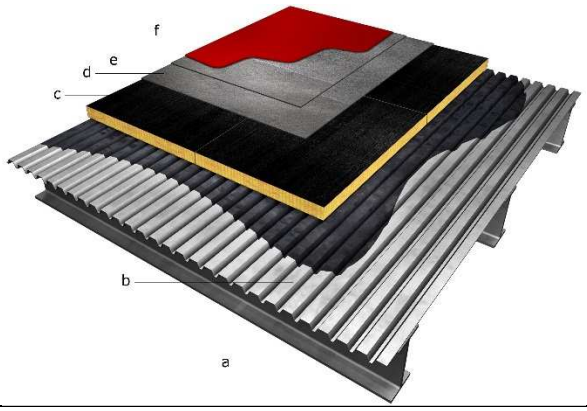
Classificazione descrittiva:
Pannello in isolante minerale G3 ad alta densità in fibra crêpé idrorepellente

Denominazione commerciale:
Superbac N Roofine G3

Descrizione morfologica:
Pannello isolante prodotto con alta percentuale di vetro riciclato e con una resina termoindurente di nuova generazione, di dimensioni 1x1,2 m e spessore 60 mm.

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



VISTA ASSONOMETRICA:
a: Struttura portante
b: Strato di supporto (lamiera)
c: Strato termoisolante
d: Strato di tenuta all'acqua (primo)
e: Strato di tenuta all'acqua (secondo)
f: Strato di protezione solare

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	A2-s1, d0
	Resistenza a compressione	> 50 kPa
	Resistenza al carico puntuale	> 600 N
	Resistenza a trazione (perpendicolare al piano)	> 10 kPa
Benessere	Resistenza termica	R_D = 1,55 m2K/W
	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo	1
	Assorbimento d'acqua a breve periodo	≤ 1 kg/m2
	Resistività al flusso d'aria	50 kPa· s/m2
Aspetto	Planarità	≤ 6 mm
	Squadratura	≤ 5 mm/m
	Stabilità dimensionale	≤ 1 %

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posare i pannelli Superbac N Roofine G3 sulla lamiera e fissarli con idonei sistemi meccanici. Allo scopo di massimizzare le prestazioni meccaniche dei pannelli, accertare che questi vengano installati sulle lamiere grecate con i lati di lunghezza 1,0 m paralleli all'orientamento delle greche.

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	04	Classificazione funzionale	2.1.1
Recycledtherm km0	RECYCLETHERM Km0	Codice di classificazione tipologica	
		Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Manifattura Maiano S.p.a., Via Maiano, n°120, 50013 Capalle (FI) www.maiano.it E-mail: maiano@maiano.it Tel.: +039 055 894071, Fax: +39 055 8951330	MANIFATTURA MAIANO S.p.A.

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva:
Pannelli termoacustici composti da fibre provenienti dagli scarti delle lavorazioni delle vicine industrie del distretto tessile pratese e dal riciclo di prodotti tessili giunti al termine del loro ciclo di impiego

Denominazione commerciale:
Recycledtherm km0

Descrizione morfologica:
Pannello in fibre tessile riciclate, di dimensioni 120x60 cm e spessore 50 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale

a: Struttura di supporto
b: Strato isolante
c: Strato di rivestimento

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	E
Benessere	Conducibilità termica	λ = 0,0358 W/mk
	Potere fonoisolante	R'w = 52 dB
	Assorbimento acustico	αw = 0,75
	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo	μ = 2,2
	Assorbimento igroscopico	u = 0,02
Salvaguardia dell'ambiente	Riciclabilità	100%

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posizionare e fissare i montanti in acciaio. Posizionare i pannelli di isolante all'interno della struttura. Rivestire il sistema a cappotto con lastre in cartongesso e fissare tramite chiodatura.

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	05	Classificazione funzionale	2.1.1
Recotherm PL	RECOTHERM PL	Codice di classificazione tipologica	
		Semicomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

Manifattura Maiano S.p.a.,
Via Maiano, n°120, 50013 Capalle (FI)
www.maiano.it
E-mail: maiano@maiano.it
Tel.: +039 055 894071, Fax: +39 055 8951330

2 Informazioni tecniche descrittive

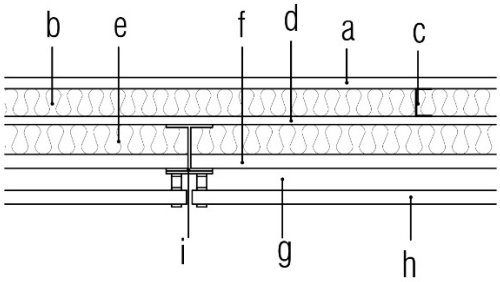
Classificazione descrittiva:
Pannello isolante composto da fibre riciclate, riciclabile e senza contiene sostanze chimiche irritanti

Denominazione commerciale:
Recotherm PL

Descrizione morfologica:
Pannello in fibre riciclate per intercapedini di pareti, di dimensioni 120x60 cm e spessore 40 ÷ 120 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE ORIZZONTALE:
a: Strato interno in cartongesso
b: Strato isolante
c: Elemento di ancoraggio
d: Strato di supporto intermedio
e: Strato isolante
f: Strato impermeabile
g: Intercapedine d'aria
h: Rivestimento esterno
i: Elemento di supporto e ancoraggio

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	-
Benessere	Conducibilità termica	λ = 0,035 W/mk 50 kg/m3 λ = 0,037 W/mk 30 kg/m3
Salvaguardia dell'ambiente	Riciclabilità	100%

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Fissare bene i pannelli al telaio di supporto tramite chiodatura

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	06
PregyPlac BA13	

Classificazione funzionale	2.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Etex Building Performance S.p.a., Via Perlasca, n°14, 27010 Vellezzo Bellini (PV) www.siniat.it E-mail: siniat.italia@siniat.com Tel.: +039 0382 45 75 75, Fax: +39 0382 45 75 250	siniat Shaping the way people build

2 Informazioni tecniche descrittive

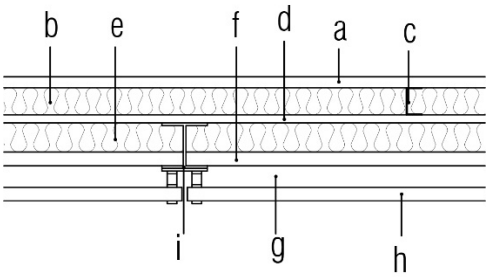
Classificazione descrittiva:
Lastra di gesso rivestito

Denominazione commerciale:
PregyPlac BA13

Descrizione morfologica:
Lastra di gesso rivestito per la realizzazione di pareti, contropareti, controsoffitti, rivestimenti in condizioni di normali impiego o in abbinamento a lastre tecniche, di dimensioni 1,2x2,7 m e spessore 12,5 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE ORIZZONTALE:
a: Strato interno della parete
b: Strato isolante
c: Elemento di ancoraggio
d: Strato di supporto intermedio
e: Strato isolante
f: Strato impermeabile
g: Intercapedine d'aria
h: Rivestimento esterno
i: Elemento di supporto e ancoraggio

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	A2-s1, d0
	Resistenza al taglio	NPD
	Resistenza alla flessione	Conforme
	Resistenza all'impatto	/
Benessere	Resistenza al vapore acqueo	10
	Isolamento acustico dai rumori aerei	/
	Assorbimento acustico	/

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posare i pannelli PregyPlac BA13, controllare la planarità e fissarli con idonei sistemi meccanici agli elementi di ancoraggio

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	07
PregyAquaBoard BA13	

Classificazione funzionale	2.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Etex Building Performance S.p.a.,
Via Perlasca, n°14, 27010 Vellezzo Bellini (PV)
www.siniat.it
E-mail: siniat.italia@siniat.com
Tel.: +039 0382 45 75 75, Fax: +39 0382 45 75 250

2 Informazioni tecniche descrittive

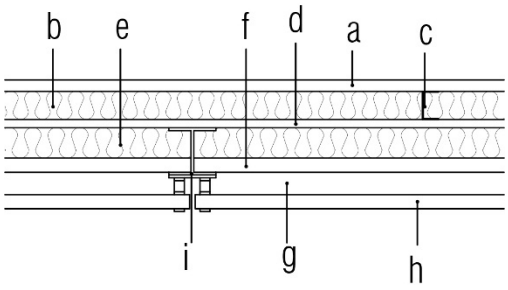
Classificazione descrittiva:
Lastra di rivestimento esterno costituita da un cuore additivato resistente all'acqua e da un rivestimento idrorepellente

Denominazione commerciale:
PregyAquaBoard BA13

Descrizione morfologica:
Lastra per esterni a bordi assottigliati, composta da un nucleo ad alta densità resistente all'acqua e rivestimento idrofugo, resistente agli agenti atmosferici e con ridotto assorbimento d'acqua, di dimensioni 1,2x2,7 m e spessore 12,5 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE ORIZZONTALE:
a: Strato interno della parete
b: Strato isolante
c: Elemento di ancoraggio
d: Strato di supporto intermedio
e: Strato isolante
f: Strato impermeabile
g: Intercapedine d'aria
h: Rivestimento esterno
i: Elemento di supporto e ancoraggio

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Reazione al fuoco	A2-s1, d0
	Resistenza al taglio	NPD
	Resistenza alla flessione	Conforme
	Resistenza a compressione	≥ 10 MPa
	Resistenza all'impatto	/
Benessere	Resistenza termica	R = 0,05 m^2K/W
	Resistenza al vapore acqueo	11
	Permeabilità al vapore acqueo	220 g/m^2/giorno
	Isolamento acustico dai rumori aerei	/
	Assorbimento acustico	/

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posare i pannelli PregyPlacAquaboard BA13, controllare la planarità, fissarli con idonei sistemi meccanici agli elementi di ancoraggio e sigillare i giunti

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	08
Ri-Block	RI BLOCK®

Classificazione funzionale	2.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Catalyst S.r.l.,
Borgo Santa Croce, n°6, 50122 Firenze
www.catalyst-group.it
E-mail: info@catalyst-group.it
Tel.: +039 348 4706320, Fax: /

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva:
Blocco da costruzione ottenuto dal recupero dei materiali inerti da posare in opera senza l'utilizzo di malta

Denominazione commerciale:
Ri-Block

Descrizione morfologica:
Blocco da costruzione di dimensioni 24x12x5 cm dotato di due svasature che consentono di realizzare delle fughe perfette quando i blocchi vengono sovrapposti

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale

Blocchi da costruzione per la realizzazione di murature

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Resistenza a compressione	-
Benessere	Assorbimento d'acqua	-

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

È possibile posare i blocchi senza l'utilizzo di malta e realizzare murature faccia a vista

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	09	Classificazione funzionale	2.1.1
Biodämm	biodämm	Codice di classificazione tipologica	
		Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Vibrapac, Via Vallone, n°1, 20020 Solaro (MI) www.vibrapac.it E-mail: vibrapac@vibrapac.it Tel.: +039 029698131, Fax: +39 029691472	Vibrapac

2 Informazioni tecniche descrittive

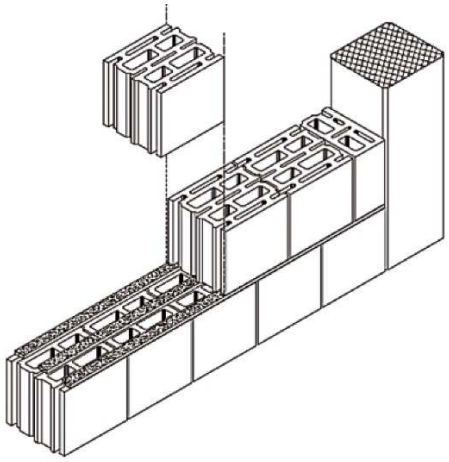
Classificazione descrittiva:
Muratura tecnica in elementi semipieni portanti a incastro di conglomerato cementizio vibrocompresso

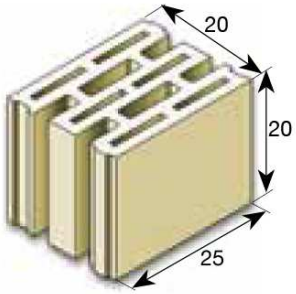
Denominazione commerciale:
Biodämm

Descrizione morfologica:
Blocco da costruzione di dimensioni 25x20x20 cm composto da materie prime secondarie di riciclo, inerti speciali a granulometria controllata e vetro espanso riciclato

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale





Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Resistenza a compressione	≥ 4 MPa
	Reazione al fuoco	A1
	Resistenza al fuoco	EI 120
Benessere	Coefficiente di diffusione del vapore acqueo	5 ÷ 15
	Potere fonoisolante	≥ 49 dB
	Conducibilità termica	0,22
Aspetto	Stabilità dimensionale	≤ 0,5 mm/m
	Percentuale di foratura	33%
Integrabilità	Aderenza	0,15 N/mm^2

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Seguire le linee guida di posa in opera e manutenzione disponibile su www.vibropac.it

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	10
Derbigum NT	DERBIGUM® NT

Classificazione funzionale	2.4.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Derbigum Italia, Via dell'Agricoltura, n°3, 40023 Castel Guelfo di Bologna (BO) www.derbigum.it E-mail: infoit@derbigum.com Tel.: +039 0542 48 86 13, Fax: +39 0542 48 82 01	DERBIGUM® MAKING BUILDINGS SMART

2 Informazioni tecniche descrittive

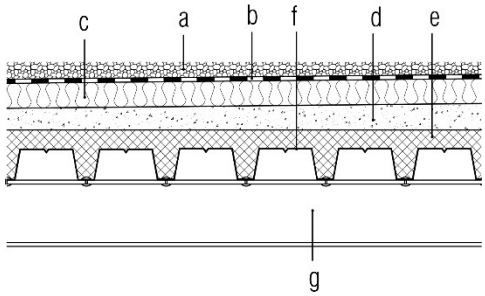
Classificazione descrittiva:
Membrana impermeabile bituminosa realizzata con materie prime secondarie derivanti da sfridi e da vecchie membrane bituminose riciclate

Denominazione commerciale:
Derbigum NT

Descrizione morfologica:
La guaina è provvista 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 e sulla faccia inferiore è munita di una cimosa protetta da striscia di PE termofusibile e da una cimosa talcata

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE VERTICALE:
a: Strato di protezione
b: Strato di tenuta all'acqua
c: Strato isolante
d: Strato di pendenza
e: Struttura portante
f: Strato di supporto
g: Struttura portante

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	*REQUISITO*	*PRESTAZIONE*
Sicurezza	Resistenza al fuoco	FRoof (t1, t2, t3, t4)
	Reazione al fuoco	E
	Resistenza a trazione	700/650 N/50 mm
	Resistenza alle radici	NPD
	Resistenza al carico statico	20 kg
	Resistenza all'impatto	1250 mm
	Resistenza alla lacerazione	200 N
	Resistenza al peeling dei giunti	65 (± 20%) N/50 mm
	Resistenza a trazione dei giunti	560 (± 20%) N/50 mm
Benessere	Impermeabilità all'acqua	Passa
Gestione	Resistenza ai raggi UV e all'acqua	Passa
Salvaguardia dell'ambiente	Dispersione di sostanze pericolose	/

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

La guaina va applicata con l'adesivo a freddo ecocompatibile DERBIBOND NT

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	11	Classificazione funzionale	2.2.1
Marne Eco++	eco++	Codice di classificazione tipologica	
		Semiomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

Coem S.p.a.,
Via Cameazzo, n°25, 41042 Fiorano Modenese (MO)
www.coem.it
E-mail: coem@coem.it
Tel.: +039 0536 993511, Fax: +39 0536 993588

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva:
Gres porcellanato ecologico che utilizza un'alta percentuale di riciclato

Denominazione commerciale:
Marne Eco++

Descrizione morfologica:
Pavimento per interni in piastrelle di gres porcellanato di sezione 60x60 cm e spessore 2 cm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale

Strato di rivestimento per pavimentazioni interne

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	$A1_{FL}$/A1
	Reazione alla rottura	1300 N
	Scivolosità	NPD
	Resistenza al carico statico	20 kg
Benessere	Tattilità	NPD
	Resistenza allo shock termico	Passa
Integrabilità	Forza di adesione	NPD
Gestione	Durabilità	Passa
Salvaguardia dell'ambiente	Dispersione di sostanze pericolose	NPD

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posare le piastrelle di gres porcellanato su strato di allettamento e sigillare i giunti

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	12
Pattwall	

Classificazione funzionale	2.2.1
Codice di classificazione tipologica	
Semicomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

Fantoni S.p.a.,
Via Europa Unita, n°1, 33010 Osoppo (UD)
www.fantoni.it
E-mail: /
Tel.: +039 0432 9761, Fax: /

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva:
Rivestimento di pavimenti ad incastro composto da materie prime derivanti dal recupero del legno

Denominazione commerciale:
Pattwall

Descrizione morfologica:
Pavimento per interni in legno con sistema ad incastro spessore 2 cm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale

Strato di rivestimento per pavimentazioni interne

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	$A1_{FL}$/A1
	Reazione alla rottura	1300 N
	Scivolosità	NPD
	Resistenza al carico statico	20 kg
	Resistenza agli sbalzi termici	Passa
Benessere	Tattilità	NPD
Integrabilità	Forza di adesione	NPD
Gestione	Durabilità	Passa
Salvaguardia dell'ambiente	Dispersione di sostanze pericolose	NPD

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posare le lastre di rivestimento a secco e controllare la planarità

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	13
New Granite Black Galaxy	

Classificazione funzionale	4.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Semicomponente	CP 4

1 Informazione sull'origine del prodotto

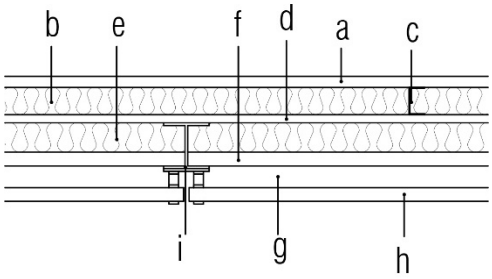
Graniti Fiandre S.p.a., Via Radici Nord, n°112, 42014 Castellarano (RE) www.granitifiandrei.it E-mail: / Tel.: +039 0536 819611, Fax: +039 0536 858082

