



POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Civile

Corso di laurea specialistica in Ingegneria Civile

Studio di un modello organizzativo per lo smaltimento delle macerie da terremoto

Un caso studio: il terremoto de L'Aquila

Relatore: Prof. Ing. MAURIZIO CRISPINO

Co-relatore: Prof. Ing. SANDRO COLAGRANDE

Tesi di Laurea di:

FRANCESCO MAGGI matr. 735451

Anno Accademico 2009 – 2010

Indice:**1. Introduzione**

1.1 Scopi e obiettivi	pag. 6
1.2 Definizione e terminologia	7
1.3 Parametri di stima per una corretta risposta al problema	12

2. I materiali prodotti dal sisma

2.1 Classificazione macerie	15
2.1.1 Materiali non tossici	16
2.1.2 Materiali tossici	19
2.2.1 Amianto	22
2.2.2 Piombo	27
2.2 Normative sui materiali	28
2.2.1 Parte quarta D. Legislativo 3 aprile 2006, n.15	30
2.2.2 CER (Catasto Europeo Rifiuto)	32
2.3 Normative sullo smaltimento	37
2.3.1 Decreto Abruzzo, art. 9	45

3 Macchine, impianti e attrezzature smaltimento

3.1 Smaltimento delle macerie	48
3.2 Organizzazione: tipologia di impianti	50
3.2.1 Impianto fisso	51
3.2.2 Impianto mobile	54
3.3 Le macchine	
3.3.1 Macchine movimentazione macerie	57
3.3.2 Macchina per la frantumazione	58
Parti costruttive	
3.3.2.1 Tramoggia di alimentazione	59
3.3.2.2 Vagliatura preliminare	60
3.3.2.3 Sgrossatore grizzly	61
3.3.2.4 Sistema prevaglio vibrante	62

3.3.2.5 Frantumazione	pag. 63
I frantoi	
3.3.2.5.1 Frantoio a mascelle	65
3.3.2.5.2 Frantoio rotativo	67
3.3.2.5.3 Frantoio a cilindro	68
3.3.2.5.4 Frantoio a urto	70
3.3.2.5.5 Frantoio a martelli	71
3.3.2.6 Deferizzatore	73
3.3.3 Benne con frantumatore	74
3.3.4 Selezione merceologica	75
3.3.4.1 Separazione dimensionale	76
3.3.4.1.1 Vibrovagli	76
3.3.4.1.2 Vagli a disco	77
3.3.4.2 Selezione gravimetrica	78
3.3.4.2.1 Classificazione ad aria	78
3.3.4.2.2 Letto fluido	80
3.3.4.3 Separazione balistica	81
3.3.4.4 Selezione magnetica	82
3.3.4.4.1 Separatori a tamburo	82
3.3.4.5 Selezione spettroscopica	83
3.4 Attrezzature	
3.4.1 Cesoie demolitrici	84
3.4.2 Nastri trasportatori	85
3.4.3 Selezionatore – frantumatore	86
3.4.4 Cassoni scarrabili	87
3.5 Problemi connessi alle lavorazioni	
3.5.1 Le polveri	88
3.5.2 Il rumore	89

4. Il caso studio del L'Aquila	pag. 91
4.1 La posizione	94
4.2 La storia	95
4.3 L'Aquila e il suo rapporto con i terremoti lungo al storia	96
4.4 Il terremoto del 2009	97
4.5 Analisi preliminare del problema	
4.5.1 Composizione delle macerie	98
4.5.2 Tipologie costruttive dei fabbricati	100
4.5.3 Stima generica dei danni	103
4.6 Iter procedurale messo in pratica dagli organi competenti	
4.6.1 Dal 6 aprile 2009 al 25 marzo 2010	106
4.6.1.1 Sito di stoccaggio temporaneo: cava ex Teges	109
4.6.2 Dal 25 marzo 2010 ad oggi	111
4.6.3 Macerie da crollo che hanno causato vittime	120
4.7 Proposta di modello gestionale	121
4.7.1 Tipologia di macerie	121
4.7.2 Aree di stoccaggio	124
4.7.3 Tipologia di intervento	127
4.7.4 Metodologia di intervento	128
4.7.4.1 Smaltimento in ambito urbano – zona B e C	128
4.7.4.2 Smaltimento in ambito di centro storico	132
4.7.4.2.1 Le vie di accesso	135
4.7.4.2.2 Aree di primo stoccaggio	137
4.7.4.3 Aree di stoccaggio: riciclo inerti	139
4.7.5 Analisi preliminare: produttività e costi	143
4.7.5.1 Stima macerie	143
4.7.5.2 Produttività di esercizio degli escavatori	144
4.7.5.3 Produttività di esercizio degli autocarri	144
4.7.5.4 Produttività di esercizio pala meccanica	146
4.7.5.5 Produttività di esercizio impianto mobile	147
4.7.5.6 Nastro trasportatore	147
4.7.5.7 Costi	148

4.7.5.7.1 Mano d'opera	150
4.7.5.7.2 Escavatore	150
4.7.5.7.3 Dumper	151
4.7.5.7.4 Pala meccanica	151
4.7.5.7.5 Impianto di frantumazione	152
4.7.5.7.6 Nastro trasportatore	152
4.7.5.7.7 Costi smaltimento macerie ambito urbano	153
4.7.5.7.8 Costi smaltimento macerie aree di stoccaggio	154
4.7.5.7.9 Costi smaltimento macerie centro storico	155
4.7.5.8 Analisi tempi	156
4.7.5.8.1 Caso 3 escavatori operativi	158
4.7.5.8.2 Caso 4 escavatori operativi	160
4.7.5.8.3 Caso 5 escavatori operativi	162
5. Conclusioni	164
6. Bibliografia	166

1. Introduzione

1.1 Scopo e obiettivi

L'elaborato di tesi si propone di fornire una descrizione dell'iter procedurale concepibile sulla problematica connessa alla gestione dei rifiuti derivanti dall'attività sismica con un occhio di riguardo ai macchinari impiegati nello smaltimento di tali scarti. Partendo dalla conoscenza della tipologia del materiale e delle problematiche ambientali ad esso connesse (con particolare riferimento ai rifiuti pericolosi) ed in linea con le strategie ed i principi della normativa comunitaria e italiana, l'obiettivo principale dell'elaborato di tesi è quindi rappresentato dall'individuazione degli elementi informativi necessari per l'implementazione di un corretto sistema di gestione delle macerie prodotte da attività sismica. La problematica è stata quindi analizzata in tutti gli aspetti, normativi e tecnologici, per arrivare a fornire una serie di soluzioni tecniche e gestionali specifiche.

In questo contesto di emergenza, il primo fattore di criticità è rappresentato dallo smaltimento delle macerie che risulta essere la fase più delicata del post sisma. La composizione merceologica delle resti delle infrastrutture e fabbricati colpiti infatti ostruiscono e rendono impossibile la fase di messa in sicurezza e successiva ricostruzione delle opere compromesse o solo danneggiate. E' quindi necessario, in base ai tanti fattori in gioco, creare un corretto, oltre che celere gestione, dei rifiuti che, dopo un corretto smaltimento, possono diventare anche risorsa nella successiva fase di ricostruzione.

L'analisi si è poi concentrata sul caso specifico del terremoto che ha colpito la città de L'Aquila nell'aprile 2009. Dopo un sopralluogo in sito e con l'assistenza di alcuni esponenti della Protezione Civile impegnata sul campo, si è proposta una soluzione con un'analisi dei tempi e dei costi da intraprendere a seconda del processo di smaltimento scelto.

1.2 Definizioni e terminologia

Prima di procedere con l'analisi del processo operativo, è buona norma avere conoscenza di tutti i termini specifici che andremo a trattare. Per questo motivo qui di seguito è stato redatto un glossario con i vocaboli più utilizzati.

Le macerie derivante dal sisma, data la loro composizione merceologica, possono essere considerate come *materiali da costruzione e demolizione* (indicati *C&D*, Construction and Demolition), altrimenti detti *inerti da C&D* che costituiscono una tipologia di rifiuti che comprende, in questa eccezione, tutti gli scarti che derivano dalle diverse attività di costruzione, manutenzione, ristrutturazione, demolizione di edifici, opere civili ed infrastrutture di trasporto. In generale, esso sono costituiti da considerevoli contributi di inerti da C&D che provengono anche dalla fabbricazione e prefabbricazione di elementi e componenti delle costruzioni civili (mattoni, piastrelle, elementi strutturali in cemento armato, ecc.). Non è il nostro caso, ma si potrebbe consapevolmente affermare che l'uguaglianza appena introdotta è da ritenersi veritiera stando bene attenti però a ricordare la maggior eterogeneità dei rifiuti merceologici prodotti dall'attività sismica che possono comprendere anche elettrodomestici o, in alcuni casi, anche automobili coinvolte nel sisma, sepolte sotto la coltre della macerie prodotte dal sisma.

La composizione dei rifiuti da C&D è in ogni caso particolarmente variabile e diversificata in funzione del livello di sviluppo socio-economico raggiunto dall'area colpita, dei materiali più facilmente approvvigionabili e infine dalle particolari esigenze abitative.

Si possono pertanto considerare comprensivi di: calcestruzzo, cemento e malte varie, conglomerati bituminosi, mattoni e blocchi di murature, elementi lapidei, terra, legname, metalli, plastica, gesso, prodotti ceramici, vetro, materiali compositi, materiali per isolamento termico e acustico, oltre all'oggettistica tipica dell'arredamento interno di una casa, come elettrodomestici, mobili, vestiti e utensili vari. Tra tutti questi materiali è possibile individuare anche la classe dei materiali inerti che sono idonei al reimpiego nel campo delle costruzioni civili, utilizzabili quindi nella fase di ricostruzione.

All'interno di questa classe possono essere considerate due principali sottoclassi:

calcestruzzo, costituita da:

calcestruzzi depurati dalle eventuali armature;
scarti dell'industria dei manufatti in cemento;
scarti della prefabbricazione civile;

macerie, costituita da:

inerti di risulta dalle demolizioni (laterizi, piastrelle);
scarti dell'industria delle ceramiche e dei laterizi;
frammenti di pavimentazioni stradali;
sfridi di materiali lapidei provenienti da scavi.