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva: Lastre in granito di colorazione scura e di diverse dimensioni contenente materiale riciclato
Denominazione commerciale: New Granite Black Galaxy
Descrizione morfologica: Lastre in granito di diverse dimensioni e spessore 2 cm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE ORIZZONTALE:
a: Strato interno della parete
b: Strato isolante
c: Elemento di ancoraggio
d: Strato di supporto intermedio
e: Strato isolante
f: Strato impermeabile
g: Intercapedine d'aria
h: Rivestimento esterno
i: Elemento di supporto e ancoraggio

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Reazione al fuoco	$A1 - A1_{FL}$
	Reazione alla flessione	50 MPa
	Scivolosità	NPD
	Resistenza agli sbalzi termici	Conforme
Benessere	Tattilità	NPD
	Resistenza allo shock termico	Passa
Integrabilità	Resistenza all'adesione	NPD
Gestione	Durabilità (uso interno)	Conforme
	Durabilità (resistenza al gelo)	Conforme
Salvaguardia dell'ambiente	Dispersione di sostanze pericolose	NPD

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Ancorare le lastre di rivestimento agli appositi sistemi di ancoraggio

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	14
Perla OP 0.95	

Classificazione funzionale	3.2.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

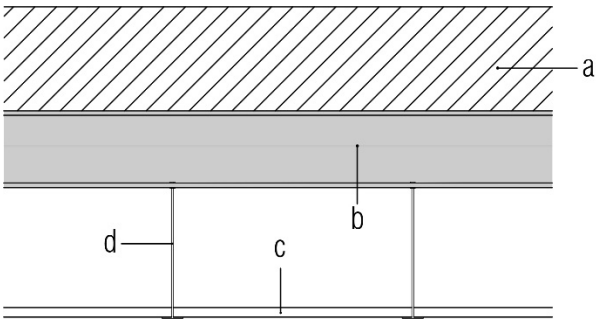
Armstrong World Industries Ltd, Armstrong House, 38 Market Square, Uxbridge, Middlesex UB8 1NG (UK) www.armstrong.it E-mail: / Tel.: 800.118.085, Fax: +33 145 21 04 11

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva: Controsoffitto a pannelli in fibre minerali per ambienti interni costituito da un'alta percentuale di materie prime secondarie
Denominazione commerciale: Perla OP 0.95
Descrizione morfologica: Pannelli di colore bianco di dimensioni 1200x600x15 mm con superficie piana e liscia e bordi rinforzati

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE VERTICALE:
a: Struttura di copertura
b: Trave in acciaio
c: Elementi di ancoraggio
d: Strato di rivestimento

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Reazione al fuoco	A2-s1, d0
	Resistenza a flessione	NPD
Benessere	Assorbimento acustico	0,95
	Isolamento acustico	25 dB
	Conduttività termica	0,036 W/mK
Salvaguardia dell'ambiente	Rilascio di amianto	Non contiene amianto
	Rilascio di formaldeide	E1

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Seguire le linee guida per la posa e la manutenzione disponibile sul sito www.armstrong.it

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	15	Classificazione funzionale	4.1.1
Versatilis JF11020		Codice di classificazione tipologica	
		Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Woodn Industries S.r.l., Via Caffi, n°17, 32100 Belluno www.woodn.com E-mail: info@woodn.com Tel.: +39 049 89 60 706, Fax: +39 049 89.60.900	WOODN SPECIES UNICA

2 Informazioni tecniche descrittive

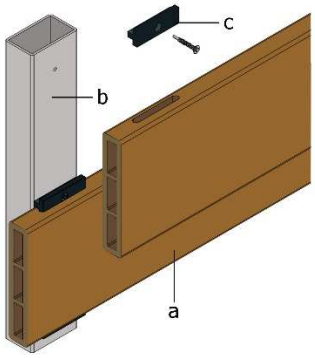
Classificazione descrittiva:
Doghe orizzontali in materiale composito (PVC, fibra di legno) per la realizzazione di frangisole per usi esterni

Denominazione commerciale:
Versatilis JF11020

Descrizione morfologica:
Frangisle Woodn di dimensioni 110x20 mm e lunghezza standard 3 m, con colore e venature effetto legno

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



VISTA ASSONOMETRICA:
a: Doghe orizzontali
b: Montante verticale
c: Sistema di fissaggio

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Reazione al fuoco	V-0
	Modulo elastico (flessionale)	23°C: 2070 MPa
	Carico di snervamento (flessionale)	23°C: 33 MPa
	Resistenza agli sbalzi di temperatura	Livello 5
Aspetto	Variazioni dimensionali associate alle variazioni di umidità	Da 65% U.R. a 85% U.R. - Long.: 0,3 mm/m - Spessore 0,1 % Da 65% U.R. a 30 % U.R. - Long.: -0,2 mm/m - Spessore -0,1%
	Coeff. di espansione termica lineare	Long.: $46{,}9 \times 10^{-6}$ m/(m°C) Trasversale: $48{,}9 \times 10^{-6}$ m/(m°C)
Gestione	Resistenza ai liquidi freddi	Classe E

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Posizionare le doghe con un passo di 20 cm e fissarle ai montanti verticali in acciaio mediante appositi sistemi meccanici

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	16
Fanny	

Classificazione funzionale	4.1.1
Codice di classificazione tipologica	
Componente	CP 5

1 Informazione sull'origine del prodotto

Plasticino S.r.l.,
Viale A. Borletti, n°2/B, 20010 S. Stefano Ticino (MI)
www.plasticino.it
E-mail: info@plasticino.it
Tel.: +39 02 97270614, Fax: +39 02 97270528

2 Informazioni tecniche descrittive

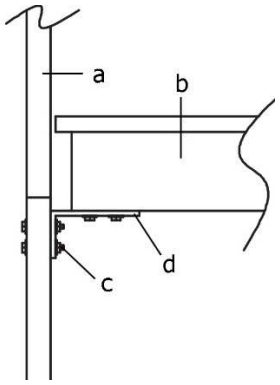
Classificazione descrittiva:
Stecche verticali in materiale composito (PVC, fibra di vetro e pellicola superficiale in PMMA)

Denominazione commerciale:
Fanny

Descrizione morfologica:
Per tutte le larghezze i frangisole sono costituiti da:
- n° 2 montanti verticali per L da cm 60 a cm 120, n° 3 montanti per una L da cm 130 a cm 200. I montanti hanno con un'anima tubolare in acciaio zincato 30x40x1,5/3 mm rivestiti in PVC a sezione 35x45x2
- stecche verticali, poste a distanza di mm 10, in PVC a "zeta" dim. 32x32x32 sp. 2 mm

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale



SEZIONE VERTICALE:
a: Stecche verticali
b: Solaio
c: Piastra in acciaio
d: Sistema di fissaggio bullonato

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	***REQUISITO***	***PRESTAZIONE***
Sicurezza	Reazione al fuoco	/
	Modulo elastico (flessionale)	/
	Carico di snervamento (flessionale)	/
	Resistenza agli sbalzi di temperatura	/
Aspetto	Variazioni dimensionali	/
	Coeff. di espansione termica lineare	/

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

Il frangisole verrà fissato frontalmente alla facciata con piastre in acciaio zincato con relativi tasselli, oppure con tasselli passanti attraverso la piantana preforata e relativi distanziali in alluminio pieno

SCHEDA TECNICA DI PRODOTTO	17	Classificazione funzionale	2.1.2
Planet NEO 62	PLANET neo 62	Codice di classificazione tipologica	
		Componente a sistema	CP 6

1 Informazione sull'origine del prodotto

Fresia Alluminio S.p.a.,
Via Venezia, n°35/A, 10088 Volpiano (TO)
www.fresiaalluminio.it
E-mail: info@fresialluminio.it
Tel.: +39 0112250211, Fax: +39 0112250290

2 Informazioni tecniche descrittive

Classificazione descrittiva:
Serramenti per finestre, porte e porte-finestre con telaio in alluminio in materiale riciclato

Denominazione commerciale:
Planet Neo 62

Descrizione morfologica:
Finestre, porte e porte-finestre di diverse dimensioni

3 Informazioni sulle prestazioni

Identificazione funzionale

Lettura delle prestazioni del prodotto

ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE
Sicurezza	Resistenza al carico del vento	Classe C5
Benessere	Isolamento termico	Uw = 1.6 W/m^{2}K
	Isolamento acustico	45 dB
	Permeabilità all'aria	Classe 4
	Tenuta all'acqua	E 1050

4 Informazioni per il corretto uso e manutenzione

-

Appendice

Tabella A.1: Evoluzione della politica ambientale europea ed internazionale fino al 2010

ANNO	DOCUMENTO	DESCRIZIONE
1972	Dichiarazione di Stoccolma sull'ambiente umano	Contiene 26 principi su diritti e responsabilità umane sull'ambiente
1973	I° Programma d'azione per l'ambiente (1973-76)	Enuncia il principio secondo cui la responsabilità del costo necessario a riparare un danno ambientale deve in generale essere attribuita ai responsabili di tale danno e suggerisce misure per contenere alcune specifiche forme di inquinamento industriale
1977	II° Programma d'azione per l'ambiente (1977-81)	Sposta l'attenzione della legislazione comunitaria dal recupero di danni ambientali esistenti alla prevenzione di danni ulteriori
1980	Strategia mondiale per la conservazione (WCS)	Introduce il concetto di sostenibilità dello sviluppo e delinea come obiettivi il mantenimento dei sistemi vitali e dei processi ecologici essenziali, la conservazione della diversità genetica e l'utilizzo sostenibile delle specie e degli ecosistemi
1982	III° Programma d'azione per l'ambiente (1982-86)	Inizia una politica preventiva e protettiva nei riguardi dell'ambiente e una pianificazione dell'utilizzazione dei suoli
1986	Atto unico europeo	Enuncia i principi per l'azione della politica ambientale europea: principio di prevenzione; principio chi inquina paga; principio di sussidiarietà
1987	Rapporto Brundtland	Introduce la definizione di sviluppo sostenibile
1987	IV° Programma d'azione per l'ambiente (1987-91)	Integra le problematiche ambientali nelle altre politiche europee. Nasce il Risk Assessment, uno strumento legislativo in grado di fornire supporto nella valutazione dei rischi delle sostanze chimiche esistenti
1992	Agenda 21	Piano di Azione dell'ONU per lo sviluppo sostenibile di riferimento per il 21° secolo, definito dalla Conferenza ONU Sviluppo e Ambiente di Rio de Janeiro nel 1992, e sottoscritto da 180 Governi
1992	V° Programma d'azione per l'ambiente (1992-2000)	Stabilisce la necessità di un cambiamento radicale in tutti i settori di intervento della comunità e l'obbligo che la tutela dell'ambiente venga integrata nella definizione e nell'attuazione di tutte le altre politiche comunitarie
1993	Trattato di Maastricht	Ridefinisce gli obiettivi della politica economica comunitaria in termini di promozione di una crescita economica sostenibile e non inflazionistica nel rispetto dell'ambiente
1997	Trattato di Amsterdam	La tutela ambientale diventa un principio costituzionale dell'Unione Europea ed una politica comunitaria di pari livello rispetto alle altre fondamentali finalità dell'UE
1997	Protocollo di Kyoto	Trattato internazionale riguardante il surriscaldamento globale, redatto da più di 180 Paesi in occasione della *Conferenza delle Parti "COP3*" della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)
2000	Strategia di Lisbona	Programma di riforme economiche in cui l'UE si pone l'obiettivo di diventare l'economia basata sulla conoscenza, più competitiva e dinamica del mondo, in grado di realizzare una crescita economica sostenibile
2001	VI° Programma d'azione per l'ambiente (2001-2010)	Individua gli obiettivi generali da perseguire e le azioni da intraprendere suddividendoli in quattro aree d'azione: cambiamento climatico, natura e biodiversità, ambiente e salute, gestione delle risorse e dei rifiuti
2001	Strategia dell'UE per lo sviluppo sostenibile	Delinea una strategia concentrata sui problemi che rappresentano una minaccia grave o irreversibile per il benessere futuro della società europea e propone alcuni indirizzi concreti di politica, obiettivi specifici e misure necessarie per il loro raggiungimento.
2009	Trattato di Lisbona	Rafforza e precisa la portata della politica ambientale europea finalizzata a garantire uno sviluppo sostenibile

Tabella A.2: Classificazione dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione secondo l'elenco CER (Fonte: Decisione 2014/955/UE)

17	**RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE** (COMPRESO IL TERRENO PRELEVATO DA SITI CONTAMINATI)
17 01	**cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche**
17 01 01	cemento
17 01 02	mattoni
17 01 03	mattonelle e ceramiche
17 01 06*	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
17 01 07	miscugli di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diversi da quelli di cui alla voce 17 01 06
17 02	**legno, vetro e plastica**
17 02 01	legno
17 02 02	vetro
17 02 03	plastica
17 02 04*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
17 03	**miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame**
17 03 01*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone
17 03 02	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01
17 03 03*	catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04	**metalli (incluse le loro leghe)**
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 09*	rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
17 04 10*	cavi impregnati di olio, di catrame di carbone o di altre sostanze pericolose
17 04 11	cavi, diversi da quelli di cui alla voce 17 04 10
17 05	**terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio**
17 05 03*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
17 05 04	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
17 05 05*	materiale di dragaggio contenente sostanze pericolose
17 05 06	materiale di dragaggio, diverso da quello di cui alla voce 17 05 05
17 05 07*	pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
17 05 08	pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 17 05 07
17 06	**materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto**
17 06 01*	materiali isolanti, contenenti amianto
17 06 03*	altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
17 06 04	materiali isolanti, diversi da quelli di cui alle voci 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05*	materiali da costruzione contenenti amianto

17	RIFIUTI DALLE ATTIVITÀ DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PRELEVATO DA SITI CONTAMINATI)
17 08	**materiali da costruzione a base di gesso**
17 08 01*	materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
17 08 02	materiali da costruzione a base di gesso, diversi da quelli di cui alla voce 17 08 01
17 09	**altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione**
17 09 01*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
17 09 02*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB)
17 09 03*	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
17 09 04	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

Tabella A.3: Elenco delle operazioni di recupero secondo la direttiva quadro sui rifiuti (Fonte: Allegato C, D.Lgs. 152/06, Parte IV)

CODICE	OPERAZIONI DI RECUPERO
R1	Utilizzazione principalmente come combustibile o come altro mezzo per produrre energia
R2	Rigenerazione/recupero di solventi
R3	Riciclaggio/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi (comprese le operazioni di compostaggio e altre trasformazioni biologiche)
R4	Riciclaggio /recupero dei metalli e dei composti metallici
R5	Riciclaggio/recupero di altre sostanze inorganiche
R6	Rigenerazione degli acidi o delle basi
R7	Recupero dei prodotti che servono a ridurre l'inquinamento
R8	Recupero dei prodotti provenienti dai catalizzatori
R9	Rigenerazione o altri reimpieghi degli oli
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)

Tabella A.4: Elenco delle operazioni di smaltimento secondo la direttiva quadro sui rifiuti (Fonte: Allegato C, D.Lgs. 152/06, Parte IV)

CODICE	OPERAZIONI DI SMALTIMENTO
D1	Deposito sul o nel suolo (ad esempio discarica).
D2	Trattamento in ambiente terrestre (ad esempio biodegradazione di rifiuti liquidi o fanghi nei suoli)
D3	Iniezioni in profondità (ad esempio iniezioni dei rifiuti pompabili in pozzi, in cupole saline o faglie geologiche naturali)
D4	Lagunaggio (ad esempio scarico di rifiuti liquidi o di fanghi in pozzi, stagni o lagune, ecc.)
D5	Messa in discarica specialmente allestita (ad esempio sistematizzazione in alveoli stagni, separati, ricoperti o isolati gli uni dagli altri e dall'ambiente)
D6	Scarico dei rifiuti solidi nell'ambiente idrico eccetto l'immersione
D7	Immersione, compreso il seppellimento nel sottosuolo marino
D8	Trattamento biologico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli che vengono eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12
D9	Trattamento fisico-chimico non specificato altrove nel presente allegato, che dia origine a composti o a miscugli eliminati secondo uno dei procedimenti elencati nei punti da D1 a D12 (ad esempio evaporazione, essiccazione, calcinazione, ecc.)
D10	Incenerimento a terra
D11	Incenerimento in mare
D12	Deposito permanente (ad esempio sistemazione di contenitori in una miniera)
D13	Raggruppamento preliminare prima di una delle operazioni di cui ai punti da D1 a D12

Tabella A.5: Elenco delle possibili tecniche e attrezzature utilizzabili nella demolizione selettiva in base ai diversi elementi del sistema tecnologico edilizio (Fonte: *Riduzione dell'impatto*, cit.)