Il primo tipo di aggregato può essere considerato di qualità più elevata, perché costituito dalla malta cementizia e dagli inerti di cava originariamente selezionati per la composizione del calcestruzzo. Le macerie invece risultano costituite da elementi eterogenei, cioè di natura molto diversa.

Per essere avviato al reimpiego e consentire valutazioni attendibili sul suo comportamento in esercizio, il materiale deve provenire da apposito impianto di frantumazione e trattamento, grazie al quale è possibile eliminare le sostanze estranee o inquinanti e conferire al prodotto omogeneità e costanza della sua composizione. L'omogeneità della curva granulometrica dipende principalmente dalla tipologia e dalla regolazione dell'impianto di frantumazione, mentre si può tendere alla costanza della composizione adottando semplici procedure durante il deposito, lo stoccaggio provvisorio e il prelievo dalle zone dei cumuli di stoccaggio.

A questo punto può risultare utile un approfondimento sulla *terminologia* usata nella presente tesi, correlato anche da un vero e proprio *glossario*:

- Costruzione e demolizione (C&D): tipologia di rifiuti che comprende tutti gli scarti che derivano dalle diverse attività di costruzione, manutenzione, ristrutturazione, demolizione di edifici, opere civili ed infrastrutture di trasporto;

- Deposito temporaneo: ammasso dei rifiuti da C&D, effettuato, nel luogo di produzione, in condizioni controllate e prima della raccolta;
- Frazioni omogenee: insieme di rifiuti (da C&D) rispondenti a specifici requisiti tecnici e/o merceologici;
- Gestione dei rifiuti: insieme delle attività di programmazione, organizzazione, esecuzione delle operazioni di recupero e smaltimento dei rifiuti (da C&D) e delle operazioni a loro preliminari;
- Luogo di produzione dei rifiuti: cantieri temporanei mobili o fissi in cui si svolgono attività di costruzione e installazione di impianti, attività di produzione ed attività in grado di riutilizzare rifiuti come materie prime seconde;
- Recupero: riciclo, riutilizzo o qualsiasi altra operazione intesa a favorire la valorizzazione dei rifiuti da C&D;
- Riciclo: operazione di recupero dei rifiuti da C&D finalizzata a ottenere materie prime secondarie, previo corretto trattamento;
- Riduzione: diminuzione della pezzatura di rifiuti da C&D con apposite macchine, detti frantoi.
- Riutilizzo: operazione di recupero dei rifiuti da C&D finalizzata al riuso di semilavorati e componenti di elementi costruttivi o al loro reimpiego tal quali o previo trattamento;
- Selezione: operazione di separazione dei rifiuti da C&D in frazioni omogenee, finalizzata ad un loro successivo avvio a recupero o smaltimento;
- Smaltimento: fase terminale della gestione dei rifiuti da C&D;

- **Stoccaggio:** operazione di deposito o messa in riserva di rifiuti da C&D finalizzata alla corretta conservazione degli stessi fino al successivo recupero e smaltimento;
- **Trattamento:** operazione condotta in apposito impianto tendente a modificare le caratteristiche dei rifiuti rendendole idonee al recupero o smaltimento.
- **Calcestruzzo:** è un conglomerato artificiale costituito da una miscela di legante, acqua e aggregati (sabbia e ghiaia) e con l'aggiunta, secondo le necessità, di additivi , e/o aggiunte minerali che influenzano le caratteristiche fisiche o chimiche del conglomerato sia fresco che indurito. Attualmente il legante utilizzato per confezionare calcestruzzi è il cemento, ma in passato sono stati realizzati calcestruzzi che utilizzavano leganti differenti come la calce aerea o idraulica. Il calcestruzzo fresco viene gettato in opera nel cassero e costipato con vibratori per evitare la formazione di vuoti che andrebbero a diminuire la resistenza. Il cemento, idratandosi con l'acqua, indurisce e conferisce alla miscela la resistenza, specifica per ogni tipo di calcestruzzo a seconda delle caratteristiche e delle quantità di ogni componente utilizzato nel composto. È oggi utilizzato soprattutto per realizzare le parti strutturali di un edificio ed è il materiale da costruzione più impiegato nel mondo.
- **Laterizi** sono tutti quegli elementi di costruzione e di arredo (mattoni, mattonelle, coppi, tegole, ecc.) costituiti di sola terracotta. Esistono diverse sezioni merceologiche, che individuano le tipologie di laterizi attualmente prodotte: laterizi per murature, laterizi faccia a vista, laterizi per solai, laterizi per coperture, tavelloni, laterizi per tamponamenti e divisori e cotto per pavimentazioni. Presso i riciclatori di rifiuti da C&D le macerie di laterizio vengono comunemente chiamate *rosso*. In particolare il laterizio è un elemento costituito da argilla o altri materiali argillosi, con o senza sabbia, combustibili o altri additivi, cotto ad una temperatura sufficientemente elevata in modo da ottenere una struttura ceramica;

- Per elementi litici o litoidi si intendono materiali pietrosi, così come per materiale litoide riciclato si intendono le pietre ricavate dal calcestruzzo attraverso una demolizione e il trattamento in un impianto di riciclo;
- Le materie prime secondarie o seconde sono materie prime riciclate reintrodotte entro la catena di produzione, ossia materiali non pericolosi ammessi al riciclaggio dal DLgs 22/971 e successivi decreti attuativi, materiali provenienti dalle demolizioni, contenuti nello stesso decreto oppure scarti da attività minerarie o di cava.

1.3 I terremoti e le macerie

I terremoti, detti anche *sismi* o *scosse telluriche*, sono movimenti improvvisi e rapidi della crosta terrestre, provocati dalla liberazione di energia in un punto interno, detto ipocentro; di qui, una serie di onde elastiche, dette "onde sismiche", si propagano in tutte le direzioni, anche all'interno della Terra stessa; il luogo della superficie terrestre posto sulla verticale dell'ipocentro, si chiama epicentro ed è generalmente quello più interessato dal fenomeno. La superficie terrestre è in lento ma costante movimento e i terremoti si verificano quando la tensione risultante eccede la capacità del materiale roccioso di sopportarla. Questa condizione occorre molto spesso ai confini delle placche tettoniche nelle quali la litosfera terrestre può essere suddivisa. Gli eventi sismici che si verificano ai confini tra placche sono detti terremoti interplacca; quelli meno frequenti che avvengono all'interno delle placche della litosfera sono detti terremoti intraplacca.

Ogni giorno sulla Terra si verificano migliaia di terremoti; solo qualche decina sono percepiti dalla popolazione e la maggior parte di questi ultimi causano poco o nessun danno. La durata media di una scossa è molto al di sotto dei 30 secondi; per i terremoti più forti, però, può arrivare fino a qualche minuto. Le onde elastiche che si propagano durante un terremoto sono di diverso tipo e in alcuni casi possono risultare in un movimento prevalentemente orizzontale o verticale del terreno (scossa ondulatoria o sussultoria). Un terremoto può essere accompagnato da forti rumori che possono ricordare boati, rombi, tuoni, sequenze di spari, eccetera; questi suoni sono dovuti al passaggio delle onde sismiche all'atmosfera e sono più intensi in vicinanza dell'epicentro.

I terremoti possono causare gravi distruzioni e alte perdite di vite umane attraverso una serie di agenti distruttivi, il principale dei quali è il movimento violento del terreno con conseguente sollecitazione delle strutture edilizie in posa, accompagnato eventualmente anche da altri effetti quali inondazioni (ad esempio, maremoto o cedimento di dighe), cedimenti del terreno (frane, smottamenti o liquefazione), incendi o fuoriuscite di materiali pericolosi. In ogni terremoto, uno o più di questi agenti possono concorrere a causare gravi danni e numerose vittime.

I terremoti sono gli eventi naturali di gran lunga più potenti sulla terra; i sismi possono rilasciare in pochi secondi un'energia superiore a migliaia di bombe atomiche, solitamente misurata in termini di *momento sismico*. A tal riguardo basti pensare che un terremoto riesce a spostare in pochi secondi volumi di roccia di centinaia di chilometri cubi. L'unità di misura sismica più usata è ancora la Scala Richter, una scala logaritmica adimensionale che rappresenta, per ogni differenza relativa di 2, un fattore 1000; quindi, un terremoto di magnitudo 6 è mille volte più potente di uno di magnitudo 4.

Se ne deduce quindi che l'evento sismico ha una forte componente distruttiva. Il cedimento di edifici, infrastrutture e fenomeni naturali a esso associati, come frane e smottamenti, generano un'enorme quantità di materiale che deve essere opportunamente rimosso per poter iniziare la fase di messa in sicurezza degli edifici e la successiva ricostruzione. I fattori che complicano questo processo di recupero sono la distribuzione molto vasta di questo materiale derivante dalla demolizione e l'eterogeneità dei materiali. Come infatti vedremo, le macerie sono costituite da una classe merceologica di prodotti molto vari tra loro con all'interno anche dei materiali pericolosi per la salute dell'uomo.

Bisogna tener conto, quindi, degli attori che influenzano lo smaltimento dei rifiuti prodotti dall'evento sismico, così da avere una percezione a 360° del problema per una corretta consapevolezza del problema e quindi generare una tempestiva risposta all'emergenza. Per rispondere all'emergenza in modo celere ed efficace bisogna come detto conoscere tutti gli aspetti che rendono la situazione di terremoto una criticità. A seconda dell'intensità dell'evento sismico infatti si genereranno sulla superficie terrestre distruzioni e danneggiamenti di vario tipo, come mostrato in Fig. 1, che possono colpire sia infrastrutture che fabbricati privati o pubblici.

Per generare una corretta risposta al problema delle macerie prodotte dal sisma, bisogna avere, quindi, una visione della criticità nel suo insieme più ampio. Sono molti infatti gli attori da considerare per una corretta gestione del problema che si possono raggruppare in queste quattro macrovoci:

- Quantità molto significative di materiale
- Distribuzione su un area molto vasta di territorio
- Eterogeneità della classe merceologica prodotta
- Normative vigenti e deroghe in condizioni emergenziali

Fig.1 – Terremoto S. Giuliano di Puglia

[tratto da “Emergenza sicurezza edifici pubblici in Molise”]

2. I materiali prodotti dal sisma

L'attore principale di questo problema sismico è il rifiuto "maceria" derivante dall'evento tellurico che deve essere quantificato, classificato e smaltito a seconda degli aspetti normativi vigenti sul territorio in questione.

Il primo passo quindi per una corretta gestione è la determinazione, oltre che della quantità, strettamente legata all'intensità del terremoto, alla tipologia del materiale che compone il rifiuto maceria che dipenderà in prima analisi dalla gamma dei fabbricati colpiti dal sisma.

2.1 Classificazione delle macerie

Bisogna scendere a livello territoriale e quindi calarsi nello specifico poter dare una risposta corretta del problema della classificazione. Infatti, come già ampiamente detto precedentemente, le macerie prodotte dal sisma sono legate alle tipologie costruttive presenti nella zona colpita dall'evento tellurico e sono particolarmente variabili e diversificate in funzione del livello di sviluppo socio-economico raggiunto dall'area colpita, dei materiali più facilmente approvvigionabili e infine dalle particolari esigenze abitative. Per ora restiamo quindi in ambito generale, analizzando l'incognita nella sua accezione più ampia a livello nazionale. Ricordando la similitudine tra il rifiuto "maceria" e il rifiuto C&D, possiamo iniziare con una prima analisi.

La composizione dei rifiuti da C&D risulta molto variabile sia per la diversa origine dei rifiuti, sia per molteplici fattori quali le tipologie e le tecniche costruttive locali, il clima, l'attività economica e lo sviluppo tecnologico della zona, nonché le materie prime e i materiali da costruzione localmente disponibili.

2.1.1 Materiali non tossici

A livello semplicemente esplicativo, si riporta in Tabella 1 le composizioni percentuali medie del rifiuto di demolizione in Italia rilevate da uno studio dell'Arpa Liguria che ha preso in considerazione la classe merceologica giungente ai maggior impianti italiani di stoccaggio e recupero degli inerti derivanti da demolizione e costruzione.

Categoria del rifiuto	% in peso sul totale
Calcestruzzo	30,00
Calcestruzzo non armato	10,00
Calcestruzzo armato	20,00
Laterizio (tegole, mattoni, forati)	50,00
Asfalti	5,00
Scavi	6,00 – 10,00
Carta o cartone	0,60 – 0,40
Metallo	3,00
Varie	1,00 – 1,40

Tabella 1 – Composizione medie dei rifiuti C&D in Italia, ISPELS
[da "Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione nelle aree colpite dagli eventi sismici"]

L'esatta composizione merceologica dei rifiuti derivanti dall'attività sismica, come detto, è un dato fondamentale per la corretta progettazione delle diverse fasi di trattamento del rifiuto "maceria". E' importante sottolineare comunque che la presenza di impurezze nel materiale in ingresso agli impianti di recupero (gesso, asfalto, legno, gomma, plastica, etc.) ne limita le possibilità d'impiego dopo il trattamento e/o condiziona la scelta della tecnologia di riciclaggio da adottare.

Possono inoltre essere presenti anche alcune sostanze pericolose, quali asbesto, cromo, cadmio, zinco, piombo, mercurio e PCB, contenute in alcuni materiali da costruzione o derivanti dal collasso di siti contaminati, ma tali materiali si trovano in percentuali abbastanza ridotte. In Gran Bretagna si è stimato, per esempio, che solo l'1% circa dei rifiuti da C&D è pericoloso [Symonds Travers Morgan/ARGUS, 1995]. La rimozione dei materiali pericolosi è di fondamentale importanza per poter iniziare la delicata fase

di smaltimento rapido delle macerie prodotte dall'evento sismico, inserendo in opportuni macchinari i materiali non contaminati che possano essere successivamente avviati alla fase di riciclo. Alcune sostanze rilasciate durante il sisma possono infatti contaminare non solo altri rifiuti da C&D, ma anche penetrare nell'atmosfera o nel terreno, oltre ad esporre a rischi gli operatori che eseguono la demolizione. In un processo di smaltimento corretto quindi, i materiali potenzialmente pericolosi devono essere rimossi per primi, per due motivi fondamentali:

1. fin tanto che i materiali sono riconoscibili e possono essere rimossi manualmente, i rischi per gli addetti ai lavori saranno minori
2. la rimozione dei materiali contenenti sostanze pericolose permette di avere rifiuti C&D non contaminati da sostanze nocive, quindi riciclabili con maggiore facilità

I materiali e i prodotti utilizzati in edilizia possono emettere composti altamente tossici (cancerogeni o allergenici) o irritanti. In generale i materiali e i prodotti edili che possono rilasciare i seguenti inquinanti sono:

- inquinanti di natura fisica: radon e prodotti di decadimento;
- composti organici volatili e semivolatili, in particolare formaldeide, solventi;
- inquinanti biologici: funghi, muffe, batteri;
- fibre minerali naturali e artificiali: amianto, lana di vetro, lana di roccia.

Ma nelle macerie non sono presenti solo componenti legati ai prodotti classici di edilizia ma anche elettrodomestici (Fig. 2) o autovetture che con i loro componenti rappresentano una quota parte non indifferente di materiale inquinante. Al loro interno infatti ci sono sostanze tossiche come piombo, mercurio e metalli pesanti in generale oltre alle batterie della auto che possono rilasciare nell'ambiente sostanze molto pericolose. Pericolosa potrebbe essere anche la permanenza del carburante in seno alle automobili danneggiate dal sisma che innalza il pericolo di infiammabilità e nei casi più gravi, anche di scoppio con le numerose conseguenze che esse potrebbero comportare.

Fig. 2 - Tipico aspetto delle macerie [dal blog "La Nuova L'Aquila"]

2.1.2 Classificazione delle macerie

L'esatta composizione merceologica dei rifiuti di demolizione è un dato fondamentale per la corretta progettazione delle diverse fasi di trattamento. E' importante sottolineare che la presenza di impurità nel materiale in ingresso agli impianti di recupero (gesso, asfalto, legno, gomma, plastica, etc.) ne limita le possibilità d'impiego dopo il trattamento e/o condiziona la scelta della tecnologia di riciclaggio da adottare.

Ricerche più approfondite mostrano la presenza di *rifiuti pericolosi* (cromo, piombo, cadmio, zinco, mercurio, asbesto, PCB5 e altro) negli inerti da C&D, ma sempre in percentuali molto basse ed inferiori all'1%. Verrebbe da dire che il maggior problema derivante dagli inerti da C&D non sia la loro pericolosità, ma la loro *quantità*. Non sono comunque da trascurare i materiali pericolosi presenti in tali rifiuti, primo fra tutti l'amianto.

La rimozione dei materiali pericolosi è di fondamentale importanza per poter ottenere, dal processo di demolizione, materiali non contaminati che possano essere facilmente avviati al riciclo. Alcune sostanze rilasciate durante la demolizione provocata dal sisma possono infatti contaminare non solo gli altri rifiuti da C&D, ma anche penetrare nell'atmosfera o nel terreno, oltre ad esporre a rischi gli operatori che eseguono la demolizione (Fig. 3).

In generale i materiali e i prodotti edili possono rilasciare i seguenti *inquinanti*:

- *inquinanti di natura fisica*: radon e prodotti di decadimento;
- *composti organici volatili e semivolatili*: formaldeide, solventi organici aromatici e antiparassitari;
- *inquinanti biologici*: funghi, muffe, batteri;
- *fibre minerali naturali e artificiali*: amianto, lana di vetro, lana di roccia.

La normativa tuttavia riconosce come *pericolosi* solo poche tipologie di rifiuti da C&D. Uno degli esempi più noti di questo piccolo gruppo, ed anche il più frequentemente citato, è rappresentato dai materiali a base di amianto. Tuttavia anche altri materiali si possono definire pericolosi, in particolare quando possiedono una o più caratteristiche di quelle usate per definire la pericolosità (come la tossicità o l'inflammabilità),

caratteristiche che si possono rivelare solo sotto specifiche condizioni, che non sempre vengono considerate e che quindi possono sfuggire.

Rifiuti	Esempi
Alcuni rifiuti sono pericolosi perché i materiali usati contengono un'alta proporzione di materiali considerati pericolosi	Amianto, piombo, vernice o residui conservativi, adesivi, agenti, parti di elettrodomestici, batterie di automobili e oli
Alcuni materiali diventano pericolosi come risultato della loro lunga permanenza nell'ambiente in cui si trovano	Reazione superficiale tra i materiali da costruzione in origine non pericolosi e gli agenti chimici trasportati dall'inquinamento
Alcuni rifiuti diventano pericolosi sotto particolari condizioni	Travi da legno trattate, se bruciate emettono gas tossici
Alcuni materiali diventano inquinanti quando vengono a contatto con materiale pericoloso	Lattine di vernice a piombo, se rovesciate sulle macerie, rendono quest'ultimo un materiale pericoloso

I prodotti inquinanti, pericolosi per la salute dell'uomo e per l'ambiente, sono abbinati a specifici elementi costruttivi come mostrato in Tabella 2:

Prodotto/materiale	Componenti potenzialmente pericolosi
Amianto	Fibre respirabili
Fibre ceramiche refrattarie e vetrose	Fibre respirabili (anche irritanti per la pelle)
Elementi di copertura, elementi di completamento di abbaini, lucernari, camini, tubazioni,	Piombo
Vernici e rivestimenti	Piombo, Cromo, solventi, PCB (1)
Additivi del cemento	Solventi idrocarburici
Impermeabilizzanti	solventi

Adesivi	Solventi
Mastici, sigillanti	Solventi,. PCB (1)
Legno trattato	Mercurio, cromo, catrame, pesticidi, fungicidi
Bombole di gas	Propano, butano
Oli e combustibili	idrocarburi
Sistemi di condizionamento, di refrigerazione	CFC

Tab. 2 – Tipologie di rifiuto inquinante, ISPELS
[da “Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione nelle aree colpite dagli eventi sismici”]

- (1) negli edifici costruiti negli anni 60 e 70. I policlorobifenili, noti spesso con la sigla PCB, sono una classe di composti organici la cui struttura dove l’idrogeno si combina con il cloro.

Tra i componenti pericolosi sopra elencati, quelli caratterizzati da un impatto ambientale e sanitario elevato e che sono presenti in quantità più rilevanti negli edifici sono l’amianto e il piombo, dei quali è opportuno riportare nel seguito una breve valutazione sui componenti edili dove è possibile riscontrare tale inquinante.