ELEMENTO DA DEMOLIRE	TECNICHE POSSIBILI
Collegamenti elettrici, telefonici, ecc.	
esterno	smontaggio
con tubi murati	smontaggio e martello demolitore
senza tubi	martello demolitore
Impianti tecnologici	
impianto di riscaldamento a pavimento	martello demolitore, smerigliatrice
impianto di riscaldamento a termosifoni	smontaggio, martello demolitore, smerigliatrice
impianto di riscaldamento ad aria	smontaggio
Rivestimenti	
orizzontali	
materiali lapidei	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena
laterizio	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione
ceramica	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena
piastrelle di cemento pressato	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena

ELEMENTO DA DEMOLIRE	TECNICHE POSSIBILI
piastrelle cemento e graniglia	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena
grès	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena
legno	smontaggio, seghe
cemento amianto	smontaggio da parte di ditta specializzata
asfalto	seghe da pavimento, seghe a catena, lama d'acqua
rivestimenti di pasta (tipo cotto pesto)	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione
sughero, moquette, linoleum, gomma, resina sintetica	seghe da pavimento, lama d'acqua ad alta pressione
verticali	
materiali lapidei	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena
laterizio	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena
ceramica	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena
grès	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena
legno	smontaggio, seghe
intonaco	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, fresatrice
intonaco pietrificante	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, fresatrice
intonaco isolante	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, fresatrice
cemento amianto	smontaggio da parte di ditta specializzata
asfalto	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, fresatrice
sughero, moquette, linoleum, gomma, resina sintetica	seghe a disco diamantato, lama d'acqua ad alta pressione
pannelli di tamponamento verticale	martello demolitore, smerigliatrice, seghe da parete
Copertura	
laterizio	smontaggio manuale, seghe a catena
legno	seghe
materiali lapidei	smontaggio, manuale, seghe a catena, lancia termica
cemento amianto	smontaggio da parte di ditta specializzata
profilati di acciaio o alluminio	smontaggio manuale, smerigliatrice, lancia termica
profilati di acciaio o alluminio rivestiti di materiali isolanti	smontaggio manuale
Struttura copertura	
capriate di legno	smontaggio manuale, seghe
capriate di acciaio	smontaggio manuale, seghe a disco diamantato

ELEMENTO DA DEMOLIRE	TECNICHE POSSIBILI
capriate prefabbricate per solai di laterizio armato	smontaggio, filo diamantato, seghe a disco diamantato, lancia termica, pinze e cesoie idrauliche, seghe da parete, seghe a catena
shed di calcestruzzo armato	smontaggio, filo diamantato, seghe a disco diamantato, lancia termica, pinze e cesoie idrauliche, seghe a catena
vetro cemento	smontaggio con eventuale uso di martello demolitore, seghe da parete
Collegamenti verticali	
di legno	smontaggio manuale, seghe
a mensola di pietra	smontaggio, manuale, seghe da parete, filo diamantato
calcestruzzo armato a mensola	pinze e cesoie idrauliche, seghe da parete, seghe a catena, filo diamantato, lancia termica
calcestruzzo armato autoportante	pinze e cesoie idrauliche, seghe da parete, seghe a catena, filo diamantato, lama d'acqua ad alta pressione, lancia termica
calcestruzzo armato prefabbricato	smontaggio, pinze e cesoie idrauliche, seghe da parete, seghe a catena, filo diamantato, lama d'acqua ad alta pressione, lancia termica
di ferro	smontaggio, manuale, smerigliatrice
Strutture orizzontali	
solai di legno	smontaggio tramite seghe
solai di legno e laterizio	smontaggio manuale con martello demolitore
solai a volta di laterizio	martello demolitore, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo
solai di laterizio a voltino e travi di ferro	martello demolitore, lancia termica
solai di laterizio armato con travi prefabbricate di calcestruzzo armato	martello demolitore, pinze e cesoie idrauliche, seghe da pavimento, seghe a tuffo
solai di laterizio armato con travi di calcestruzzo armato	martello demolitore, pinze e cesoie idrauliche, seghe da pavimento, seghe a tuffo
solai di calcestruzzo armato	pinze e cesoie idrauliche, spaccaroccia meccanici o chimici, sollevatore idraulico, carotatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a tuffo, filo diamantato, lama d'acqua ad alta pressione, fresatrice, lancia termica
solai di calcestruzzo armato con lamiera grecata	pinze e cesoie idrauliche, carotatrice, seghe da parete, seghe da pavimento, seghe a tuffo, filo diamantato, lama d'acqua ad alta pressione
Tamponamenti	
muratura di materiali lapidei	martello demolitore, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato
muratura di mattoni	martello demolitore, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato
muratura di calcestruzzo armato	filo diamantato, pinze e cesoie idrauliche, spaccaroccia meccanici o chimici, carotatrice, seghe a tuffo, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, lancia termica
vetro cemento	smontaggio, seghe a catena
Struttura portante	
a pilastri	
di calcestruzzo armato	filo diamantato, pinze e cesoie idrauliche, seghe da parete, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, lancia termica

ELEMENTO DA DEMOLIRE	TECNICHE POSSIBILI
di acciaio	smontaggio, filo diamantato, pinze e cesoie idrauliche, smerigliatrice, lancia termica
a setti	
muratura di materiali lapidei	smontaggio manuale con martello demolitore, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato, lancia termica
muratura di mattoni	smontaggio manuale con martello demolitore, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato
muratura di calcestruzzo armato	filo diamantato, tenaglia, pinze e cesoie idrauliche, spaccaroccia meccanici o chimici, carotatrice, seghe da parete, seghe a tuffo, seghe a catena, lama d'acqua ad alta pressione, lancia termica
costruzione di blocchi leggeri	smontaggio, filo diamantato, tenaglia, lama d'acqua ad alta pressione, carotatrice, seghe da parete, a tuffo e a catena
prefabbricato	
elementi isolati "smontabili"	smontaggio, pinze e cesoie idrauliche, carotatrice, seghe da parete, seghe da pavimentato, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato, lancia termica
elementi isolati "cementati"	smontaggio, pinze e cesoie idrauliche, carotatrice, seghe da parete, seghe da pavimentato, seghe a tuffo, seghe a catena, filo diamantato, lancia termica, lama d'acqua ad alta pressione
strutture in ferro	
elementi isolati "smontabili"	smontaggio, lancia termica
elementi isolati "saldati"	smontaggio, filo diamantato, lancia termica, pinze e cesoie idrauliche
Strutture di fondazione	
plinti	martello demolitore, pinze e cesoie idrauliche, spaccaroccia meccanici o chimici, filo diamantato
travi rovesce	martello demolitore, pinze e cesoie idrauliche, spaccaroccia meccanici o chimici, filo diamantato
a platea	martello demolitore, spaccaroccia meccanici o chimici, seghe da pavimento
pali di fondazione	martello demolitore, spaccaroccia meccanici o chimici

Tabella A.6: Modello di piano di gestione dei rifiuti da cantiere nella provincia di Bologna
(Fonte: Direttiva tecnica 7, *Il mattone ritrovato*, cit.)

Schema dell'apposito elaborato progettuale		
N.	**Dati richiesti**	**Descrizione**
A	Dati identificativi del cantiere e della proprietà	
B	Sintetica descrizione dello stato delle eventuali strutture da demolire*	
C	Sintetica descrizione delle opere da realizzare*	
D	Sintetica descrizione delle principali attività di cantiere previste**	
E	Sintetica descrizione delle modalità di gestione dei rifiuti prodotti e del loro deposito	

*NOTA: è possibile fare riferimento ad elaborati progettuali
**NOTA: è possibile fare riferimento alla documentazione elaborata ai sensi del D.Lgs. 494/96 e successivi aggiornamenti e ad altri elaborati

Caratteristiche dei residui provenienti da demolizioni e da costruzioni		Prevista destinazione finale dei residui (si presume che ciascun materiale abbia una unica destinazione)				Gestione in cantiere dei rifiuti Deposito temporaneo		
N.	**Tipo di residui**	**Componenti riutilizzabili [Kg]**	**Rifiuti recuperabili [Kg]**	**Rifiuti da smaltire [Kg]**	**Destinazione finale**	**Modalità di stoccaggio ***	**Superficie occupata [mq]**	**Capacità del deposito [mc]**
1								
2								
…								
TOTALE								

*** NOTA: Cassonetti, contenitori carrabili, in cumulo, ecc.
In caso di deposito in cumulo indicare le caratteristiche della pavimentazione

Allegati obbligatori:
- Elaborato cartografico con l'indicazione dell'ubicazione e del dimensionamento del deposito temporaneo e descrizione delle sue caratteristiche;
- Relazione tecnica sulle modalità di gestione dei rifiuti prodotti e del loro deposito temporaneo.

Tabella A.7: Indicazioni per l'elaborazione di piano di gestione dei rifiuti da cantiere nella regione Lazio (Fonte: All. 6, DGR Lazio, n. 34)

MACROCATEGORIE	INDICAZIONI	CONTENUTI
Atti, e soggetti interessati	Richiedente	Generalità, domicilio e dati fiscali del richiedente
	Ditta/e esecutrice/i dei lavori	Nominativo/i con generalità, domicilio e dati fiscali (qualora non individuata all'atto della richiesta, allegare dichiarazione che verrà comunicata prima dell'inizio dei lavori)
	Ditta/e incaricata/e del trasporto dei rifiuti da costruzione e demolizione	Nominativo/i con generalità, domicilio e dati fiscali (qualora non individuata all'atto della richiesta, allegare dichiarazione che verrà comunicata prima dell'inizio dei lavori)
Caratteristiche generali del sito	Ubicazione del sito su cartografia catastale	Indicare Foglio/i e Particella/e (Allegare Planimetria Catastale)
	Utilizzazione pregressa del sito	Definire l'utilizzo pregresso del sito in riferimento ai potenziali inquinanti
Terre e rocce da scavo	Caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito	Informazioni estraibili dalla relazione geologica
	Stratigrafia del terreno interessato dallo scavo con particolare riferimento allo strato superficiale e agli eventuali riporti	Informazioni estraibili dalla relazione geologica
	Composizione dello strato superficiale e degli eventuali riporti con eventuale dichiarazione dell'assenza di rifiuti o di livelli inquinati	Descrizione della composizione macroscopica dello strato superficiale, con eventuale dichiarazione dell'assenza di rifiuti o di eventuali livelli inquinati
	Siti o infrastrutture potenzialmente inquinanti situate nell'area di intervento	Dichiarazione che nell'area non sono presenti zone interessate da serbatoi o cisterne interrate, sia dismesse che rimosse che in uso, che contengono o hanno contenuto idrocarburi o sostanze pericolose, oppure interessate da interventi di bonifica, oppure interessate da aste fluviali o canali su cui sono presenti fonti di contaminazione (scarichi di acque reflue industriali e/o urbane), oppure vi sia il sospetto della presenza di fonti di inquinamento diffuse. In caso contrario descrivere le modalità di campionamento dei terreni potenzialmente contaminati ed allegare i certificati di analisi. Nel caso i risultati delle analisi evidenziassero valori superiori a quelli previsti dalla tabella di cui all'allegato 5 alla parte IV del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., le terre dovranno essere smaltite in conformità alla normativa vigente in materia di rifiuti e non potranno essere destinate ad operazioni di recupero
	Descrizione dell'intervento che prevede la produzione di terre e rocce da scavo	Descrizione dell'intervento (scavo realizzato per la realizzazione di fondazioni, passaggio mezzi, livellamento ecc.)
	Modalità e tecnologie usate per lo scavo/estrazione del materiale ed eventuali altre lavorazioni	Descrizione dei macchinari che verranno utilizzati per la realizzazione dello scavo
Inerti da costruzione e demolizione	Descrizione dell'intervento che prevede la produzione di rifiuti inerti in forma compatta (inerti da costruzione e demolizione)	Descrizione dell'intervento (Demolizione di un fabbricato ai fini della realizzazione di una nuova costruzione, demolizione in senso schietto ecc.)
	Descrizione delle modalità e delle tecniche con le quali si procede all'esecuzione delle attività di demolizione	Descrizione delle attività di demolizione (Demolizione selettiva e demolizione non controllata). Si mette in evidenza come la tecnica della demolizione selettiva sia in grado di garantire il recupero della massima quantità possibile di rifiuti

MACROCATEGORIE	INDICAZIONI	CONTENUTI
Cantierizzazione (stoccaggio, tempi, flussi e trasporto)	Cautele da adottare in fase di scavo/demolizione e stoccaggio provvisorio	Descrizione delle cautele da adottare al fine di evitare miscelazioni e contaminazioni durante le fasi di scavo/demolizione e stoccaggio (es.: il cantiere verrà adeguatamente recintato e l'area di stoccaggio verrà opportunamente confinata per impedire eventuali scarichi di materiale potenzialmente inquinato sul materiale stoccato. Intorno ai cumuli verrà realizzato un canale di scolo opportunamente convogliato per evitare la dispersione del materiale per effetto delle piogge. Le fasi di scavo/demolizione verranno opportunamente monitorate al fine di evitare sversamenti accidentali da parte dei mezzi d'opera impiegati)
	Tempi d'intervento e gestione dei flussi	Es.: Tempi d'intervento: le lavorazioni legate alla produzione di materiale sono stimate in _____ gg lavorativi. Flussi: Il materiale sarà movimentato all'interno/ esterno dell'area di cantiere, è prevista la movimentazione di _____ camion nell'arco di una giornata lavorativa di _____ ore.
	Metri cubi prodotti in totale e al giorno	Si prevede una produzione complessiva pari a _____ mc di terre/inerti. La produzione giornaliera è stimata in circa _____ mc/giorno
	Modalità e tempi di stoccaggio/deposito temporaneo	Descrizione delle modalità e dei tempi di stoccaggio temporaneo ai sensi dell'art. 183 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.
	Procedure di trasporto e rintracciabilità	Indicare le procedure di trasporto di legge
Destinazione finale	Destinazione finale dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione	Indicare la destinazione finale dei rifiuti inerti prodotti dalle attività di costruzione e demolizione (Riciclo, Recupero ambientale, Discarica)
	Titolare dell'autorizzazione del sito di destinazione	Se soggetto privato indicare generalità, domicilio e dati fiscali del destinatario
	Ubicazione del sito di destinazione finale su cartografia catastale ove già individuato	Indicare Foglio/i e Particella/e (Allegare Planimetria Catastale)

Tabella A.8: Elenco di materiali e prodotti secondari per l'edilizia ottenibili da rifiuti provenienti da attività diverse dalla demolizione degli edifici (Fonte: All. 1, suball. 1, DM 05/02/98)

TIPOLOGIA RIFIUTO	PROVENIENZA	MPS E PRODOTTI EDILIZI OTTENUTI
vetro		
Imballaggi Vetro di scarto Rottami in vetro	Raccolta differenziata Attività industriali, artigianali, commerciali e di servizi	Manufatti edili in vetro
Scorie vetrose	Gassificazione di carbone	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo Laterizi
metalli		
Rifiuti di ferro, acciaio e ghisa	Raccolta differenziata Attività industriali, artigianali, commerciali e di servizi	Profili di metallo ferroso
Rifiuti di metalli non ferrosi o loro leghe	Raccolta differenziata Attività industriali, artigianali, commerciali e di servizi	Profili di metallo non ferroso
Rottami di autoveicoli	Centri di autodemolizione	Profili di metallo e loro leghe
Scorie di metalli non ferrosi	Industria metallurgica	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo
Scorie di acciaieria	Industria siderurgica	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo Laterizi
Scorie da forno elettrico ad arco (EAF)	Fonderie di seconda fusione di ghisa ed acciaio	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo Laterizi
Scaglie di laminazione e di stampaggio	Impianti di depurazione delle acque di laminazione, di colata continua e di trafilazione	Cemento
Loppa granulata d'altoforno	Industria siderurgica Produzione di ghisa d'altoforno	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo
Residui di minerali di ferro	Industria siderurgica	Cemento Conglomerati cementizi Aggiunte al calcestruzzo
plastica		
Imballaggi	Raccolta differenziata Attività industriali, artigianali, commerciali e agricole	Prodotti in plastica Aggiunte al calcestruzzo
Parti di autoveicoli	Centri di autodemolizione	Prodotti in plastica
Polveri di buffing e cascami di TNT	Industria del TNT e del feltro greggio	Pannelli fonoassorbenti e termoisolanti
Pneumatici	Centri di autodemolizione Attività di riparazione penumatici	Manufatti in gomma Aggiunte al calcestruzzo
inerti		
Traversoni ferroviari e pali in c.a.	Manutenzione delle reti	Aggregati per calcestruzzo
Rifiuti di rocce da cave	Attività di cava	Cemento Aggregati per calcestruzzo
Sfridi di prodotti ceramici	Fabbricazione di prodotti ceramici	Prodotti ceramici Laterizi Materiale lapideo
Sfridi di laterizio e argilla espansa	Fabbricazione di laterizi, argilla e perlite espansa	Cemento Prodotti ceramici Laterizi
Sabbie esauste	Produzione di refrattari elettrofusi	Cemento Conglomerati cementizi
Rifiuti costituiti da carbonati ed idrati di calcio	Industria chimica	Cemento
Rifiuti di refrattari	Produzione dei refrattari	Cemento Conglomerati cementizi Calcestruzzo Materiali refrattari
Abrasivi di scarto	Processi di pulizia, lavorazioni meccaniche, sabbiature dei manufatti metallici	Calce idraulica Cemento

TIPOLOGIA RIFIUTO	PROVENIENZA	MPS E PRODOTTI EDILIZI OTTENUTI
Calchi in gesso esausti	Attività scultoree Industria ceramica	Cemento
Sfridi di gesso	Attività industriali	Cemento
Detriti di perforazione	Attività di trivellazione	Cemento
Calci di defecazione	Attività industriali dello zucchero, dell'alcol e del lievito	Cemento Laterizi
Rifiuti costituiti da pietrisco di vagliatura del calcare	Attività industriali dello zucchero, dell'alcol, del lievito e dell'estrazione Industria siderurgica	Calce idraulica Conglomerati cementizi Cemento Prodotti in ghisa
Scarti di vagliatura latte di calce	Industria chimica e della calce	Calce idraulica Conglomerati cementizi Cemento
Inerti di tinkal	Produzione di metaborato e perborato di sodio	Prodotti ceramici Laterizi
Rifiuti e rottami di cermets	Industria metallurgica non ferrosa	Profili in metallo non ferroso
Pomice esausta	Lavanderie	Cemento
Fumi di silice	Fusione di leghe ferro-silicio in forni ad arco elettrico	Cemento Aggiunte al calcestruzzo
Conchiglie	Pulizia arenili Industria ittica	Cemento
Terre e sabbie esauste	Fonderie di seconda fusione di ghisa e acciaio	Cemento Calce idraulica Laterizi e argilla espansa Conglomerati cementizi Manufatti in vetro Materiali e prodotti ceramici
Rottami di quarzo puro	Industria chimica	Polveri di quarzo di varia granulometria per uso edile
Materiali fini da filtri	Fonderie di seconda fusione della ghisa	Cemento Calce idraulica Aggiunte al calcestruzzo Conglomerati cementizi Manufatti in vetro
Supporti di inerti di catalizzatori	Attività di rigenerazione di catalizzatori esausti	Cemento
legno		
Scarti di legno e sughero Imballaggi	Raccolta differenziata Attività industriali, commerciali, agricole e di servizi	Manufatti e pannelli in legno e sughero
Black liquor	Cartiere Industria dei pannelli in fibra di legno	Pannelli di particelle
Rifiuti di carte decorative impregnate	Attività industriali	Laminato Laterizi Pannelli Prodotti per l'arredamento
agroalimentare		
Terre da coltivo	Industria agroalimentare e laniera	Prodotti ceramici Laterizi
Terre e farine disoleate	Raffinerie per il recupero dell'olio	Laterizi e argilla espansa Cemento
Sansa esausta di oliva	Industria olearia	Pannelli e lastre
fanghi		
Fanghi da industria cartaria	Depurazione acque delle industrie cartarie	Laterizi e argilla espansa Cemento Conglomerati cementizi Pannelli in fibra
Fanghi e polveri da segagione e lavorazioni di pietre, marmi e arenarie	Lavorazione materiale lapideo di natura calcarea	Conglomerati cementizi Cemento
Fanghi e polveri da segagione, molatura e lavorazioni di granito	Lavorazione materiale lapideo di natura silicea	Conglomerati cementizi Cemento Laterizi Prodotti ceramici
Marmorine	Industria della lavorazione degli agglomerati	Cemento