2.1.2.1 Amianto

Esistono pochi materiali diffusi come l'amianto (Fig. 4) e altrettanto pericolosi per la salute dell'uomo. La conferma della sua cancerogenicità risale agli anni '50 e '60, mentre il divieto totale di produzione in Italia è intervenuto solo nel 1994. Le caratteristiche dell'amianto hanno fatto sì che nel passato sia stato largamente utilizzato in edilizia. L'utilizzazione più diffusa è stata certamente quella dell'impasto con cemento e/o con bitume (fibrocemento, nome commerciale *Eternit*), con il quale era possibile realizzare numerosi componenti per l'edilizia quali:

- Mattonelle di pavimentazione
- Pitture, rivestimenti e sigillanti
- Tubi in amianto e cemento
- Isolanti copertura per edilizia residenziale e industriale
- Intonaci
- Miscele cementizie
- Cartongeltri per manto di copertura

Fig. 4 – Tegole in amianto

[dall'articolo "Amianto all'Agraria, Gaspari ordina la rimozione"]

La pericolosità dei materiali di amianto dipende dall'eventualità che siano rilasciate nell'ambiente fibre aerodisperse che possono venire inalate. L'amianto rappresenta un pericolo per la salute a causa delle fibre di cui è costituito e che possono essere inalate. L'esposizione a fibre di amianto è associata a malattie dell'apparato respiratorio (asbestosi, carcinoma polmonare) e delle membrane sierose, principalmente la pleura (mesoteliomi). Esse insorgono dopo molti anni dall'esposizione: da 10-15 per l'asbestosi ad anche 20-40 per il carcinoma polmonare ed il mesotelioma.

Il criterio più importante da valutare in tal senso è rappresentato dalla *friabilità* dei materiali. I materiali friabili in oggetto infatti possono già liberare spontaneamente fibre per la scarsa coesione interna (soprattutto se sottoposti a fattori di deterioramento quali vibrazioni, correnti d'aria, infiltrazioni di acqua) e essere facilmente danneggiati nel corso di interventi di manutenzione. Con l'avvento del terremoto, in caso di collasso della struttura, sono i prima materiali a essere ridotti in polvere data la poca resistenza del composto. In base alla friabilità i materiali contenenti amianto possono quindi essere classificati come:

- *friabili*: i materiali che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere mediante la semplice pressione delle dita;
- *compatti*: materiali duri che possono essere ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici (dischi abrasivi, frese, trapani...)

Nella Tabella 3 vengono schematicamente indicati i principali materiali che possono essere presenti negli edifici, con le loro caratteristiche di contenuto di amianto e data di impiego nelle costruzioni in Italia.

Suddivisione	Nome generico	% di Amianto	Periodo di impiego	Legante
Cartoni	Alte temperature	90	1035-1985	Silicato di sodio
	Cartone pressato	80-85	1910 – 1985	Amido, calce e Argilla
	Temperature moderate	35-70	1910 – 1985	Amido
Cartone feltri per manti di copertura	A superficie liscia o ruvida	10-15	1910 – 1985	Asfalto
	Condotte	10	1920 – 1985	
Componenti contenenti amianto	Adesivi	5-25	1945 – 1985	
	Mastici	5-25	1920-1985	Asfalto
	Stucchi per intonaci	2 – 10	1945-1985	Cemento Portland
Piastrelle per pavimentazione	Piastrelle vinil/asbesto	21	1950-1985	Polivinilcloruro
Carta da parati	Carta vinilica	6-8	1950 – 1985	
Pitture e rivestimenti	Rivestimenti soffitti	4 – 7	1900 – 1985	Asfalto
Materiale di rivestimento	Spazzolato o spruzzato	1 – 95	1935 – 1970	Silicato, cemento o leganti organici
Isolamento termico	Pannelli, rivestimenti tubi	6- 15	1926 - 1971	Carbonato di magnesio, silicato di calcio
Tessili	Indumenti e	100	1910 – 1985	

		coperte ignifughe		
Materiali cementizi solidi	Pannelli estrusi	8	1965 – 1985	Cemento Portland
	Ondulati	20 – 45	1930 – 1985	Cemento Portland
	Pieghevoli	30 – 50	1930 – 1985	Cemento Portland
	Elementi copertura			
	Tetti	12 – 14	1930 – 1985	Cemento Portland
	Tubi	80 – 85	1935 – 1985	Cemento Portland

Tab. 3 – Gli usi dell'amianto nell'edilizia [da "l'uso dell'amianto negli edifici"]

Dai piani di progettazione e costruzione degli edifici e degli impianti potrebbero ricavare quindi informazioni utili sulla presenza o assenza di amianto, nonché sul suo impiego nelle diverse, possibili applicazioni. Informazioni indirette sulla presenza di asbesto possono inoltre essere desunte dalla tipologia costruttiva del fabbricato e dalla sua epoca di costruzione.

Sono indiziati per la presenza di asbesto quei fabbricati con strutture portanti in ferro e adibiti sovente ad usi pubblici quali uffici, palestre, aule, sale conferenze, dove l'asbesto è stato utilizzato per le sue proprietà antincendio. Dall'epoca di costruzione degli edifici si possono ricavare ulteriori informazioni, in quanto è noto che nel nostro Paese il periodo di maggior utilizzo dell'amianto in edilizia e nell'impiantistica industriale è compreso tra il 1967 e il 1975. L'uso di questo materiale era, infatti, motivato, oltre che dalle sue caratteristiche tecniche, anche da considerazioni economiche legate al relativo basso costo e da obblighi normativi circa la protezione antifuoco. Nell'individuazione della presenza di asbesto negli edifici e negli impianti, in quest'ultimi sotto forma di coibentazione di tubazioni, è importante adottare una strategia mirata, che tenga presente del periodo di costruzione, della tipologia dell'edificio e della destinazione d'uso.

I materiali edilizi contenenti asbesto possono essere suddivisi in *friabili* e *non friabili* in funzione del legante utilizzato e quindi della probabilità di rilascio di fibre. Tutti i materiali compatti possono divenire friabili per degrado e/o danneggiamento

Nell'ambiente di emergenza in cui ci stiamo concentrando, l'individuazione di questi materiali tossici è il primo passo per una corretta gestione del problema. Uno smaltimento che non prende in considerazione questa problematica sarebbe poco produttivo e dannoso in quanto le polveri di amianto liberate dalla demolizione dei fabbricati dall'evento tellurico si propagherebbero prima nella zona del danneggiamento. Poi, con un errata gestione della macerie, potrebbero diffondersi nella zona di stoccaggio e, nei casi più sconsiderati, venir riutilizzati come leganti nella fase di ricostruzione con un danno per l'ambiente e la salute ancora peggiore.

Quindi, il primo atto da svolgere, ancor prima della raccolta delle macerie, è la conoscenza della datazione dell'edificio danneggiato dal sisma. In caso di eventuale presenza di amianto, le macerie dovranno subire un processo di stoccaggio e separazione più accurato con tutti i sistemi di sicurezza necessari (Fig. 5).

Fig. 5 – Movimentazione lastre di amianto
[da "Eternit sul tetto dell'ex cinema Orchidea"]

2.1.2.2 Piombo

Come tutti i metalli anche il piombo è caratterizzato da conducibilità termica ed elettrica, durezza e resistenza meccanica. Presenta inoltre un alto grado di lavorabilità: è infatti malleabile e duttile, per cui risulta indicato per rivestimenti e per la realizzazione di elementi di forma complessa. Il piombo però ha dei risvolti negativi sulla salute umana. Colpisce infatti tutti i sistemi all'interno del corpo. Ad alte concentrazioni può causare convulsioni, coma e anche la morte. A bassi livelli può invece avere effetti deleteri sul cervello, il sistema nervoso centrale, le cellule sanguigne ed i reni. I tessuti giovani, sempre molto vulnerabili, risultano particolarmente sensibili all'esposizione del piombo. Per questo motivo i feti ed i bambini piccoli esposti a questa sostanza sviluppano effetti dannosi che si manifestano con ritardi nello sviluppo fisico e mentale e con problemi comportamentali durante la crescita.

Nel settore delle costruzioni l'impiego del piombo è andato diminuendo nel tempo e, dopo l'emanazione della direttiva 605/82/CEE8, il suo utilizzo è ancora più limitato. Dal momento però che è stato utilizzato per secoli è opportuno citare gli impieghi più usuali nelle costruzioni, visto e considerato che si possono incontrare in fase di demolizione:

- lastre, fogli, bandelle impiegate come elementi di copertura;
- tubazioni e scarichi di apparecchi igienico-sanitari;
- elementi di completamento di abbaini, lucernari, camini;
- isolante acustico nei muri e nei solai.

2.2 Normative sui materiali

I rifiuti provenienti dal terremoto, ai sensi del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, sono classificati (art. 184) in base alla loro origine (distinguendo tra rifiuti urbani e rifiuti speciali) e sulla base delle caratteristiche di pericolosità (distinguendo tra rifiuti pericolosi e non pericolosi).

Da un punto di vista operativo, il legislatore ha introdotto uno specifico elenco (Catalogo Europeo Rifiuti), ai sensi della decisione 2000/532/CE e successive modificazioni, all'interno del quale, in base alla tipologia d'attività, ogni rifiuto trova una sua precisa collocazione. L'elenco di tali codici identificativi (denominato CER 2002) è allegato alla parte quarta del D.lgs. 152/06 ed è articolato in 20 classi ognuna delle quali raggruppa rifiuti che derivano da uno stesso ciclo produttivo.

A ciascun rifiuto viene assegnato un codice numerico di 6 cifre. Ogni coppia di numeri identifica:

- a) Classe: settore di attività da cui deriva il rifiuto;
- b) Sottoclasse: processo produttivo di provenienza;
- c) Categoria: nome del rifiuto.

La procedura precisa e articolata che aiuta ad assegnare correttamente i codici CER ai rifiuti è individuata nell'Allegato D del D.Lgs. 152/2006. Essa deve essere sempre applicata con molta attenzione, rispettando la sequenza operativa prevista. Questo l'ordine di identificazione:

- a) Bisogna dapprima individuare il processo produttivo da cui si origina il rifiuto: in questo modo si identifica la prima coppia di cifre (classe).
- b) Poi individuare la specifica fase della attività produttiva da cui si origina il rifiuto: da qui si identifica la seconda coppia di numeri (sottoclasse).
- c) Infine caratterizzare il rifiuto individuando la sua descrizione specifica e identificando così le ultime due cifre (categoria).