TIPOLOGIA RIFIUTO	PROVENIENZA	MPS E PRODOTTI EDILIZI OTTENUTI
Fanghi, acque, polveri e rifiuti solidi da processi di lavorazione e depurazione acque ed emissioni aeriformi	Industria ceramica, siderurgica e meccanica	Piastrelle Impasti ceramici Laterizi Cemento Prodotti di acciaio e ghisa
Fanghi costituiti da inerti	Chiarificazione o decantazione naturale di acque da lavaggio di inerti Attività estrattive	Laterizi e argilla espansa Cemento
Fanghi da trattamento acque di processo	Centrali termoelettriche, industria chimica e manifatturiera e del legno	Laterizi e argilla espansa Cemento
Fanghi da lavorazione lana sucida	Battitura e lavaggio della lana di pecora	Laterizi
Fanghi da processi di pulizia manufatti in acciaio, decantazione acque di raffreddamento	Industria meccanica e siderurgica	Cemento Conglomerati cementizi Laterizi
Fanghi da abbattimento polveri da lavorazione terre	Fonderie di ghisa e di acciaio	Cemento Laterizi
Fanghi da impianti di decantazione, chiarificazione e decarbonatazione delle acque	Attività industriali e decantazione naturale	Cemento Laterizi
Fanghi da trattamento sul posto degli effluenti	Anodizzazione dell'alluminio e soluzioni alcaline di decappaggio	Cemento
Fanghi di trattamento acque reflue industriali	Industria chimica, automotoristica, petrolifera, metalmeccanica, metallurgica e siderurgica	Cemento Prodotti di acciaio e ghisa
Fanghi di depurazione di acque di risulta della lavorazione del cuoio essiccati	Essiccatore	Laterizi
altri rifiuti		
Ceneri volanti	Centrali termoelettriche Impianti di recupero energetico, di incenerimento RSU	Cemento Conglomerati cementizi Laterizi e argilla espansa
Rifiuti di solfato di calcio da pigmenti inorganici	Produzione di ossido di ferro	Cemento
Gessi chimici	Attività industriali	Cemento
Anidrite	Coprodotto dei forni di produzione di acido fluoridrico	Cemento
Rifiuti di solfato di calcio da depurazione soluzioni di cloruro di sodio	Processi di depurazione di soluzioni sature d cloruro di sodio per la fabbricazione di prodotti sodici	Cemento
Biscotti fluoritici	Neutralizzazione delle acque reflue contenenti acido fluoridrico e acido solforico	Cemento
Silicato bicalcico	Industria produzione di magnesio con processo silicotermico	Calce idraulica Cemento Conglomerati cementizi
Rifiuti di minerali di bario ridotti	Produzione di sali di bario da barite naturale	Cemento Laterizi
Polveri di ossidi di ferro	Ossidazione della ghisa per la produzione di acido diamminostilbendisolfonico	Cemento
Rifiuti a base di carbone costituiti da scarti di catodi anodi, spezzoni di carbone amorfo, coke, calcinato di petrolio, suole di carbone usate e materiali incombustibili dell'alluminio	Demolizione delle celle elettrolitiche e produzione di elettrodi di carbone Cicli di consumo degli elettrodi in grafite Produzione dell'alluminio per via elettrolitica	Prodotti in acciaio e ghisa Cemento
Rifiuti da depurazioni fumi dell'industria dei laterizi	Abbattimento emissioni di fluoro mediante composti di calcio	Cemento

Tabella A.9: Elenco dei prodotti edilizi riusabili e indicazioni sulle relative valutazioni delle prestazioni residue (Fonte: Direttiva tecnica 3, *Il mattone ritrovato*, cit.)

OGGETTO	ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE	METODO
Trave in legno	Funzionalità	Resistenza meccanica	Assenza di difetti intrinseci, di attacchi da parte di insetti e di fessurazioni trasversali	Vista + Test di incisione + Test di percussione sonora + Controllo trivella Pressler
	Aspetto	Omogeneità superficie	Assenza di vernici	Vista
	Geometria	Integrità/regolarità dei profili e della sezione		
		Integrità/regolarità dimensionale delle facce	Assenza deformazioni e curvature	Vista
Tavolato in legno	Funzionalità	Resistenza meccanica	Assenza di difetti intrinseci, di attacchi da parte di insetti e di fessurazioni trasversali	Vista + Test di incisione + Test di percussione sonora
	Aspetto	Omogeneità superficie	Assenza di vernici	Vista
	Geometria	Integrità/regolarità dei profili	Rettilineità	
		Integrità/regolarità dimensionale delle facce	Assenza deformazioni e curvature	Vista
Tavella in laterizio	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza al tatto ed alla percussione	Test di percussione sonora
			Planarità e assenza di difetti	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di deformazioni, di protuberanze e di scagliature	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di macchie (cuore nero)	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Planarità, rettilineità	Vista
Mattone in laterizio	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza al tatto ed alla percussione	Test di percussione sonora
			Assenza fenomeni di condensa	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di lesioni, disgregazioni e rotture	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di macchie e efflorescenze	Vista + Prova grado di efflorescenza
	Geometria	Rettilineità/Ortogonalità degli spigoli	Assenza di sbeccature sui bordi	Vista
		Regolarità dimensionale	Planarità delle facce	
Concio in pietra naturale	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza e omogeneità dell'elemento	Test di percussione sonora
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza deformazioni e attacchi di microrganismi	Vista
			Regolarità di aspetto e colorazione	
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza lesioni, cricche e crepe	Vista
			Planarità e ortogonalità delle facce, regolarità degli spigoli	Vista
Trave in metallo	Funzionalità	Presenza/assenza forme di corrosione	Assenza di punti di spillo, ulcere, crateri, caverne e cricche	Vista
	Aspetto	Omogeneità di aspetto	Assenza di zone tra loro disomogenee	Vista
	Geometria	Integrità/regolarità dei profili	Rettilineità, ortogonalità	Vista
		Integrità/regolarità dimensionale delle facce	Assenza avvallamenti e deformazioni	Vista
Coppi e tegole in laterizio	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza al tatto ed alla percussione; assenza di fratture e incrinature	Vista + Test di percussione sonora
	Aspetto	Omogeneità cromatica	Assenza di macchie e efflorescenze	Vista + Prova grado di efflorescenza
	Geometria	Integrità/regolarità dei profili	Assenza di sbeccature sui bordi	Vista
		Regolarità dimensionale	Lmax<1.2*Lmedia Lmin>1.2*Lmedia (campione 20 pezzi)	Misura su campione
Scandola in legno	Funzionalità	Prestazioni statiche	Compattezza al tatto; assenza fessurazioni trasversali, ruggine, polvere o buchi prodotti da insetti, macchie e ritiri di superficie	Vista + Test di incisione
	Aspetto	Omogeneità dei trattamenti superficiali	Buono stato di conservazione delle vernici/resine	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza avvallamenti e curvature	Vista

OGGETTO	ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE	METODO
Lastre ondulate per coperture in materiale plastico	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza al tatto; assenza di fratture	Vista
	Aspetto	Omogeneità cromatica	Assenza di patine e muffe	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza di rotture, buchi, crepe e fessurazioni	Vista
Comignolo in laterizio	Funzionalità	Resistenza meccanica	Coesione del materiale, assenza di crepe e lesioni	Vista
		Resistenza al vento	Sagoma del piede	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza forme di difetti	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza buchi e fessurazioni	Vista
Canale di gronda e pluviale	Funzionalità	Corretto deflusso delle acque	Regolarità della sezione	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza forme di corrosione	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza di rotture, crepe e fessure	Vista
Piastrelle in ceramica	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza alla percussione	Test di percussione
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di fratture, buchi, punti e macchie, difetti dello smalto e fessurazioni	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di sbiadimenti	Vista
	Geometria	Rettilineità/Ortogonalità degli spigoli	Assenze di sbeccature sugli bordi	Vista
		Regolarità dimensionale	Planarità delle facce	Vista
Piastrelle in cotto e grès	Funzionalità	Resistenza meccanica	Compattezza alla percussione	Test di percussione
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di fratture e scalfitture	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di sbiadimenti	Vista
	Geometria	Rettilineità/Ortogonalità degli spigoli	Assenze di sbeccature sugli bordi	Vista
		Regolarità dimensionale	Planarità delle facce	Vista
Lastra in pietra naturale	Funzionalità	Durabilità	Compattezza al tatto e resistenza all'usura	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di diaclasi, micro-fessurazioni e salti di quota	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza di dimagrimenti e rigonfi amenti	Vista
Parquet o pannello in legno	Funzionalità	Prestazioni statiche	Compattezza al tatto	Vista + Test di incisione
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di rotture, fessurazioni, incisioni, scheggiature; assenza di attacchi fungini e di insetti; assenza di vernici	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di macchie e di zone gialle e brune	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Planarità	Vista
Caminetto in pietra naturale	Funzionalità	Durabilità	Resistenza all'usura	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di diaclasi, micro-fessurazioni e salti di quota	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Assenza di dimagrimenti e rigonfiamenti	Vista
Battiscopa in legno	Funzionalità			
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di rugosità, abrasioni, incisioni, scheggiature e lacerazioni; assenza di attacchi fungini e di insetti	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di macchie	Vista
		Integrità strato protettivo	Assenza zone prive di vernice	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Planarità, rettilineità	Vista
Davanzale, soglia e gradino in marmo	Funzionalità	Durabilità	Compattezza al tatto e resistenza all'usura	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di piani di frattura, diaclasi, micro-fessurazioni, incrostazioni e disomogeneità	Vista
		Omogeneità cromatica	Assenza di macchie	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Uniformità	Vista

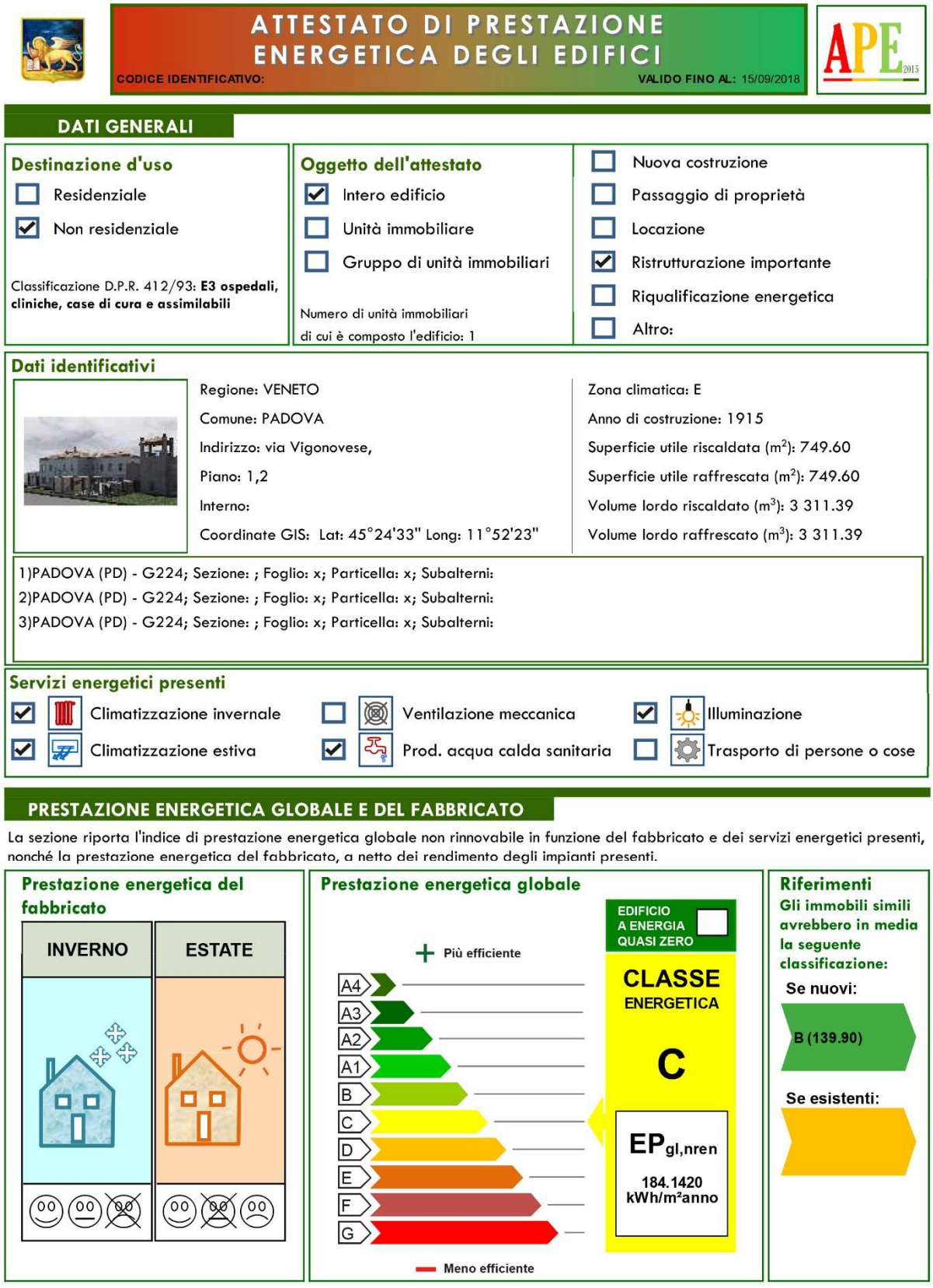
OGGETTO	ESIGENZA	REQUISITO	PRESTAZIONE	METODO
Infissi (porte, finestre, abbaini, lucernari)	Funzionalità	Resistenza meccanica		
	Aspetto	Assenza difetti		Vista
		Integrità film protettivo		Vista
	Geometria			
Recinzione	Funzionalità	Integrità punti di aggancio	Assenza di forme di corrosione troppo profonde e di deformazioni e svergolamenti	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza forme di corrosione	Vista
	Geometria	Regolarità geometrica	Assenza deformazioni	Vista
Apparecchi sanitari	Funzionalità	Idoneità connessioni idrauliche e meccaniche	Integrità dei raccordi	Vista
		Idoneità viti del sedile	Integrità delle viti	Vista
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di abrasioni e fessurazioni	Vista
	Geometria	Regolarità geometrica		Vista
Rubinetteria	Funzionalità	Raccordabilità	Tenuta del rubinetto	Prova su rubinetto
	Aspetto	Integrità superficiale	Assenza di scalfitture e abrasioni; integrità film protettivo	Vista
	Geometria	Regolarità geometrica		Vista
Corpo scaldante	Funzionalità	Raccordabilità	Attacchi idonei per l'inserimento a parete	
	Aspetto	Integrità film protettivo	Assenza di zone scrostate	Vista
		Integrità superficiale	Assenza di scalfitture, abrasioni e graffiature	Vista
	Geometria	Regolarità dimensionale	Uniformità	Vista

Tabella A.10: Contenuto di riciclato minimo, in percentuale sul peso del prodotto, degli isolanti termici ed acustici secondo i CAM edilizi (Fonte: DM 11-01-17)

MATERIALE	FORMA DELL'ISOLANTE		
	Isolante in forma di pannello	Isolante stipato, a spruzzo/insufflato	Isolante in materassini
Cellulosa		80%	
Lana di vetro	60%	60%	60%
Lana di roccia	15%	15%	15%
Perlite espansa	30%	40%	8-10%
Fibre in poliestere	60-80%		60-80%
Polistirene espanso	10% ÷ 60% (in funzione della tecnologia adottata per la produzione)	10% ÷ 60% (in funzione della tecnologia adottata per la produzione)	
Polistirene estruso	5 ÷ 45% (in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione)		
Poliuretano espanso	1 ÷ 10% (in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione)	1 ÷ 10% (in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione)	
Isolante riflettente in alluminio			15%

Attestato di prestazione energetica

Figura A.1: Attestato di prestazione energetica di Villa Berta prevedendo l'utilizzo di un impianto di riscaldamento con caldaia a condensazione



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL: 15/09/2018

APE 2015

DATI GENERALI

Destinazione d'uso
- ☐ Residenziale
- ☑ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: **E3 ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili**

Oggetto dell'attestato
- ☑ Intero edificio
- ☐ Unità immobiliare
- ☐ Gruppo di unità immobiliari

Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1

- ☐ Nuova costruzione
- ☐ Passaggio di proprietà
- ☐ Locazione
- ☑ Ristrutturazione importante
- ☐ Riqualificazione energetica
- ☐ Altro:

Dati identificativi

Regione: VENETO
Comune: PADOVA
Indirizzo: via Vigonovese,
Piano: 1,2
Interno:
Coordinate GIS: Lat: 45°24'33" Long: 11°52'23"

Zona climatica: E
Anno di costruzione: 1915
Superficie utile riscaldata (m^2): 749.60
Superficie utile raffrescata (m^2): 749.60
Volume lordo riscaldato (m^3): 3 311.39
Volume lordo raffrescato (m^3): 3 311.39

1)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:
2)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:
3)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:

Servizi energetici presenti
- ☑ Climatizzazione invernale
- ☑ Climatizzazione estiva
- ☐ Ventilazione meccanica
- ☑ Prod. acqua calda sanitaria
- ☑ Illuminazione
- ☐ Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, a netto dei rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato

INVERNO | ESTATE

Prestazione energetica globale

EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO ☐

+ Più efficiente

A4
A3
A2
A1
B
C
D
E
F
G

— Meno efficiente

CLASSE ENERGETICA

C

$EP_{gl,nren}$

184.1420 kWh/m²anno

Riferimenti

Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:

Se nuovi: B (139.90)

Se esistenti:

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL: 15/09/2018

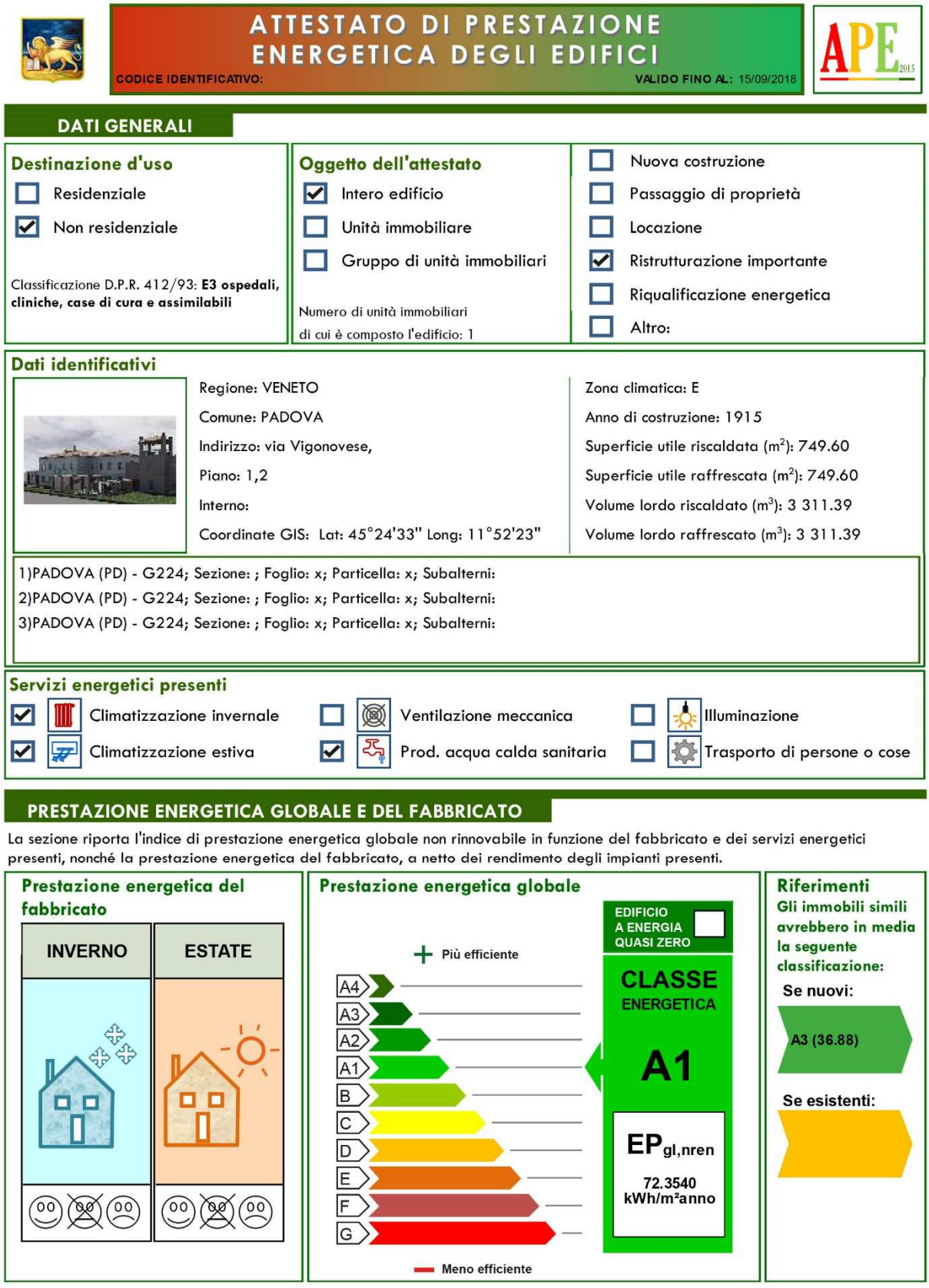
PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo uno standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
☑	Energia elettrica da rete	8529.63 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EPgl,nren 184.14 kWh/m² anno
☑	Gas naturale	12234.85 Sm³	
☐	GPL		
☐	Carbone		
☐	Gasolio e Olio combustibile		
☐	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EPgl,ren 5.35 kWh/m² anno
☐	Biomasse liquide		
☐	Biomasse gassose		
☐	Solare fotovoltaico		
☐	Solare termico		
☐	Eolico		Emissioni di CO_2 35.30 kg/m² anno
☐	Teleriscaldamento		
☐	Teleraffrescamento		
☐	Altro:		

Figura A.2: Attestato di prestazione energetica di Villa Berta prevedendo l'utilizzo di pannelli solari termici, da posizionare sulla copertura della palestra, e di pannelli fotovoltaici, da posizionare sui frangisole del portico d'ingresso e sul pavimento della terrazza



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL: 15/09/2018

APE 2015

DATI GENERALI

Destinazione d'uso
- ☐ Residenziale
- ☑ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: **E3 ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili**

Oggetto dell'attestato
- ☑ Intero edificio
- ☐ Unità immobiliare
- ☐ Gruppo di unità immobiliari

Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1

- ☐ Nuova costruzione
- ☐ Passaggio di proprietà
- ☐ Locazione
- ☑ Ristrutturazione importante
- ☐ Riqualificazione energetica
- ☐ Altro:

Dati identificativi

Regione: VENETO
Comune: PADOVA
Indirizzo: via Vigonovese,
Piano: 1,2
Interno:
Coordinate GIS: Lat: 45°24'33" Long: 11°52'23"

Zona climatica: E
Anno di costruzione: 1915
Superficie utile riscaldata (m^2): 749.60
Superficie utile raffrescata (m^2): 749.60
Volume lordo riscaldato (m^3): 3 311.39
Volume lordo raffrescato (m^3): 3 311.39

1)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:
2)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:
3)PADOVA (PD) - G224; Sezione: ; Foglio: x; Particella: x; Subalterni:

Servizi energetici presenti
- ☑ Climatizzazione invernale
- ☑ Climatizzazione estiva
- ☐ Ventilazione meccanica
- ☑ Prod. acqua calda sanitaria
- ☐ Illuminazione
- ☐ Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, a netto dei rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato

Prestazione energetica globale

Riferimenti

Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:

Se nuovi:

A3 (36.88)

Se esistenti:

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL: 15/09/2018

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo uno standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
☑	Energia elettrica da rete	27813.44 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EPgl,nren 72.35 kWh/m^2 anno
☐	Gas naturale		
☐	GPL		
☐	Carbone		
☐	Gasolio e Olio combustibile		
☐	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EPgl,ren 57.65 kWh/m^2 anno
☐	Biomasse liquide		
☐	Biomasse gassose		
☑	Solare fotovoltaico	2250.82 kWh	
☑	Solare termico	3198.54 kWh	
☐	Eolico		Emissioni di CO_2 16.07 kg/m^2 anno
☐	Teleriscaldamento		
☐	Teleraffrescamento		
☐	Altro:		

Elenco figure

Figura 1.1: Schema di inquadramento normativo di base 6

Figura 2.1: Consumo annuale, in percentuale, dei principali materiali da costruzione tra il 2006 e il 2010 nell'UE27 18

Figura 2.2: Ripartizione percentuale della produzione di rifiuti nell'UE28 per attività economica, anno 2012 25

Figura 2.3: Produzione in peso assoluto (tonnellate) di rifiuti da C&D nell'UE28, anno 2014 25

Figura 2.4: Ripartizione percentuale della produzione totale dei rifiuti speciali per attività economica, anno 2014 27

Figura 2.5: Ripartizione percentuale della produzione totale dei rifiuti speciali per capitolo dell'elenco europeo dei rifiuti, anni 2013-2014 28

Figura 2.6: Ripartizione della produzione di rifiuti speciali nei principali settori produttivi inclusa stima C&D, anno 2014 29

Figura 3.1: Modello circolare di un generico flusso delle risorse materiali 32

Figura 3.2: Gerarchia dei rifiuti secondo la direttiva 2008/98/CE 36

Figura 3.3: Modello circolare del flusso delle risorse materiali in ambito edilizio 54

Figura 3.4: Differenza di output di materia tra demolizione tradizionale e selettiva 63

Figura 3.5: Schema di applicazione del modello circolare nel processo edilizio 70

Figura 4.1: Prima macrostrategia applicata alle ultime fasi del processo edilizio 75

Figura 4.2: Tassi di recupero dei rifiuti da C&D per ogni Stato membro dell'UE-28, anno 2012 76

Figura 4.3: Tipologie di rifiuti speciali non pericolosi recuperati in Italia, anno 2014 78

Figura 4.4: Fasi principali del processo di demolizione selettiva 82

Figura 4.5: Gestione delle macrocategorie di output derivanti dalla raccolta differenziata in cantiere 98

Figura 5.1: Seconda macrostrategia applicata alle prime fasi del processo edilizio 109

Figura 6.1: Fotogramma aereo del 2001, scala 1: 25.000 142

Figura 6.2: Carta delle invarianti, PATI della città metropolitana (luglio 2011), scala 1: 20.000 142

Figura 6.3: Piano degli interventi di Padova (ottobre 2015), scala 1:10.000 143

Figura 6.4: Estratto del catasto napoleonico, 1811 143

Figura 6.5: Estratto del catasto austriaco, 1852 144
Figura 6.6: Prospetti sud di Villa Berta prima e dopo il restauro del 1914 144
Figura 6.7: Evoluzione storica e costruttiva di Villa Berta 145
Figura 6.8: Porzione di prospetto sud di Villa Berta 146
Figure 6.9, 6.10, 6.11: Porzioni di prospetto sud di Villa Berta 146
Figura 6.12: Porzione di prospetto nord di Villa Berta 146
Figura 6.13: Concept di progetto, assi principali 147
Figura 6.14: Concept di progetto, nuova volumetria 148
Figura 6.15: Vista esterna sud-ovest 148
Figura 6.16: Vista esterna nord-est 148
Figure 6.17, 6.18: Modelli tridimensionali comparativi
(rosso: nuova costruzione, giallo: demolizione) 149
Figura 6.19: Scheda criterio B.4.6: Materiali riciclati/recuperati 151
Figura 6.20: Rappresentazione delle opere da demolire 154
Figura 6.21: Planimetria di cantiere, scala 1: 500 160
Figura 6.22: Frantoio mobile a martelli, serie FM-1000.8 della Agriworld Srl 160
Figura 6.23: Suddivisione degli interventi di nuova costruzione e ristrutturazione 161

Figura A.1: Attestato di prestazione energetica di Villa Berta prevedendo l'utilizzo di un impianto di riscaldamento con caldaia a condensazione 203
Figura A.2: Attestato di prestazione energetica di Villa Berta prevedendo l'utilizzo di pannelli solari termici, da posizionare sulla copertura della palestra, e di pannelli fotovoltaici, da posizionare sui frangisole del portico d'ingresso e sul pavimento della terrazza.....205

Elenco tabelle

Tabella 2.1: Percentuale stimata di utilizzo europeo dei materiali nell'edilizia rispetto al loro consumo totale 17

Tabella 2.2: Produzione in metri cubi dei materiali inerti nella regione Veneto, anno 2011 21

Tabella 2.3: Classificazione dei rifiuti secondo l'origine 23

Tabella 2.4: Classificazione dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione secondo l'elenco CER 24

Tabella 2.5: Produzione di rifiuti speciali per l'attività economica delle costruzioni, anni 2013-2014 27

Tabella 2.6: Produzione di rifiuti speciali per la tipologia di rifiuti da C&D, anni 2013-2014 28

Tabella 2.7: Produzione regionale stimata di rifiuti speciali non pericolosi da C&D per sottocapitolo CER, anno 2014 29

Tabella 3.1: Produzione in tonnellate di MPS per tipo di materiale 40

Tabella 3.2: Elenco dei requisiti inerenti la riduzione degli impatti ambientali dei materiali e rifiuti nel processo edilizio 50

Tabella 3.3: Input e output di materia per ogni fase del ciclo edilizio 66

Tabella 3.4: Gestione dei materiali e prodotti edilizi nelle due macrostrategie 71

Tabella 4.1: Gestione dei rifiuti da C&D NP in Veneto, anno 2014 79

Tabella 4.2: Ruoli dei principali operatori nel processo di demolizione selettiva 86

Tabella 4.3: Potenzialità di recupero e valorizzazione dei principali materiali derivanti dalla demolizione 105

Tabella 5.1: Contenuto di riciclato minimo, in percentuale sul peso del prodotto, dei principali materiali o componenti edilizi secondo i CAM 120

Tabella 5.2: Elenco dei criteri per ogni categoria di valutazione secondo lo schema BREEAM International New Construction 2016 132

Tabella 5.3: Elenco dei criteri per ogni categoria di valutazione secondo lo schema LEED v4BD + C: New Construction 135

Tabella 5.4: Elenco dei criteri per ogni categoria ed area di valutazione secondo il Protocollo ITACA 139

Tabella 6.1: Suddivisione delle opere di demolizione del caso studio 155

Tabella 6.2: Identificazione dei rifiuti prodotti nel caso studio 157

Tabella 6.3: Stima del recupero delle principali tipologie di materiali/componenti rimosse 158

Tabella 6.4: Stima del recupero finale 159

Tabella 6.5: Suddivisione delle opere di nuova costruzione del caso studio 162

Tabella 6.6: Contenuto di riciclato finale, escludendo dal calcolo le porzioni interrate 165

Tabella 6.7: Contenuto di riciclato finale, considerando nel calcolo anche le porzioni interrate 165

Tabella 6.8: Elenco prodotti del caso studio 166

Tabella A.1: Evoluzione della politica ambientale europea ed internazionale fino al 2010 ..187

Tabella A.2: Classificazione dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione secondo l'elenco CER 188

Tabella A.3: Elenco delle operazioni di recupero secondo la direttiva quadro sui rifiuti 189

Tabella A.4: Elenco delle operazioni di recupero secondo la direttiva quadro sui rifiuti 190

Tabella A.5: Elenco delle possibili tecniche e attrezzature utilizzabili nella demolizione selettiva in base ai diversi elementi del sistema tecnologico edilizio 190

Tabella A.6: Modello di piano di gestione dei rifiuti da cantiere nella provincia di Bologna 194

Tabella A.7: Indicazioni per l'elaborazione di piano di gestione dei rifiuti da cantiere nella regione Lazio 195

Tabella A.8: Elenco di materiali e prodotti secondari per l'edilizia ottenibili da rifiuti provenienti da attività diverse dalla demolizione degli edifici 197

Tabella A.9: Elenco dei prodotti edilizi riusabili e indicazioni sulle relative valutazioni delle prestazioni residue 200

Tabella A.10: Contenuto di riciclato minimo, in percentuale sul peso del prodotto, degli isolanti termici ed acustici secondo i CAM edilizi 202

Riferimenti

Bibliografia

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

Dalla culla alla culla. Come conciliare tutela dell'ambiente, equità sociale e sviluppo, Blu Edizioni, Torino, 2003

La casa riciclabile: i rifiuti in edilizia, a cura di A. Tondi, S. Telli, Monfalcone, Edicom, 1998

Lynch K., *Deperire. Rifiuti e spreco*, a cura di M. Southworth, Napoli, CUEN, 1992

Maggi P. N., *Il processo edilizio (Vol. I) – Metodi e strumenti di progettazione edilizia*, CittàStudi, Milano, 1994

Microeconomia, McGraw-Hill, 2011

Paparella R., Vergine F., *Il sistema edilizio*, Aracne Editrice, Roma, 2007

Pearce D. W., Turner R. K., *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*, Bologna, il Mulino, 1991

Riduzione dell'impatto ambientale dei rifiuti da costruzione. Terminologia e linee guida, Milano, UNI, 1999

Rigamonti E., *Il riciclo dei materiali in edilizia*, Rimini, Maggioli, 1996

Tiezzi E., Marchettini N., *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche delle sostenibilità e i guasti del pensiero unico*, Roma, Donzelli Editore, 1999

Bibliografia digitale

Analisi di contesto. Progetto Rebir. Risparmio energetico, bioedilizia, riuso. Provincia di Lucca, Rebir, 2010, http://www.provincia.lucca.it

Brundtland G. H., *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, Oslo, 1987, http://www.un-documents.net

Biffani M., *Manuale della demolizione controllata - alternativa al martello demolitore*, http://www.epc.it

BREEAM International New Construction 2016. Non-domestic buildings. Technical manual SD233 0.0 (draft), BRE Global, 2015, http://www.breeam.com

Construction and demolition waste guide – Recycling and re-use across the supply chain, Edge Environment Pty Ltd for the department, 2012, https://www.environment.gov

Demolition and refurbishment. Resource protocol, NFDC/IDE, 2016, http://www.demolition-nfdc.com

Dodd N., Garbarino E., M. G. Caldas, *Green Public Procurement Criteria for Office Building Design, Construction and Management*, JRC Science Hub, European Commission, 2016, http://bookshop.europa.eu

End of waste criteria. Final report, European Communities, 2008, http://www.susproc.jrc.ec.europa.eu

Energy, transport and environment indicators, 2016 edition, http://www.eurostat.eu

EU Construction & Demolition Waste Management Protocol, European Commission, Ecorys, 2016, http://www.europa.eu

Federico T., *I fondamenti dell'economia circolare*, Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2015, http://www.comitatoscientifico.org

Guida per la gestione dei rifiuti inerti, ARPAM, 2002, http://www.arpa.marche.it

Guida - Verso una Gestione Sostenibile dei Rifiuti in Plastica derivanti da attività di costruzione e di demolizione (C&D) in Europa, Appricod, http://www.ec.europa.eu

Guidelines for Pre-Demolition Audit, Sequential Demolition and Site Waste Management Plan, https://www.bca.gov

Il mattone ritrovato. Manuale per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione in Provincia di Bologna in applicazione dell'Accordo di Programma, a cura di E. Antonini, V. Donati, Bologna, 2004, http://www.ordinearchitetticomo.it

La *certificazione ambientale nell'edilizia. Catalogo prodotti*, Regione Piemonte, 2013, http://www.regione.piemonte.it

Langdon LLP D., *Designing out Waste: A design team guide for buildings. Less waste, sharper design*, Halving Waste to Landfill, http://www.wrap.org.uk/construction

La normativa in materia di amianto, a cura di G. Zennaro, http://www.dirittoambiente.com

La riforma dei rifiuti. A 20 anni da D.Lgs. 22/97 e alla vigilia delle nuove direttive rifiuti-circular economy, a cura di Edo Ronchi, 2017, http://www.fondazionesvilupposostenibile.org

LEED v4 for Building Design and Construction (Trad. italiana – Agg. 08 novembre 2016), http://www.2016.gbcitalia.org

Le tecniche di demolizione sono state tratte e modificate da: Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste, US Army Corps of Engineers, CERL, 1999, http://www.acwc.sdp.sirsi.net

L'Italia del riciclo 2016, http://www.fondazionesvilupposostenibile.org

No Vetro in Discarica: demonstrating innovative technologies for integral recovery of glass rejects actually landfilled (NOVEDI) - Final Report, 2012, http://www.ec.europa.eu

Piano quadro di avvio per una corretta gestione dei rifiuti inerti provenienti da costruzioni e demolizioni, http://www.sito.regione.campania.it

Produzione e gestione dei rifiuti, Parte seconda – Rifiuti speciali (anno 2010), http://arpa.piemonte.it

Produzione e gestione dei rifiuti speciali nel Veneto (anno 2014), http://arpa.veneto.it

Progetto Life LOWaste. LOcal Waste Market for second life products. State of the arts (Relazione illustrativa), a cura di Gruppo Hera, 2012, http://www.lowaste.it

Protocollo ITACA Nazionale 2015. Non residenziale (versione 12/11/2015), http://www.itaca.org

Rapporto cave. I numeri e gli impatti economici e ambientali delle attività estrattive nel territorio italiano. Le opportunità e le sfide nella direzione dell'economia circolare, 2017, http://legambiente.it

Rapporto rifiuti speciali, Edizione 2016, http://isprambiente.gov.it

Rapporto rifiuti urbani, Edizione 2016 (Estratto), http://isprambiente.gov.it

Raw materials scoreboard, European Innovation Partnership on raw materials, 2016, http://europa.eu

Resource efficiency in the building sector. Final report, 2014, http://www.ecorys.nl

Screening template for Construction and Demolition Waste management in Italy (V2 – October 2015), Deloitte SA, http://www.ec.europa.eu

Wilts H., *Germany on the road to a circular economy?*, Friedrich Ebert Stiftung, 2016, http://library.fes.de

Workshop "Improving management of construction and demolition waste". 25 May 2016. Rue Philippe Le Bon Straat 3, Brussels. Background paper, Deloitte SA, http://www.europa.eu

Normative

RD 29/07/1927 n. 1443: Norme di carattere legislativo per disciplinare la ricerca e la coltivazione delle miniere nel Regno

UNI 8289/1981: Edilizia. Esigenze dell'utenza finale - Classificazione

UNI 8290/1981: Edilizia residenziale. Sistema tecnologico – Parte I: Classificazione e terminologia

DM 05/02/1998: Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22

UNI 10838/1999: Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia

DPR 6/06/2001 n. 380: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia

UNI EN ISO 14024/2001: Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure

UNI 10914-1/2001: Edilizia - Qualificazione e controllo del progetto edilizio di interventi di nuova costruzione e di interventi sul costruito – Terminologia

UNI EN ISO 14020/2002: Etichette e dichiarazioni ambientali - Principi generali

D.Lgs. 13/01/2003 n.36: Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti

DM 08/05/2003 n. 203: Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo

DM 29/07/2004 n. 248: Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto

Circ. 15/07/2005 n. 5205: Indicazione per l'operatività nel settore, edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203

Direttiva 2006/21/CE: relativa alla gestione dei rifiuti delle industrie estrattive e che modifica la direttiva 2004/35/CE

D.Lgs 03/04/2006 n. 152 (Parte IV): Norme in materia di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati

UNI EN ISO 14040/2006: Gestione ambientale. Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento

UNI 11156-1/2006: Valutazione della durabilità dei componenti edilizi - Parte 1: Terminologia e definizione dei parametri di valutazione

COM (2007) 860: Mercati guida: un'iniziativa per l'Europa

Dir. 2008/98/CE: relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

DM 14/01/2008: Norme tecniche per le costruzioni (NTC)

UNI 11277/2008: Sostenibilità in edilizia - Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione

COM (2008) 699: L'iniziativa "Materie prime" – Rispondere ai nostri bisogni fondamentali per garantire la crescita e creare posti di lavoro in Europa

D.Lgs 03/12/2010 n. 205: Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

COM (2010) 2020: Europa 2020 - Una strategia per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva

UNI EN ISO 14025/2010: Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure

Reg. n. 350/2011: che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio

COM (2011) 21: Un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse – Iniziativa faro nell'ambito della strategia Europa 2020

COM (2011) 571: Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse

DGR Veneto 28/08/2012 n. 1773 (All. A): Modalità operative per la gestione dei rifiuti da attività di costruzione e demolizione

DGR Lazio 26/01/2012, n. 34 (All.): Prime linee guida per la gestione della filiera di riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti inerti nella regione Lazio

Decis. 2013/1386/UE: su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»

DGR Veneto 4/11/2013 n. 2015 (All.i A, B, D, E): Piano regionale attività di cava (PRAC)

Reg. n. 1357/2014: che sostituisce l'allegato III della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive

DGR Veneto 24/06/2014 n. 1060 (All. A): Norme tecniche e ambientali per la produzione e l'utilizzo nel settore delle costruzioni di "prodotti di recupero" e di "rifiuti tal quali"

Decis. 2014/955/UE: che modifica la decisione 2000/532/CE relativa all'elenco dei rifiuti ai sensi della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio

COM (2014) 445: Opportunità per migliorare l'efficienza delle risorse nell'edilizia

DM 24/12/2015: Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza

COM (2015) 614: L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare

UNI/Pdr 13.0:2015: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità. Inquadramento generale e principi metodologici

UNI/Pdr 13.1:2015: Sostenibilità ambientale nelle costruzioni - Strumenti operativi per la valutazione della sostenibilità. Edifici residenziali

DPCM 21/12/2016: Approvazione del modello unico di dichiarazione ambientale per l'anno 2016

UNI EN ISO 14021/2016: Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II)

DM 11/01/2017 (All.2): Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici

Sitografia

http://www.2016.gbcitalia.org

http://www.bre.co.uk

http://www.breeam.com

http://www.dati-censimentopopolazione.istat.it

http://www.ecoliving.it

http://www.ellenmacarthurfoundation.org

http://www.environdec.com

http://www.epditaly.com

http://www.europeandemolition.org

http://www.icea.info.it

http://www.it.fsc.org

http://www.itaca.org

http://www.materia.nl

http://www.materialconnexion.com

http://www.matrec.com

http://www.minambiente.it

http://www.pefc.it

http://www.planetreuse.com

http://www.proitaca.org

http://www.provincia.cremona.it

http://www.remadeinitaly.it

http://www.research.kingston.ac.uk

http://www.salvoweb.com

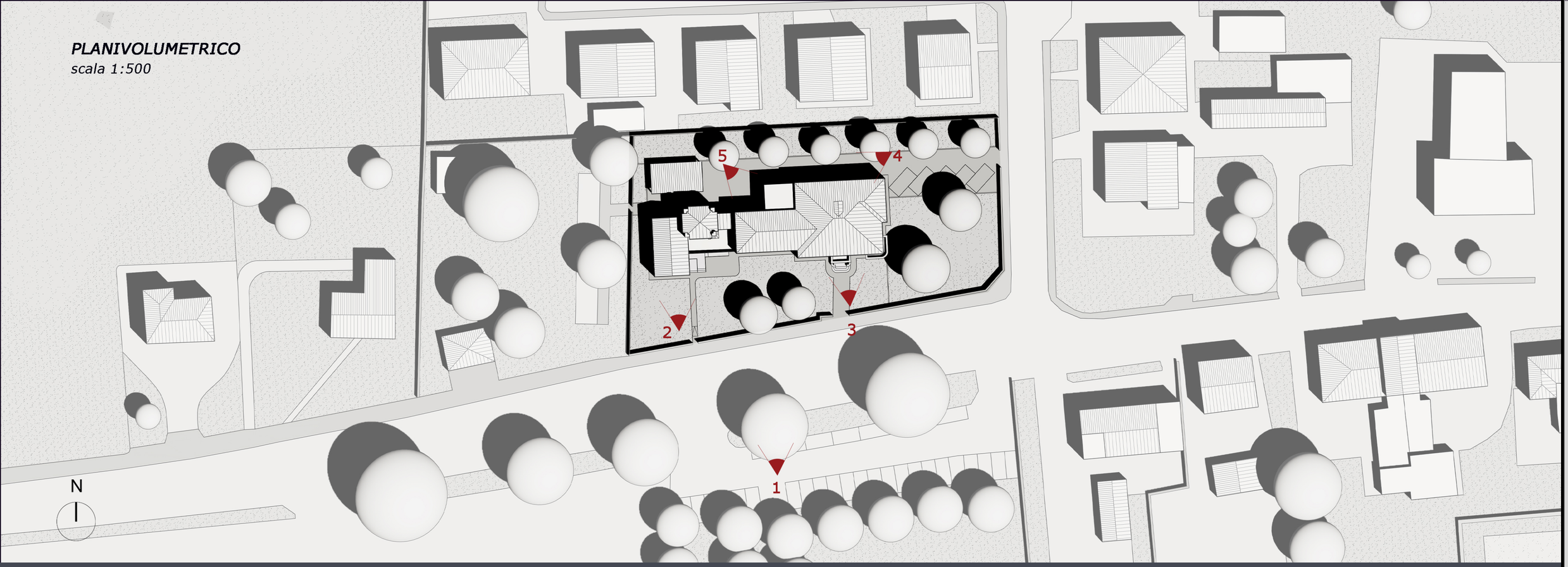
http://www.smartwaste.co.uk

http://www.toptaglio.com

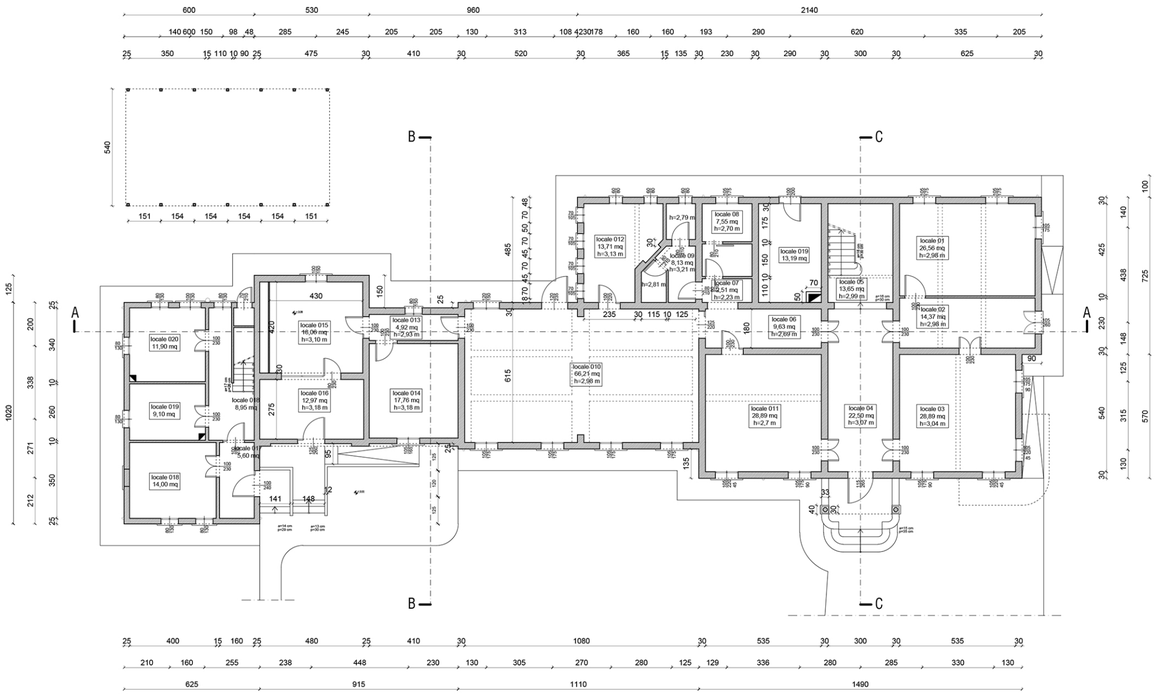
http://www.usgbc.org

http://www.zenrobotics.com

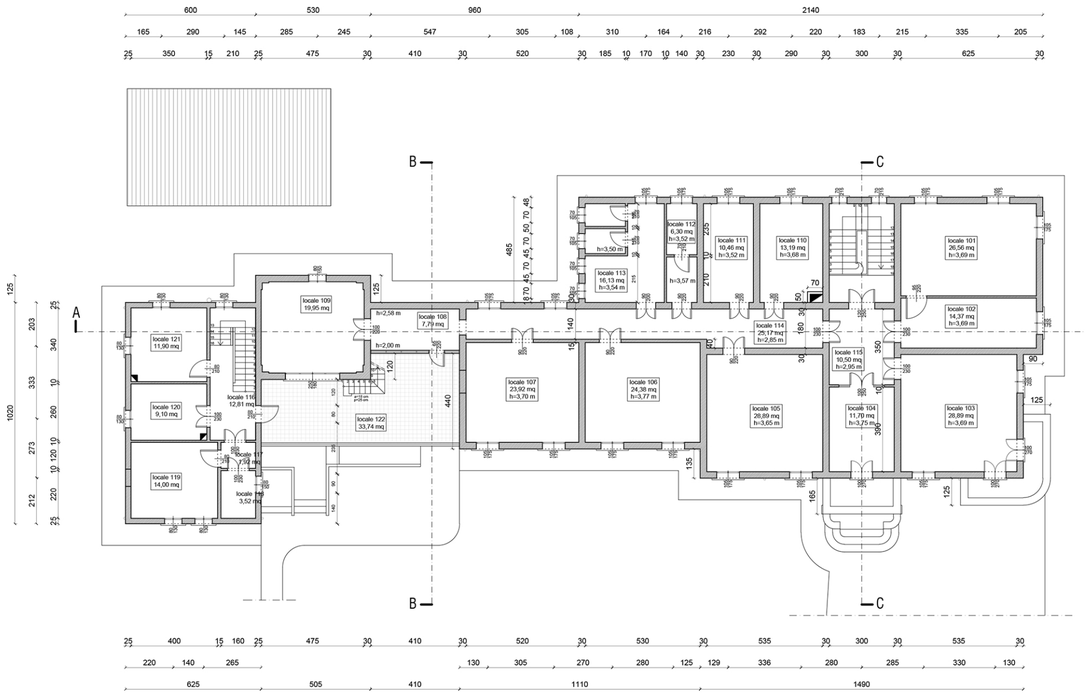
PLANIVOLUMETRICO
scala 1:500



piano terra



piano primo



PIANTE
scala 1:200

VILLA BERTA A CAMIN

01 STATO DI FATTO
Piante e planivolumetrico

TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

vista 1

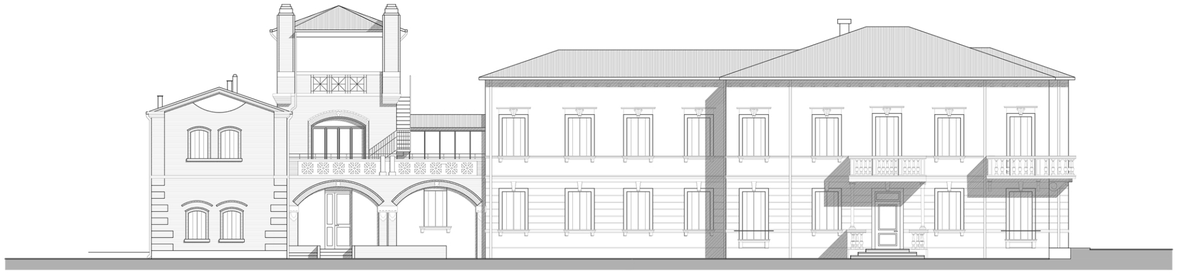
vista 2

vista 3

vista 4

vista 5

PROSPETTI



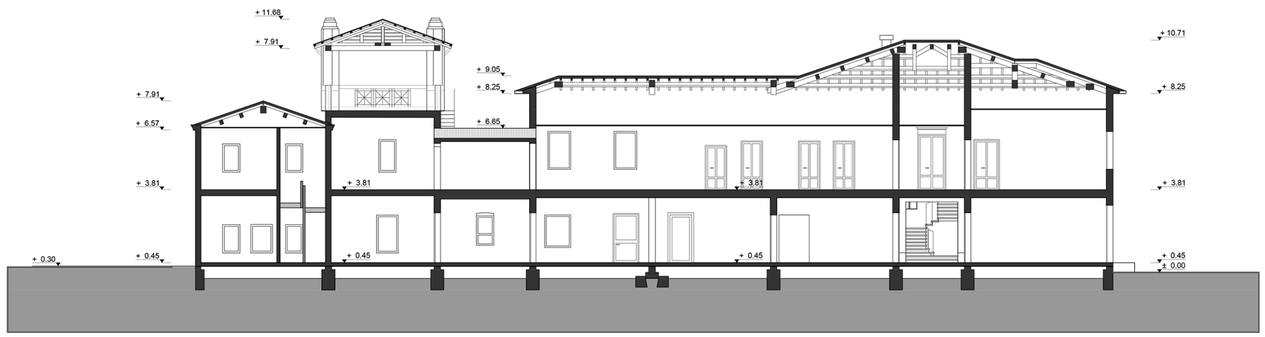
SUD

EST

NORD

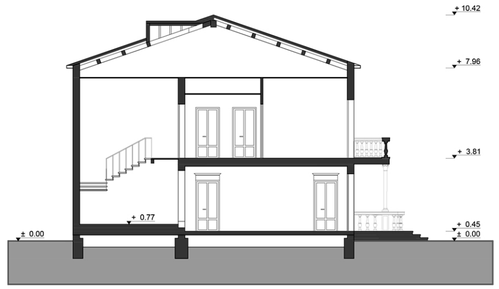
OVEST

SEZIONI



sezione A-A

sezione B-B



sezione C-C

02 STATO DI FATTO
Prospetti e sezioni

VILLA BERTA A CAMIN

scala 1:200

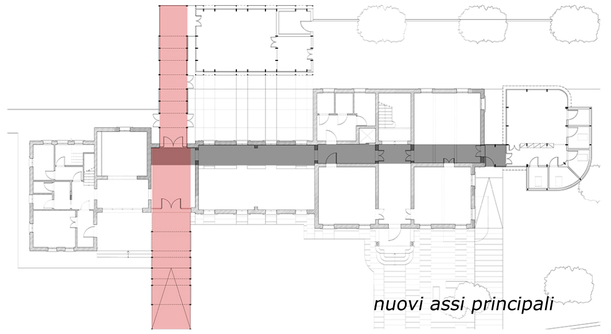
TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