Da questa procedura consegue, per fare un esempio, che un rifiuto costituito da sacchetti in plastica può essere codificato con CER 170203 (plastica da demolizione e costruzione) se questo identifica la classe dei rifiuti generati dalle operazioni di costruzione e demolizione edilizia oppure sarà da codificare con il codice 150102 se identifica i rifiuti di imballaggio in plastica.

Nel nostro campo di applicazione, prendiamo in considerazione i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione di edifici e infrastrutture dove l'elenco comprende:

- i rifiuti delle operazioni di demolizione, aventi codici CER 17, escluso il terreno proveniente da siti contaminati in quanto regolato dalla specifica norma sulle bonifiche;
- i rifiuti, aventi codici CER diversi dai 17, che possono essere prodotti nelle normali attività di demolizioni (esempio, i rifiuti da imballaggi);
- i rifiuti speciali pericolosi derivanti da attività di demolizione, singolarmente individuati e regolamentati, come ad esempio l'amianto in matrice cementizia o polimerica;

Il catalogo europeo dei rifiuti, oltre al distinguo in base alla provenienza, in caso di presenza di materiale tossico o comunque nocivo, per stabilire la pericolosità di un rifiuto, la normativa CER indica due strade alternative:

1. Alcune tipologie di rifiuti (con codice CER asteriscato) sono classificate come pericolose fin dall'origine. In questo caso è la normativa che stabilisce di classificare inequivocabilmente come pericolosi alcuni rifiuti sulla base del ciclo produttivo di provenienza in quanto per il legislatore non vi sono dubbi che possiedano caratteristiche chimico-fisiche o sostanze pericolose in quantità significative.

2. Per altre tipologie di rifiuti è prevista una voce speculare (codice senza asterisco per il rifiuto non pericoloso e codice con asterisco per il rifiuto pericoloso). Questa tipologia di rifiuti riguarda quegli scarti che in base al processo di lavorazione possono o meno contenere sostanze classificate come pericolose in quantità significative. In tal caso è necessario che il produttore del rifiuto proceda a un prelievo e ad un'analisi chimica di

un campione rappresentativo di rifiuto per stabilire se la concentrazione di sostanze pericolose che vengono rilevate superano i limiti di legge, tale da classificare il rifiuto pericoloso ed attribuire il CER con asterisco.

2.2.1 Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152, articolo 184

Riportiamo per completezza art. 184 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, “**Norme in materia ambientale**”, pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* . 88 del 14 aprile 2006 – supplemento Ordinario n. 96, e il relativo Allegato D menzionato esplicitamente in tale articolo al comma 4.

ART. 184 (classificazione)

1. Ai fini dell'attuazione della parte quarta del presente decreto i rifiuti sono classificati, secondo l'origine, in rifiuti urbani e rifiuti speciali e, secondo le caratteristiche di pericolosità, in rifiuti pericolosi e rifiuti non pericolosi.

2. Sono rifiuti urbani:

a) i rifiuti domestici, anche ingombranti, provenienti da locali e luoghi adibiti ad uso di civile abitazione;

b) i 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 dell'articolo 198, comma 2, lettera g);

c) i rifiuti provenienti dallo spazzamento delle strade;

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

- e) i rifiuti vegetali provenienti da aree verdi, quali giardini, parchi e aree cimiteriali;
- f) i rifiuti provenienti da esumazioni ed estumulazioni, nonché gli altri rifiuti provenienti da attività cimiteriale diversi da quelli di cui alle lettere b), c) ed e).

3. Sono rifiuti speciali:

- a) i rifiuti da attività agricole e agro-industriali;
- b) i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione, nonché i rifiuti pericolosi che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 186;
- c) i rifiuti da lavorazioni industriali, fatto salvo quanto previsto dall'articolo 185, comma 1, lettera i);
- d) i rifiuti da lavorazioni artigianali;
- e) i rifiuti da attività commerciali;
- f) i rifiuti da attività di servizio;
- g) i 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) i rifiuti derivanti da attività sanitarie;
- i) i macchinari e le apparecchiature deteriorati ed obsoleti;
- l) i veicoli a motore, rimorchi e simili fuori uso e loro parti;
- m) il combustibile derivato da rifiuti;
- n) i rifiuti derivati dalle attività di selezione meccanica dei rifiuti solidi urbani.

4. Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio di concerto con il Ministro delle attività produttive si provvede ad istituire l'elenco dei rifiuti,

conformemente all'articolo 1, comma 1, lettera a), della direttiva 75/442/CE ed all'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CE, di cui alla Decisione della Commissione 2000/532/CE del 3 maggio 2000. Sino all'emanazione del predetto decreto continuano ad applicarsi le disposizioni di cui alla direttiva del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio del 9 aprile 2002, pubblicata nel Supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale* n. 108 del 10 maggio 2002 e riportata nell'Allegato D alla parte quarta del presente decreto.

5. Sono pericolosi i rifiuti non domestici indicati espressamente come tali, con apposito asterisco, nell'elenco di cui all'Allegato D alla parte quarta del presente decreto, sulla base degli Allegati G, H e I alla medesima parte quarta.

2.2.2 CER (Catasto Europeo Rifiuto)

Indice codice CER

01 Rifiuti derivanti da prospezione, estrazione da miniera o cava, nonché dal trattamento fisico o chimico di minerali

02 Rifiuti prodotti da agricoltura, orticoltura, acquacoltura, selvicoltura, caccia e pesca, trattamento e preparazione di alimenti

03 Rifiuti della lavorazione del legno e della produzione di pannelli, mobili, polpa, carta e cartone

04 Rifiuti della lavorazione di pelli e pellicce e dell'industria tessile

05 Rifiuti della raffinazione del petrolio, purificazione del gas naturale e trattamento pirolitico del carbone

06 Rifiuti dei processi chimici inorganici

07 Rifiuti dei processi chimici organici

08 Rifiuti della produzione, formulazione, fornitura ed uso di rivestimenti, adesivi, sigillanti e inchiostri per stampa

09 Rifiuti dell'industria fotografica

10 Rifiuti provenienti da processi termici

11 Rifiuti prodotti dal trattamento chimico superficiale e dal rivestimento di metalli ed altri materiali; idrometallurgia non ferrosa

12 Rifiuti prodotti dalla lavorazione e dal trattamento fisico e meccanico superficiale di metalli e plastica

13 Rifiuti Oli esauriti e residui di combustibili liquidi (tranne oli commestibili)

- 14** Solventi organici, refrigeranti e propellenti di scarto (tranne le voci 07 e 08)
- 15** Rifiuti di imballaggio, assorbenti, stracci, materiali filtranti e indumenti protettivi (non specificati altrimenti)
- 16** Rifiuti non specificati altrimenti nell'elenco
- 17** Rifiuti delle operazioni di costruzione e demolizione (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)
- 18** Rifiuti prodotti dal settore sanitario e veterinario o da attività di ricerca collegate
- 19** Rifiuti da impianti di trattamento dei rifiuti, trattamento delle acque reflue, nonché dalla potabilizzazione dell'acqua e dalla sua prep. per uso industriale
- 20** Rifiuti urbani (rifiuti domestici e assimilabili prodotti da attività commerciali e industriali nonché dalle istituzioni) inclusi i rifiuti della raccolta differenziata

CODICE CER DESCRIZIONE**17 Rifiuto derivanti da demolizione****1701 *CEMENTO, MATTONI, MATTONELLE E CERAMICHE***

- 170101 Cemento
- 170102 Mattoni
- 170103 Mattonelle e ceramica
- 170106* Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle o ceramiche, contenenti sostanze pericolose
- 170107 Miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 170106

1702 *LEGNO, VETRO E PLASTICA*

- 170201 Legno
- 170202 Vetro
- 170203 Plastica
- 170204* Vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati

1703 *MISCELE BITUMINOSE, CATRAME DI CARBONE E PRODOTTI CONTENENTI CATRAME*

- 170301* Miscela bituminosa contenente catrame di carbone
- 170302 Miscela bituminosa diversa da quelle di cui alla voce 170301
- 170303* Catrame di carbone e prodotti contenenti catrame

1704 *METALLI (INCLUSE LE LORO LEGHE)*

- 170401 Rame, bronzo, ottone
- 170402 Alluminio
- 170403 Piombo
- 170404 Zinco
- 170405 Ferro e acciaio
- 170406 Stagno
- 170407 Metalli misti
- 170409* Rifiuti metallici contaminati da sostanze pericolose
- 170410* Cavi impregnati di olio, di catrame, di carbone o di altre sostanze pericolose
- 170411 Cavi, diversi da quelli di cui alla voce 170410

1705 *TERRA (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI)*

- 170503* Terra e rocce contenenti sostanze pericolose
- 170504 Terra e rocce diverse da quelle di cui alla voce 170503

1706 *MATERIALE ISOLANTE*

- 170601* Materiali isolanti contenenti amianto
- 170603* Altri materiali isolanti contenenti o costituiti da sostanze pericolose
- 170604 Materiali isolanti diversi da quelli di cui alle voci 170601 e 170603
- 170605* Materiali da costruzione contenenti amianto

1708 *MATERIALI DA COSTRUZIONE A BASE DI GESSO*

- 170801* Materiali da costruzione a base di gesso contaminati da sostanze pericolose
- 170802 Materiali da costruzione a base di gesso diversi da quelli di cui alla voce 170801

1709 *ALTRI RIFIUTI DELL'ATTIVITÀ DI DEMOLIZIONE*

- 170901* Rifiuti dell'attività di demolizione contenenti mercurio
- 170902* Rifiuti dell'attività di demolizione contenenti PCB
- 170903* Altri rifiuti dell'attività di demolizione contenenti sostanze pericolose
- 170904 Rifiuti dell'attività di demolizione diversi da quelli di cui alla voce 170901

1501 *IMBALLAGGI*

- 150101 Imballaggi di carta e cartone
- 150102 Imballaggi in plastica
- 150103 Imballaggi in legno
- 150104 Imballaggi metallici
- 150105 Imballaggi in materiali compositi
- 150106 Imballaggi in materiali misti
- 150107 Imballaggi in vetro
- 150109 Imballaggi in materia tessile
- 150110* Imballaggi contenenti residui di sostanze pericolose o contaminati
- 150111* Imballaggi metallici contenenti matrici solide porose pericolose (ad esempio amianto), compresi i contenitori a pressione vuoti

2003 *ALTRI RIFIUTI URBANI*

- 200301 Rifiuti urbani indifferenziati (inerti domestici)

2.3 Normative sullo smaltimento

Una volta note le varie tipologie di rifiuto possibili, per avere una corretta progettazione di insieme bisogna avere piena conoscenza delle Leggi in materia ambientale e di conseguenza tutti gli aspetti normativi e di tutela previsti nelle zone colpite dal sisma. Questo è un aspetto fondamentale da non sottovalutare per evitare di giungere a conclusioni finali non congrue con gli ambiti legislativi vigenti che porta inevitabilmente a perdite di tempo ma soprattutto di denaro.