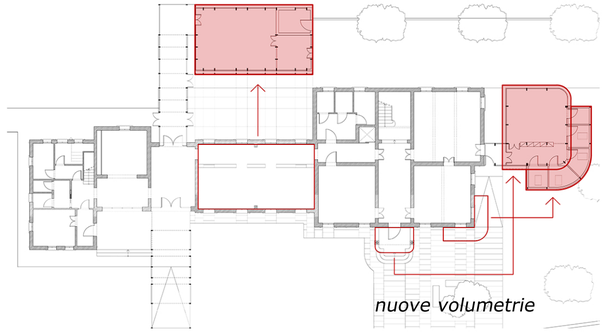
LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

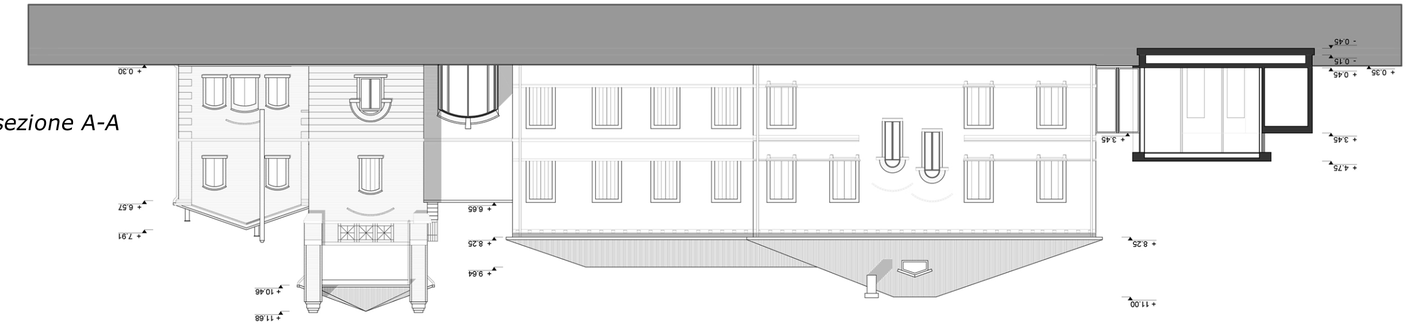
Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

CONCEPT

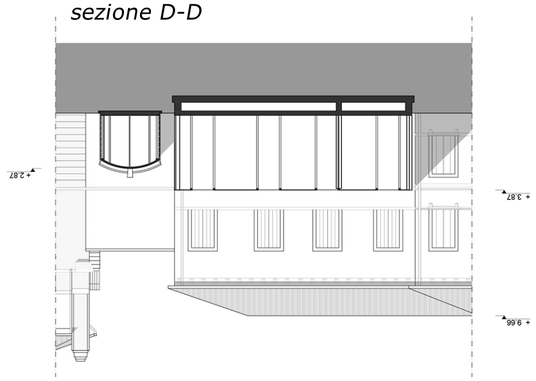




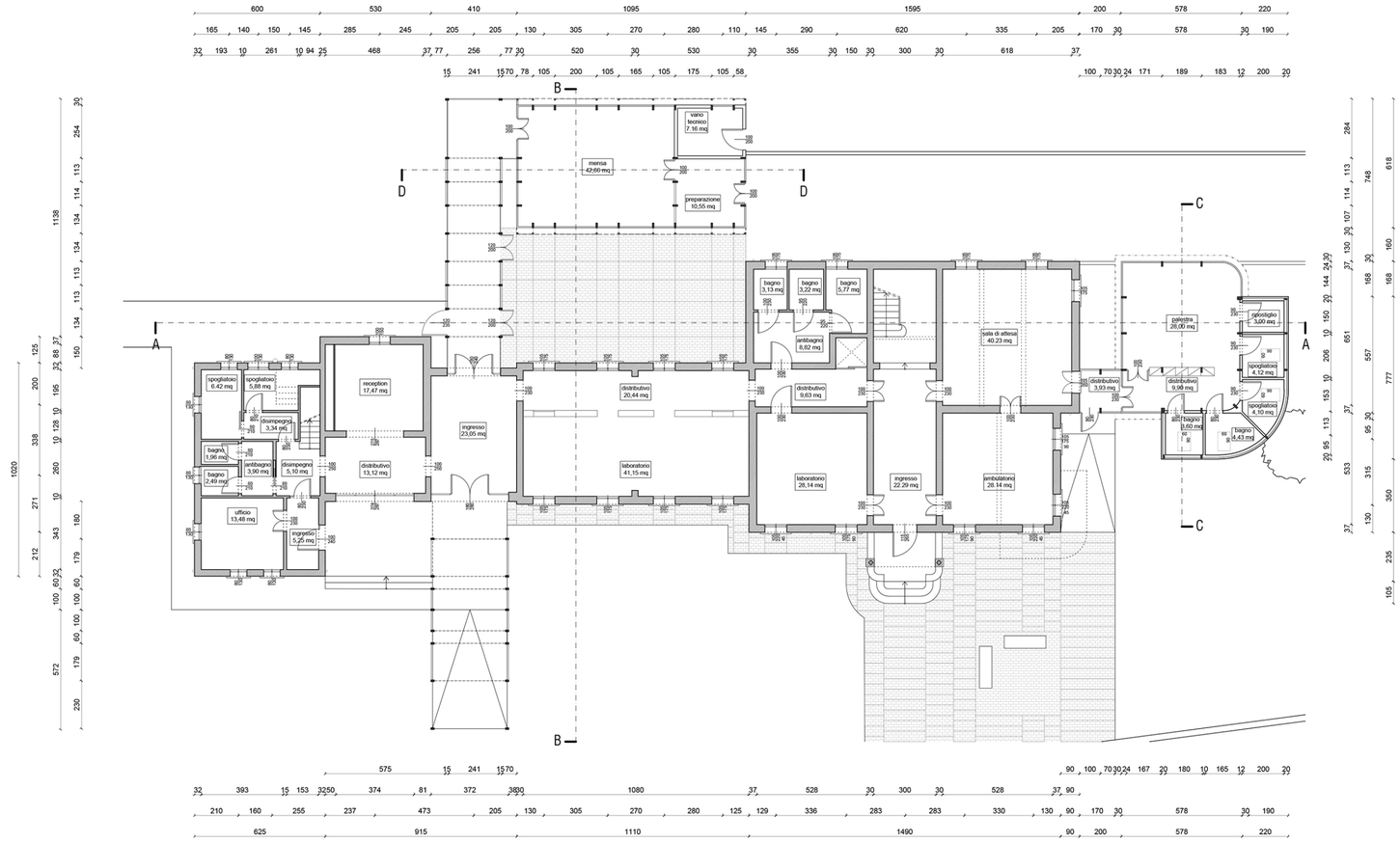
sezione A-A

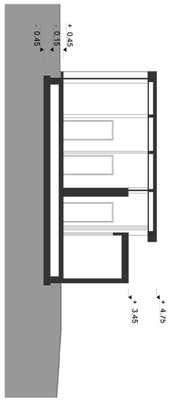


sezione D-D

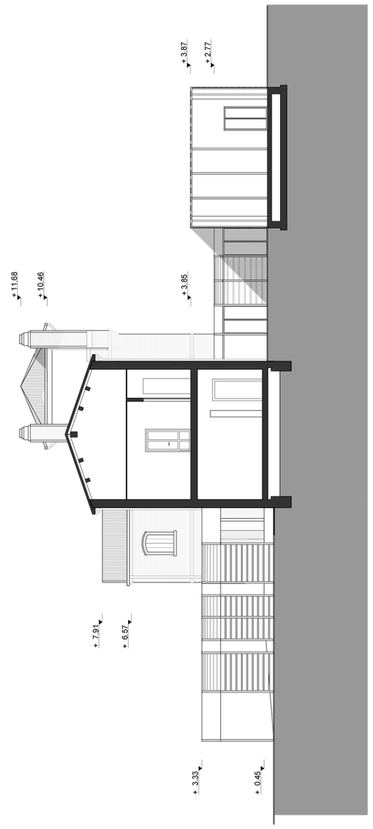


piano terra





sezione C-C



sezione B-B

03 PROPOSTA PROGETTUALE
Concept, pianta PT e sezioni

VILLA BERTA A CAMIN

scala 1:200

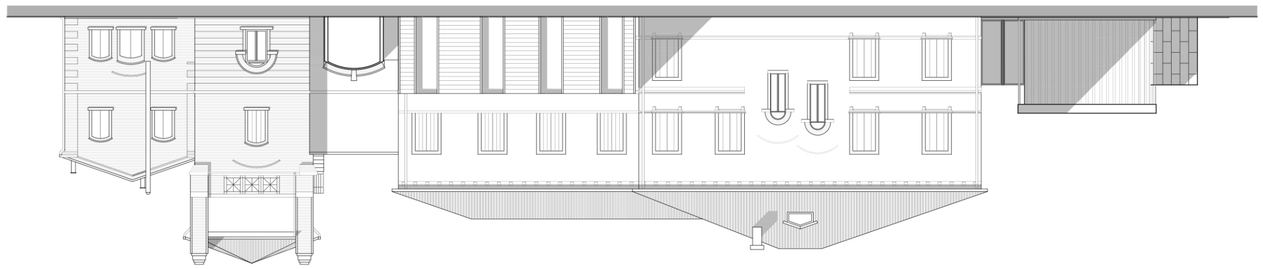
RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

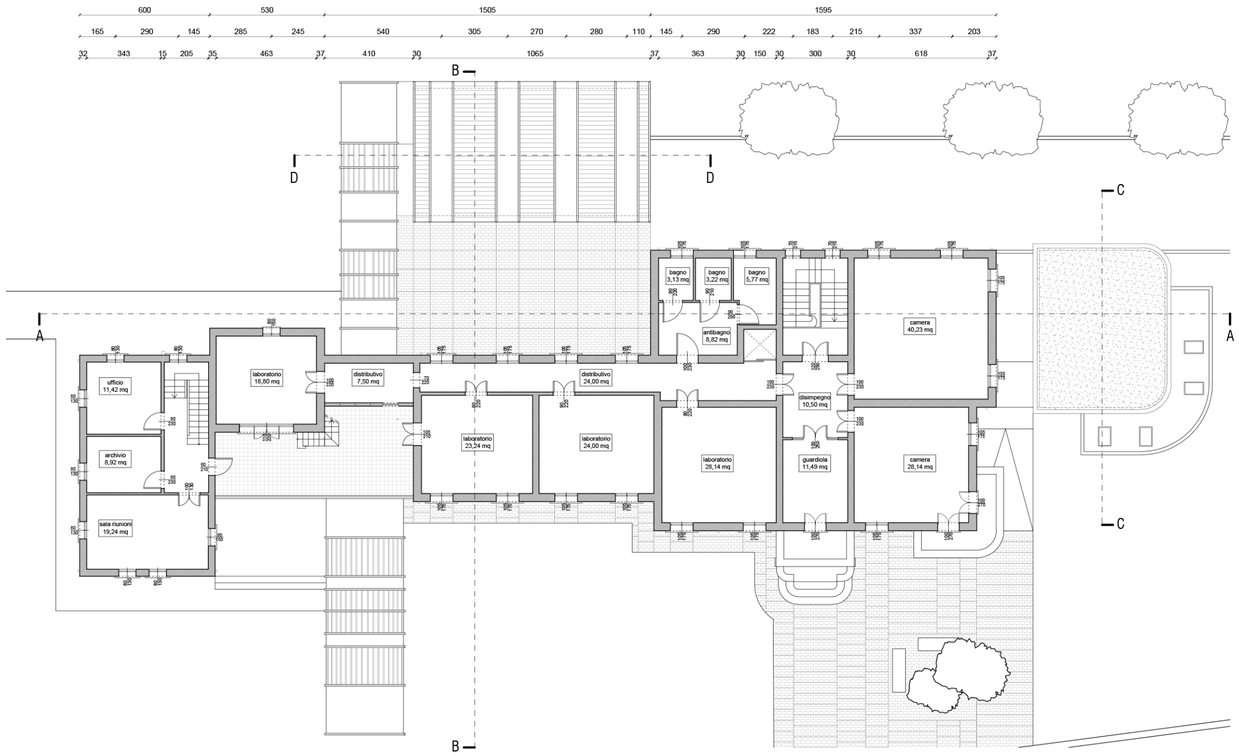
TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

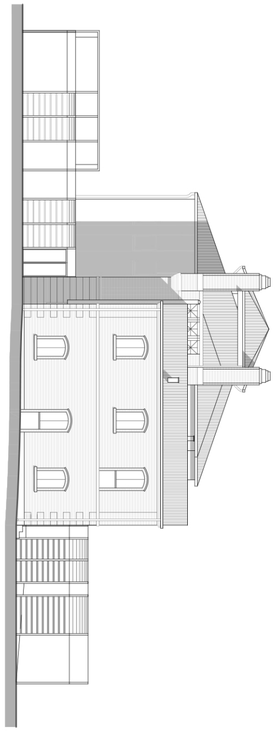
NORD



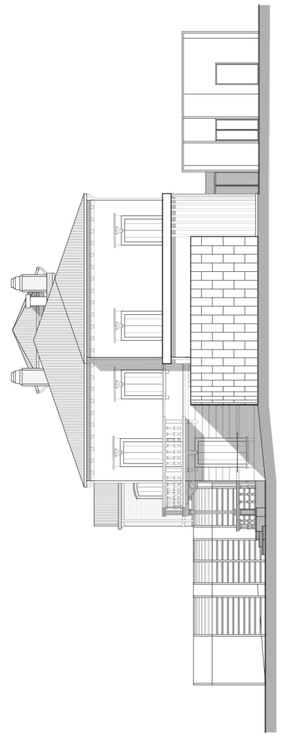
piano primo



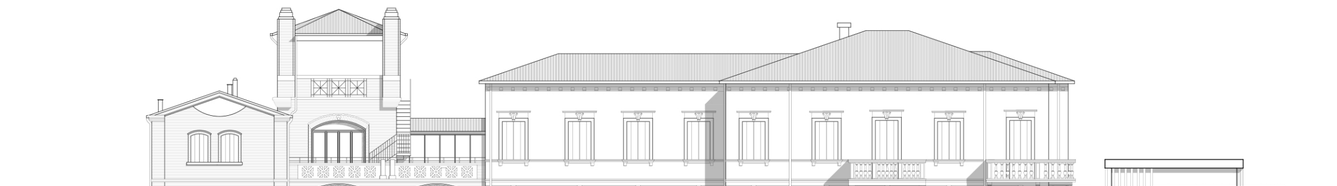
OVEST



EST



SUD



04 PROPOSTA PROGETTUALE
Pianta P1 e prospetti

VILLA BERTA A CAMIN

scala 1:200

TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

PROSPETTI

scala 1:200

SUD

EST

NORD

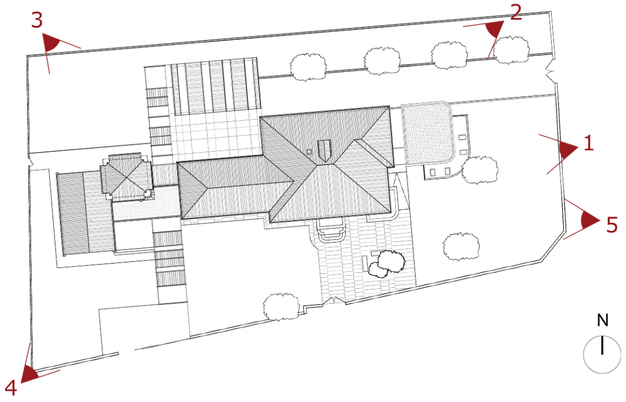
OVEST

VISTE

vista 1

vista 2

vista 3



VILLA BERTA A CAMIN

vista 4

vista 5

05 PROPOSTA PROGETTUALE
Viste esterne

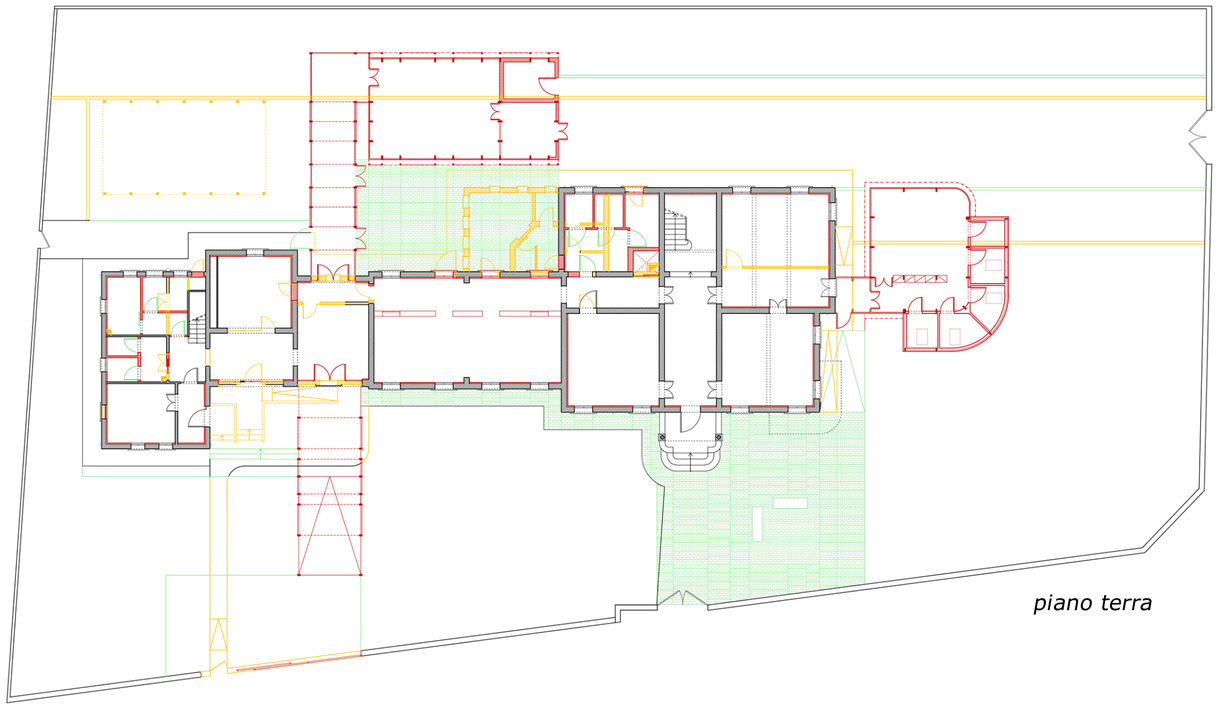
LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