In materia ambientale e più in generale nell'ambito rifiuti, le linee guida alle quali riferirsi sono contenute nel Decreto Legislativo del 3 aprile 2006, n. 152. “**Norme in materia ambientale**” pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006, supplemento ordinario n. 96. Il presente decreto legislativo, come spiegato nell'articolo 1, disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, le materie seguenti:

- A) nella parte seconda, le procedure per la valutazione ambientale strategica (VAS), per la valutazione d'impatto ambientale (VIA) e per l'autorizzazione ambientale integrata (IPPC);
- B) nella parte terza, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche;
- C) nella parte quarta, la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti contaminati;
- D) nella parte quinta, la tutela dell'aria;
- E) nella parte sesta, la tutela risarcitoria contro i danni all'ambiente.

Il presente decreto legislativo ha come obiettivo primario la promozione dei livelli di qualità della vita umana, da realizzare attraverso la salvaguardia ed il miglioramento delle condizioni dell'ambiente e l'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali. Per le finalità, espresse nel comma 1 di tale Legge, il presente decreto provvede al riordino, al coordinamento e all'integrazione delle disposizioni legislative nelle materie di cui all'articolo 1, in conformità ai principi e criteri direttivi di cui ai commi 8 e 9 dell'articolo 1 della legge 15 dicembre 2004, n. 308, e nel rispetto dell'ordinamento comunitario, delle attribuzioni delle regioni e degli enti locali.

Per quanto concerne il nostro elaborato di tesi, l'aspetto normativo da tenere in considerazione sul quale dobbiamo concentrare l'attenzione riguarda la quarta parte nella quale sono presi in oggetto tutti gli aspetti riguardanti la gestione e la bonifica dei siti contaminati. In tale spazio ricadono infatti i rifiuti derivanti da terremoto che, come già spiegato in precedenza, per la loro eterogeneità necessitano di una speciale attenzione in materia di gestione e smaltimento al cui interno possono anche permeare prodotti pericolosi per la salute umana.

Si riportano integralmente solo i primi tre articoli di tale Decreto che danno una panoramica ma soprattutto le linee guida da adottare per la corretta gestione e smaltimento dei rifiuti, nel nostro caso della macerie derivanti da evento sismico.

Parte quarta, Norme in materia di gestione dei rifiuti di bonifica dei siti inquinati

ART. 177
(campo di applicazione)

1. La parte quarta del presente decreto disciplina la gestione dei rifiuti e la bonifica dei siti inquinati anche in attuazione delle direttive comunitarie sui rifiuti, sui rifiuti pericolosi, sugli oli usati, sulle batterie esauste, sui rifiuti di imballaggio, sui policlorobifenili (PCB), sulle discariche, sugli inceneritori, sui rifiuti elettrici ed elettronici, sui rifiuti portuali, sui veicoli fuori uso, sui rifiuti sanitari e sui rifiuti contenenti amianto. Sono fatte salve disposizioni specifiche, particolari o complementari, conformi ai principi di cui alla parte quarta del presente decreto, adottate in attuazione di direttive comunitarie che disciplinano la gestione di determinate categorie di rifiuti.
2. Le regioni e le province autonome adeguano i rispettivi ordinamenti alle disposizioni di tutela dell'ambiente e dell'ecosistema contenute nella parte quarta del presente decreto entro un anno dalla data di entrata in vigore dello stesso.

ART. 178

(finalità)

1. La gestione dei rifiuti costituisce attività di pubblico interesse ed e' disciplinata dalla parte quarta del presente decreto al fine di assicurare un'elevata protezione dell'ambiente e controlli efficaci, tenendo conto della specificità dei rifiuti pericolosi.
2. I rifiuti devono essere recuperati o smaltiti senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente e, in particolare: a) senza determinare rischi per l'acqua, l'aria, il suolo, nonché per la fauna e la flora; b) senza causare inconvenienti da rumori o odori; c) senza danneggiare il paesaggio e i siti di particolare interesse, tutelati in base alla normativa vigente.
3. La gestione dei rifiuti e' effettuata conformemente ai principi di precauzione, di prevenzione, di proporzionalità, di responsabilizzazione e di cooperazione di tutti i soggetti coinvolti nella produzione, nella distribuzione, nell'utilizzo e nel consumo di beni da cui originano i rifiuti, nel rispetto dei principi dell'ordinamento nazionale e comunitario, con particolare riferimento al principio comunitario "chi inquina paga". A tal fine la gestione dei rifiuti e' effettuata secondo criteri di efficacia, efficienza, economicità e trasparenza.
4. Per conseguire le finalità e gli obiettivi della parte quarta del presente decreto, lo Stato, le regioni, le province autonome e gli enti locali esercitano i poteri e le funzioni di rispettiva competenza in materia di gestione dei rifiuti in conformità alle disposizioni di cui alla parte quarta del presente decreto, adottando ogni opportuna azione ed avvalendosi, ove opportuno, mediante accordi, contratti di programma o protocolli d'intesa anche sperimentali, di soggetti pubblici o privati.
5. I soggetti di cui al comma 4 costituiscono, altresì, un sistema compiuto e sinergico che armonizza, in un contesto unitario, relativamente agli obiettivi da perseguire, la redazione delle norme tecniche, i sistemi di accreditamento e i sistemi di certificazione attinenti direttamente o indirettamente le materie ambientali, con particolare riferimento alla gestione dei rifiuti, secondo i criteri e con le modalità di

cui all'articolo 195, comma 2, lettera a), e nel rispetto delle procedure di informazione nel settore delle norme e delle regolazioni tecniche e delle regole relative ai servizi della società dell'informazione, previste dalle direttive comunitarie e relative norme di attuazione, con particolare riferimento alla legge 21 giugno 1986, n. 317.

ART. 179

(criteri di priorità nella gestione dei rifiuti)

1. Le pubbliche amministrazioni perseguono, nell'esercizio delle rispettive competenze, iniziative dirette a favorire prioritariamente la prevenzione e la riduzione della produzione e della nocività dei rifiuti, in particolare mediante: a) lo sviluppo di tecnologie pulite, che permettano un uso più razionale e un maggiore risparmio di risorse naturali; b) la messa a punto tecnica e l'immissione sul mercato di prodotti concepiti in modo da non contribuire o da contribuire il meno possibile, per la loro fabbricazione, il loro uso o il loro smaltimento, ad incrementare la quantità o la nocività dei rifiuti e i rischi di inquinamento; c) lo sviluppo di tecniche appropriate per l'eliminazione di sostanze pericolose contenute nei rifiuti al fine di favorirne il recupero.
2. Nel rispetto delle misure prioritarie di cui al comma 1, le pubbliche amministrazioni adottano, inoltre, misure dirette al recupero dei rifiuti mediante riciclo, reimpiego, riutilizzo o ogni altra azione intesa a ottenere materie prime secondarie, nonché all'uso di rifiuti come fonte di energia.

In riferimento alla nostra situazione di smaltimento dei rifiuti, si riporta l'articolo 216, del Decreto ministeriale n. 152 del 3 aprile 2006, "Norme in materia ambientale" che regola le fasi di recupero del materiale.

ART. 216
(operazioni di recupero)

1. A condizione che siano rispettate le norme tecniche e le prescrizioni specifiche di cui all'articolo 214, commi 1, 2 e 3, l'esercizio delle operazioni di recupero dei rifiuti può essere intrapreso decorsi novanta giorni dalla comunicazione di inizio di attività alla competente Sezione Regionale dell'Albo, di cui all'articolo 212, che ne dà notizia alla provincia territorialmente competente, entro dieci giorni dal ricevimento della comunicazione stessa. Nelle ipotesi di rifiuti elettrici ed elettronici di cui all'articolo 227, comma 1, lettera a), di veicoli fuori uso di cui all'articolo 227, comma 1, lettera c), e di impianti di coincenerimento, l'avvio delle attività è subordinato all'effettuazione di una visita preventiva, da parte della provincia competente per territorio, da effettuarsi entro sessanta giorni dalla presentazione della predetta comunicazione.

2. Le condizioni e le norme tecniche di cui al comma 1, in relazione a ciascun tipo di attività, prevedono in particolare:
 - a) per i rifiuti non pericolosi: 1) le quantità massime impiegabili; 2) la provenienza, i tipi e le caratteristiche dei rifiuti utilizzabili nonché le condizioni specifiche alle quali le attività medesime sono sottoposte alla disciplina prevista dal presente articolo; 3) le prescrizioni necessarie per assicurare che, in relazione ai tipi o alle quantità dei rifiuti ed ai metodi di recupero, i rifiuti stessi siano recuperati senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente;

b) per i rifiuti pericolosi: 1) le quantità massime impiegabili; 2) la provenienza, i tipi e le caratteristiche dei rifiuti; 3) le condizioni specifiche riferite ai valori limite di sostanze pericolose contenute nei rifiuti, ai valori limite di emissione per ogni tipo di rifiuto ed al tipo di attività e di impianto utilizzato, anche in relazione alle altre emissioni presenti in sito; 4) gli altri requisiti necessari per effettuare forme diverse di recupero; 5) le prescrizioni necessarie per assicurare che, in relazione al tipo ed alle quantità di sostanze pericolose contenute nei rifiuti ed ai metodi di recupero, i rifiuti stessi siano recuperati senza pericolo per la salute dell'uomo e senza usare procedimenti e metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente.

3. La sezione regionale dell'Albo iscrive in un apposito registro le imprese che effettuano la comunicazione di inizio di attività e, entro il termine di cui al comma 1, verifica d'ufficio la sussistenza dei presupposti e dei requisiti richiesti. A tal fine, alla comunicazione di inizio di attività, a firma del legale rappresentante dell'impresa, e' allegata una relazione dalla quale risulti: a) il rispetto delle norme tecniche e delle condizioni specifiche di cui al comma 1; b) il possesso dei requisiti soggettivi richiesti per la gestione dei rifiuti; c) le attività di recupero che si intendono svolgere; d) lo stabilimento, la capacità di recupero e il ciclo di trattamento o di combustione nel quale i rifiuti stessi sono destinati ad essere recuperati, nonché l'utilizzo di eventuali impianti mobili; e) le caratteristiche merceologiche dei prodotti derivanti dai cicli di recupero.
4. Qualora la competente Sezione regionale dell'Albo accerti il mancato rispetto delle norme tecniche e delle condizioni di cui al comma 1, la medesima sezione propone alla provincia di disporre, con provvedimento motivato, il divieto di inizio ovvero di prosecuzione dell'attività, salvo che l'interessato non provveda a conformare alla normativa vigente detta attività ed i suoi effetti entro il termine e secondo le prescrizioni stabiliti dall'amministrazione.
5. La comunicazione di cui al comma 1 deve essere rinnovata ogni cinque anni e comunque in caso di modifica sostanziale delle operazioni di recupero.
6. La procedura semplificata di cui al presente articolo sostituisce, limitatamente alle variazioni qualitative e quantitative delle emissioni determinate dai rifiuti individuati

dalle norme tecniche di cui al comma 1 che già fissano i limiti di emissione in relazione alle attività di recupero degli stessi, l'autorizzazione di cui all'articolo 269 in caso di modifica sostanziale dell'impianto.

7. Le disposizioni semplificate del presente articolo non si applicano alle attività di recupero dei rifiuti urbani, ad eccezione: a) delle attività per il riciclaggio e per il recupero di materia prima secondaria e di produzione di compost di qualità dai rifiuti provenienti da raccolta differenziata; b) delle attività di trattamento dei rifiuti urbani per ottenere combustibile da rifiuto effettuate nel rispetto delle norme tecniche di cui al comma 1.
8. Fermo restando il rispetto dei limiti di emissione in atmosfera di cui all'articolo 214, comma 4, lettera b), e dei limiti delle altre emissioni inquinanti stabilite da disposizioni vigenti e fatta salva l'osservanza degli altri vincoli a tutela dei profili sanitari e ambientali, entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte quarta del presente decreto, il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, di concerto con il Ministro delle attività produttive, determina modalità, condizioni e misure relative alla concessione di incentivi finanziari previsti da disposizioni legislative vigenti a favore dell'utilizzazione dei rifiuti come combustibile per produrre energia elettrica, tenuto anche conto del prevalente interesse pubblico al recupero energetico nelle centrali elettriche di rifiuti urbani sottoposti a preventive operazioni di trattamento finalizzate alla produzione di combustibile da rifiuti e nel rispetto di quanto previsto dalla direttiva 2001/77/CE del 27 settembre 2001 e dal relativo decreto legislativo di attuazione 29 dicembre 2003, n. 387.
9. Con apposite norme tecniche adottate ai sensi del comma 1, da pubblicare entro sessanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte quarta del presente decreto, e' individuata una lista di rifiuti non pericolosi maggiormente utilizzati nei processi dei settori produttivi nell'osservanza dei seguenti criteri: a) diffusione dell'impiego nel settore manifatturiero sulla base di dati di contabilità nazionale o di studi di settore o di programmi specifici di gestione dei rifiuti approvati ai sensi delle disposizioni di cui alla parte quarta del presente decreto; b) utilizzazione coerente con le migliori tecniche disponibili senza pericolo per la salute dell'uomo e senza

usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all'ambiente; c) impiego in impianti autorizzati.

10. I rifiuti individuati ai sensi del comma 9 sono sottoposti unicamente alle disposizioni di cui agli articoli 188, comma 3, 189, 190 e 193 nonché alle relative norme sanzionatorie contenute nella parte quarta del presente decreto. Sulla base delle informazioni di cui all'articolo 189 il Catasto redige per ciascuna provincia un elenco degli impianti di cui al comma 9.
11. Alle attività di cui al presente articolo si applicano integralmente le norme ordinarie per il recupero e lo smaltimento qualora i rifiuti non vengano destinati in modo effettivo ed oggettivo al recupero.
12. Le condizioni e le norme tecniche relative ai rifiuti pericolosi di cui al comma 1 sono comunicate alla Commissione dell'Unione europea tre mesi prima della loro entrata in vigore.
13. Le operazioni di messa in riserva dei rifiuti pericolosi individuati ai sensi del presente articolo sono sottoposte alle procedure semplificate di comunicazione di inizio di attività solo se effettuate presso l'impianto dove avvengono le operazioni di riciclaggio e di recupero previste ai punti da R1 a R9 dell'Allegato C alla parte quarta del presente decreto.
14. Fatto salvo quanto previsto dal comma 13, le norme tecniche di cui ai commi 1, 2 e 3 stabiliscono le caratteristiche impiantistiche dei centri di messa in riserva di rifiuti non pericolosi non localizzati presso gli impianti dove sono effettuate le operazioni di riciclaggio e di recupero individuate ai punti da R1 a R9 dell'Allegato C alla parte quarta del presente decreto, nonché le modalità di stoccaggio e i termini massimi entro i quali i rifiuti devono essere avviati alle predette operazioni.

2.3.1 Decreto Abruzzo, art. 9

Nel caso del terremoto in Abruzzo, lo Stato Italiano ha ritenuto opportuno, per una migliore gestione degli effetti negativi del sisma, integrare la Legge n. 152 del 3 aprile 2006 con il cosiddetto Decreto “Abruzzo”, diventato poi Legge, entrato in vigore il 28 Aprile 2009, con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale. In tale legislazione sono contenuti tutti gli interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009. E’ suddiviso in parti a seconda della problematica presa in considerazione, quindi dagli aspetti normativi a quelli finanziari a favore degli abitanti ma anche alle impresa che intervengono sul territorio.

A tale scopo si riporta integralmente la parte riguardante gli ambiti legislativi vigenti in materia di recupero e gestione dei materiali provenienti dalle macerie degli immobili privati e pubblici colpiti dal sisma.

Decreto terremoto Abruzzo, n. 39, Capo II, Misure urgenti per la ricostruzione, Art. 9.

Stoccaggio, trasporto e smaltimento dei materiali provenienti da demolizioni

1. I materiali derivanti dal crollo degli edifici pubblici e privati, nonché quelli provenienti dalle demolizioni degli edifici danneggiati dal terremoto sono classificati, ai sensi dell’Allegato D della parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come rifiuti urbani con codice CER 20.03.99 limitatamente alle fasi di raccolta e trasporto presso le aree di deposito temporaneo individuate.
2. Ai fini dei conseguenti adempimenti amministrativi, il produttore dei rifiuti, in deroga all’articolo 183, comma 1, lettera b), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e’ il comune di origine dei rifiuti stessi, che comunica al Commissario delegato i dati relativi alle attività di raccolta, trasporto, selezione, recupero e smaltimento dei rifiuti effettuate e ne rendiconta i relativi oneri.
3. Fermo restando il rispetto della normativa comunitaria, i comuni dispongono la rimozione ed il trasporto dei materiali di cui al comma 1 presenti su aree pubbliche o

private da parte di soggetti in possesso dei necessari titoli abilitativi, anche in deroga alle procedure di cui all'articolo 242 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, ed alle disposizioni sul prelievo ed il trasporto dei rifiuti pericolosi, con il concorso dell'Agenzia regionale per la tutela ambientale dell'Abruzzo e delle ASL competenti per territorio, al fine di assicurare adeguate condizioni di igiene a tutela della salute pubblica e dell'ambiente.

4. L'ISPRA assicura il coordinamento delle attività realizzate dell'Agenzia regionale per la tutela dell'ambiente dell'Abruzzo ai sensi del presente articolo, nonché il necessario supporto tecnico-scientifico alla regione Abruzzo.
5. In deroga all'articolo 208, comma 15, ed all'articolo 216 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sono autorizzate le attività degli impianti finalizzate alla gestione dei rifiuti di cui al comma 1, nel pieno rispetto della normativa comunitaria.
6. In deroga all'articolo 212 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, i termini di validità delle iscrizioni all'Albo nazionale dei gestori ambientali effettuate dalla sezione regionale dell'Abruzzo del medesimo Albo, sono sospesi fino al ripristino dell'operatività della sezione regionale dell'Albo. Nel periodo transitorio, le variazioni e le nuove iscrizioni sono effettuate dal Comitato nazionale dell'Albo.
7. Allo scopo di assicurare la continuità delle attività di smaltimento dei rifiuti urbani ed evitare emergenze ambientali ed igienico sanitarie nel territorio interessato dal terremoto, considerata l'imminente saturazione della discarica sita nel comune di Poggio Picenze, e' autorizzata da parte della Regione, sentiti gli enti locali interessati, la realizzazione, nel pieno rispetto della normativa comunitaria tecnica di settore, di siti da destinare a discarica presso i comuni di Barisciano - localita' Forfona e Poggio Picenze - localita' Le Tomette. Gli impianti sono autorizzati allo smaltimento dei rifiuti contraddistinti dai seguenti codici CER: 19.12.12; 19.05.01; 19.05.03; 20.03.01; 19.01.12; 19.01.14; 19.02.06.
8. In deroga agli articoli 182, comma 7, 191, 208 e 210 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, nonché all'articolo 8 del decreto legislativo del 13 gennaio 2003, n. 36, e previa verifica tecnica speditiva della

sussistenza delle condizioni di salvaguardia ambientale e delle volumetrie residue, da effettuarsi con il supporto tecnico-scientifico dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, la Regione provvede alla individuazione di siti di discarica finalizzati allo smaltimento dei rifiuti di cui al presente articolo, adottando, sentito l'ISPRA, provvedimenti di adeguamento e completamento degli interventi di ripristino ambientale di cui all'articolo 17 del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36, anche successivamente all'eventuale utilizzo.