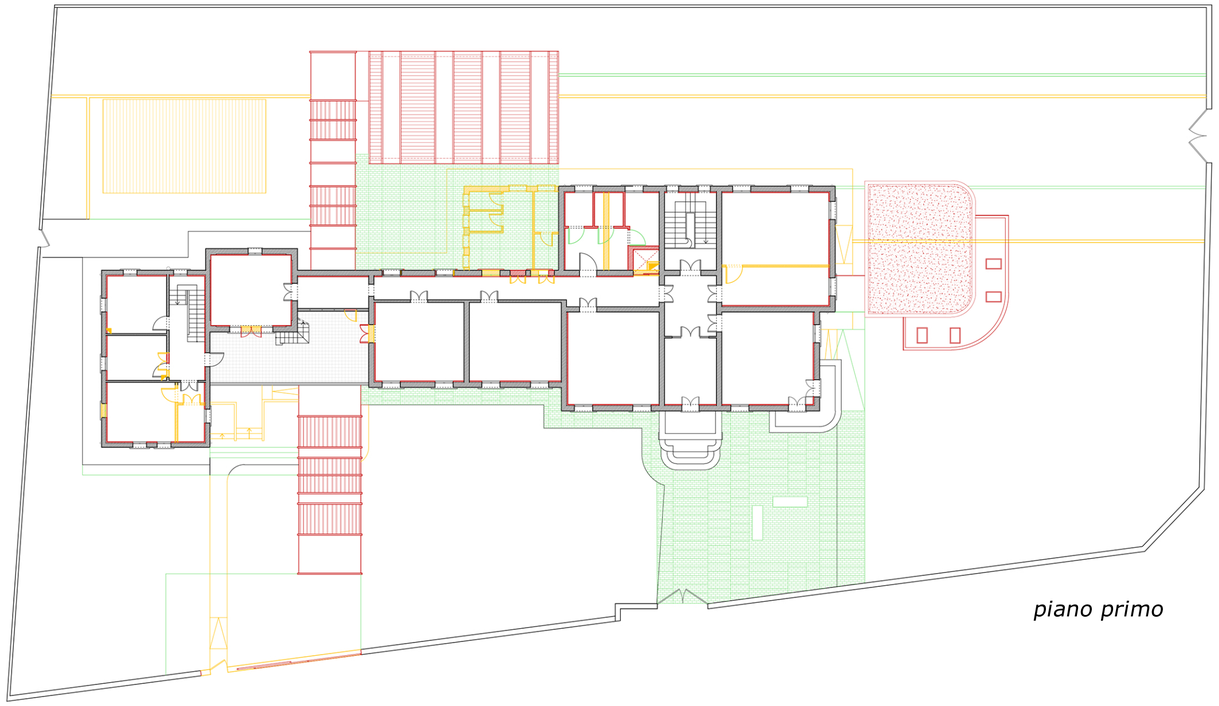
TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

PIANTE

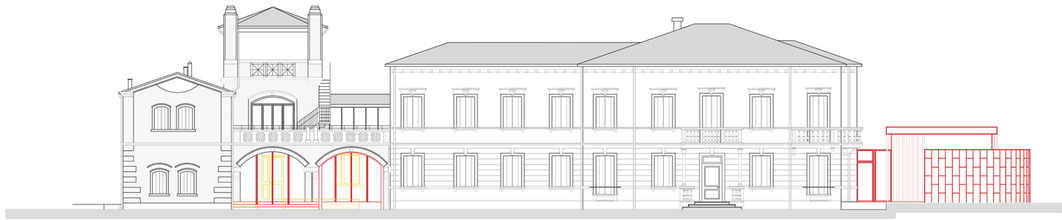


piano terra



piano primo

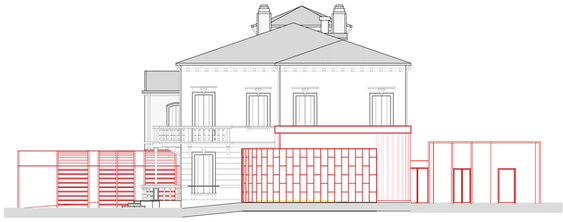
PROSPETTI



SUD

NORD

EST



OVEST

LEGENDA:

- *demolizioni*
- *nuove costruzioni*
- *componenti riutilizzati in sito:*
  - *mattoni pieni riutilizzati come piastrelle per la pavimentazione esterna*
  - *fogli di lamiera grecata riutilizzati come strato di un nuovo solaio*
  - *aggregati da macerie per la realizzazione di marciapiedi e panchine*
  - *porte interne*

VILLA BERTA A CAMIN

0 1 5 10 20 *m*

06 TAVOLA COMPARATIVA
Piante e prospetti

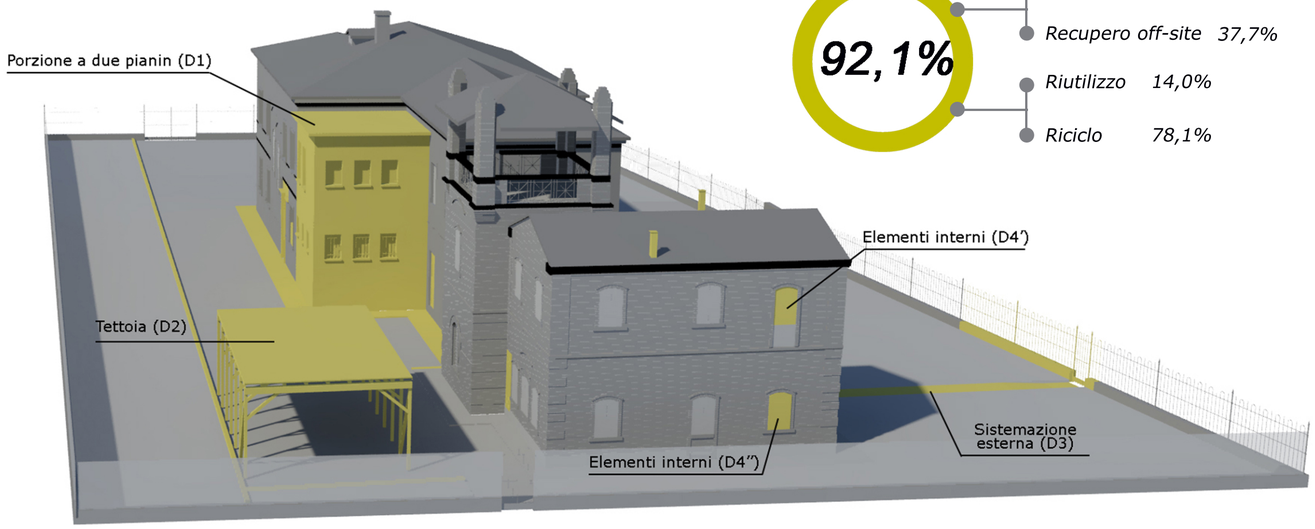
LAUREANDO: Marco Cavestro
nº matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

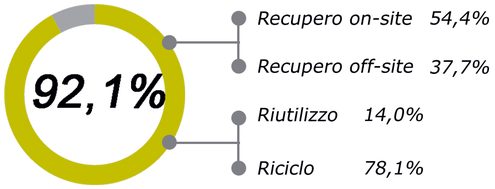
TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

DEMOLIZIONI

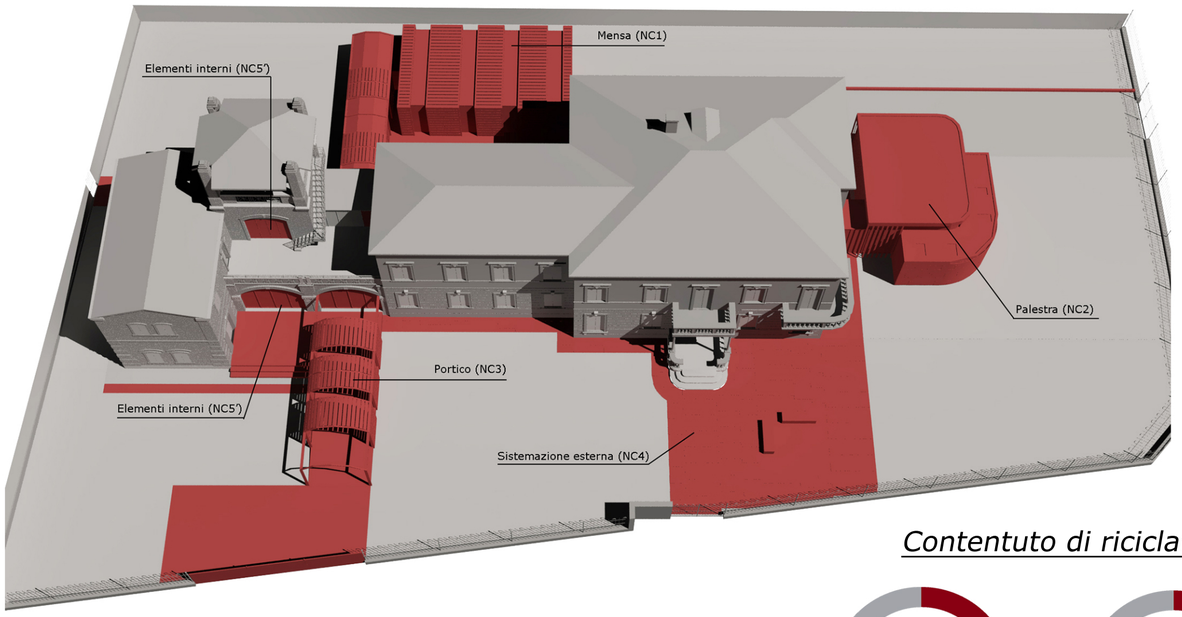


Recupero dei rifiuti

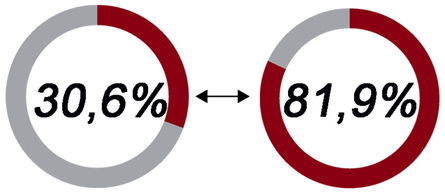


- *Recupero on-site 54,4%*
- *Recupero off-site 37,7%*
- *Riutilizzo 14,0%*
- *Riciclo 78,1%*

NUOVE COSTRUZIONI

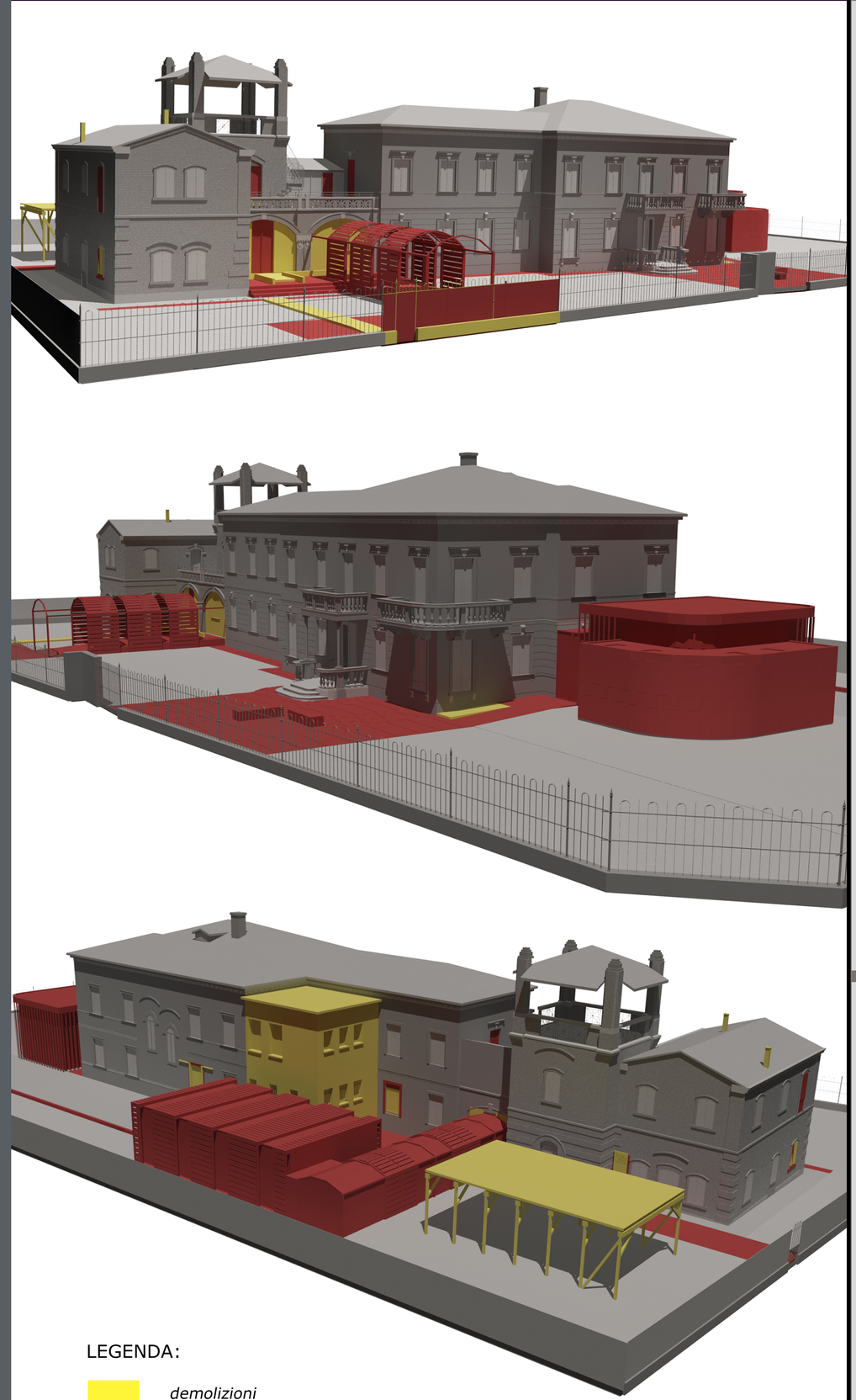


Contentuto di riciclato



calcolato sul peso considerando le porzioni interrate

calcolato sul peso escludendo le porzioni interrate



LEGENDA:

- *demolizioni*
- *nuove costruzioni*

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017

N

AREA STOCCAGGIO PONTEGGIO

CASSONE PERICOLOSI

CASSONE METALLI

CASSONE LEGNO E VETRO

CASSONI INDIFFERENZIATI

DEPOSITO TERRENO

CASSONE PLASTICA

CASSONE CARTONE

INGOMBRO NUOVI VOLUMI

PONTEGGIO

INGRESSO PRINCIPALE

VIA TRENTINO

CASSONE INERTI

INGOMBRO NUOVI VOLUMI

AREA STOCCAGGIO MATERIALI

FRANTOIO PER INERTI

SILO

BETONIERA

GRU A TORRE

INGOMBRO NUOVI VOLUMI

AREA STOCCAGGIO MATERIALI

SPOGLIATOIO

UFFICIO

W.C.

QUADRO ELETTRICO

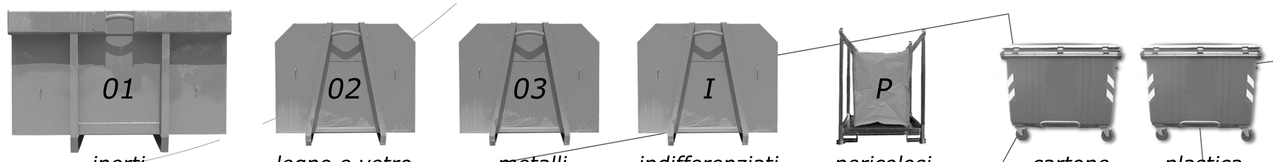
INGRESSO SECONDARIO

VIA VIGONOVESE

6626
530
1931
2375
600
310
1390
1537
1870
3976
2017
473
1526
240
300
2520
1163
100
2256

0 1 5 10 20 m

RACCOLTA DIFFERENZIATA IN CANTIERE



inerti 20 mc x 2 | *legno e vetro 5 mc* | *metalli 5 mc* | *indifferenziati 5 mc x 2* | *pericolosi 1 mc* | *cartone 1 mc* | *plastica 1 mc*

imballaggi

VILLA BERTA A CAMIN

08 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE
Planimetria

TESI DI LAUREA:
I rifiuti come risorse nel processo edilizio.
Applicazione ad un caso studio

LAUREANDO: Marco Cavestro
n° matricola: 1024242

RELATORE:
Chiar.ma Prof.ssa Rossana Paparella
CORRELATORE:
Chiar.mo Prof. Mauro Caini

Università degli studi di Padova
Dipartimento di Ingegneria civile, edile e ambientale
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria edile-architettura
A.A. 2016 / 2017