9. Con ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, adottata ai sensi dell'articolo 5, comma 2, della legge 24 febbraio 1992, n. 225, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, sentito l'ISPRA, possono essere definite le modalità operative per la gestione dei rifiuti di cui al presente articolo.

3. Macchine, impianti e attrezzature

3.1 Smaltimento delle macerie

Anche se la composizione percentuale dei rifiuti provenienti dal terremoto risulta essere variabile con la tipologia abitativa propria del luogo dove vengono prodotti, si può affermare che la problematica del trattamento è invece, nei limiti, sempre la medesima. La tecnologia di un impianto efficiente e che segua i dettami della normativa deve essere in grado di suddividere il materiale in ingresso fondamentalmente in tre flussi:

- inerti lapidei di caratteristiche granulometriche predefinite, mediante sistemi di frantumazione, deferrizzazione e vagliatura ormai ampiamente testati;
- materiale metallico separato dalle macerie mediante l'utilizzo di separatori magnetici;
- frazione leggera costituita in prevalenza da materiale ad elevato potere calorifico (carta, legno, plastica) ottenuta mediante varie tipologie di sistemi (si passa, infatti, dalla separazione manuale, a sistemi di aspirazione e ventilazione, per arrivare ad ingegnosi sistemi di separazione per flottazione).

Sebbene gli inerti abbiano origine differente, la loro produzione avviene sempre all'interno di impianti specifici che possono avere varie dimensioni e diverse capacità. Gli aggregati che derivano dal riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione, a prescindere dagli impianti utilizzati, i quali si differenziano anche in funzione delle innovazioni tecnologiche prodotte dalle varie aziende, attraversano una serie di fasi produttive:

- *alimentazione;*
- *frantumazione;*
- *abbattimento delle polveri;*
- *deferrizzazione;*
- *vagliatura;*

Naturalmente prima si procedere con il processo di frantumazione, è necessario svolgere un primo trattamento atto a togliere dalle macerie tutto il materiale inquinante e tossico, come amianto o piombo. E' necessario per non causare danni alla salute delle persone coinvolte oltre a non compromettere tutto il materiale trattato che non potrebbe essere riutilizzato. In questa fase è possibile anche ultimare il recupero degli eventuali oggetti personali ancora presenti tra le macerie.

3.2 Organizzazione: tipologia di impianti

Gli impianti *fissi* sono quegli impianti che hanno fondazioni, e per via di esse non possono essere spostati facilmente. Viceversa gli impianti *mobili* non hanno fondazioni e possono essere spostati nelle diverse locazioni, tipicamente nei cantieri di demolizione; gli impianti mobili sono pure muniti di ruote o cingoli per spostarsi più agevolmente dal rimorchio che li trasporta al luogo dove viene realizzato il sito di primo stoccaggio.

Generalmente gli impianti fissi necessitano di più spazio, quindi vengono progettati per essere più complessi e adatti a ottenere un prodotto di migliore qualità. Viceversa gli impianti mobili sono progettati per essere facilmente spostati da un luogo di demolizione al successivo, quindi sono in genere di dimensioni tali da non superare i limiti di sagoma concessi ai veicoli da autotrasporto. Questo per evitare di dover configurare il trasporto come eccezionale, quindi più costoso e difficoltoso. Gli impianti mobili eseguono il trattamento, sempre, dove ha luogo la demolizione, e restituiscono materiale utilizzabile poi come riciclato.

Gli impianti fissi lo eseguono invece sempre nello stesso luogo, tipicamente in cava, e producono un materiale di migliore qualità. Gli impianti fissi sono più costosi all'installazione, costano cioè "chiavi in mano" due o tre volte il costo di un impianto mobile, e hanno anche l'aggravio dei costi di trasporto dal luogo di demolizione alla cava.

Da questa breve descrizione, se ne deduce che in ambiente urbano l'unica soluzione plausibile è l'utilizzo di impianti mobili, da comporsi con macchinari adibiti alla frantumazione e successiva vagliatura del materiale raffinato per ottenere una selezione

del materiale che tenga in conto di tutte le componenti diverse dagli inerti frantumati. Il motivo che esclude a priori l'ipotesi degli impianti fissi, risiede principalmente in due considerazioni non indifferenti. Per prima cosa la costruzione di un impianto di questo tipo necessita come già detto di una superficie di grandi dimensioni che il tessuto urbano non ha a disposizione. Tale sistema di smaltimento inoltre entra in funzione solo in caso di sisma e quindi è da considerarsi temporaneo. Resta in funzione infatti solo il tempo necessario per superare la fase critica di un evento sismico, ovvero lo smaltimento delle macerie per procedere con la messa in sicurezza ed eventuale ricostruzione dei fabbricati danneggiati. Tale vincolo quindi rende inappropriato uno studio e successiva realizzazione di fondazione.

Nel caso in cui il terremoto colpisca un'area molto ampia di territorio, con la produzione di una grande quantità di macerie, la soluzione migliore risiederebbe invece nella costruzione di un impianto fisso in ambiente extraurbano dove far confluire gli eterogenei detriti. Tale impianto infatti permetterebbe una produttività molto elevata che consentirebbe quindi di smaltire grandi quantità di materiale in un lasso di tempo molto minore. La sua costruzione infine, duratura nel tempo, diventerebbe poi un centro di stoccaggio e riciclo dei rifiuti provenienti da costruzione e demolizione.

3.2.1 Impianto fisso

E' il più diffuso tra gli impianti di recupero e riciclo del materiale da costruzione e demolizione. Il processo di trattamento del materiale avviene in modo completo e articolato solitamente sfruttando la tecnologia R.O.S.E. (acronimo che sta per Recupero Omogeneizzato degli Scarti in Edilizia, Fig. 6) che consente un adeguato trattamento del materiale in ingresso. Si tratta di una tecnologia relativamente recente capace di garantire, a tutt'oggi, il miglior livello qualitativo dell'aggregato riciclato prodotto. Viene illustrato lo schema di funzionamento di un tipico impianto basato sulla tecnologia R.O.S.E.

Fig. 6 – Schema funzionamento R.O.S.E.

[tratto da “recupero e riutilizzo di materiali da demolizione”]

Per quanto concerne il bilancio di massa di tali impianti, si può affermare che il rendimento è molto elevato; infatti, per ogni tonnellata di materiale rifiuti da C&D in ingresso, si hanno mediamente in uscita più di 990 kg di inerte riciclato.

Prima delle fasi costituenti il vero e proprio trattamento il materiale attraversa una prima fase di controllo di qualità dei rifiuti in ingresso per verificarne l'ammissibilità all'impianto da un punto di vista sia normativo sia tecnico.

Il controllo viene realizzato tramite l'impiego di una prima telecamera a colori, collegata ad un video ripetitore ad alta risoluzione, che consente di verificare dall'alto il tipo di materiale presente sull'autocarro in arrivo alla fase di pesatura. Un'altra telecamera rileva l'immagine della targa del veicolo associandola, nel monitor di lettura, a quella del carico. La gestione dei dati raccolti durante l'intera giornata di lavoro tramite un elaboratore elettronico permette di poter risalire allo smaltitore in caso si verificano delle non conformità in merito alla natura del materiale conferito. Dopo la redazione dei documenti amministrativi per il conferimento, lo scarico avviene in zona debitamente attrezzata (stoccaggio provvisorio), posta in prossimità dell'impianto.

L'area di stoccaggio è sufficientemente ampia da consentire la possibilità di ripartizione del materiale in ingresso in cassoni di natura merceologica abbastanza omogenea. Tale ripartizione consente la produzione di materiale riciclato caratterizzato da un diverso livello qualitativo a seconda del tipo di separazione effettuata.

Come si nota dalle immagini successive, Fig. 7-8-9, l'area è molto grande e la struttura, oltre essere complessa, è diversificata a seconda del territorio nel quale l'impianto prende vita. Non esiste quindi uno schema unico di costruzione ma, a seconda dello spazio e della disponibilità, viene redatto un impianto per così dire, "su misura".

Alcuni esempi di impianti fissi.

Fig. 7 – Impianto fisso [tratto da “crifi”]

Fig. 8 – Impianto fisso [tratto da “reiter-crippa”]

Fig. 9 – Impianto fisso [tratto da “MEM”]

3.2.2 Impianto mobile

I gruppi mobili derivano dai tradizionali impianti di frantumazione degli inerti da cava e vengono usati dove c'è necessità di riutilizzare in loco di grosse quantità di rifiuti di origine lapidea o di calcestruzzi. Tali impianti consentono notevoli economie, sono facilmente trasportabili e di semplice concezione, ma consentono una limitata separazione di frazioni di rifiuti e, in linea di massima, non sono dotati di apparecchiature per la riduzione del rumore e della dispersione delle polveri. Gli impianti dell'ultima generazione, tuttavia, possono avere sistemi aggiuntivi di captazione delle polveri e separatori magnetici per la rimozione delle parti in ferro dal grano frantumato. Derivano dai tradizionali impianti di frantumazione degli inerti di cava e il loro utilizzo è motivato essenzialmente dal costo di acquisto, inferiore a quello degli impianti fissi, e dalla possibilità di abbattere le spese di trasporto nel caso in cui sia necessario frantumare grosse quantità di materiale da reimpiegare in loco, senza particolari esigenze di qualità del materiale da impiegare o di eliminazione della quota di rifiuti in essa presente. Seppure generalmente realizzati in serie, e quindi senza tenere in conto di esigenze o particolarità specifiche, sono tuttavia in grado di trattare anche piccole quantità sul posto di produzione, portando ad un risparmio sui costi di trasporto delle macerie.

La maggior diffusione sul territorio degli impianti mobili, nel settore del riciclaggio delle macerie, è soprattutto legata alla loro facilità di spostamento, e quindi alla possibilità di essere utilizzati nelle vicinanze dei cantieri dove i rifiuti da C&D vengono prodotti. Nel caso specifico preso in oggetto, l'area danneggiata dall'evento sismico. Questa capacità di "inseguire" il materiale da valorizzare, comporta una drastica riduzione dei costi di trasporto, fattore determinante per l'economicità di produzione di materiali "poveri" quali gli inerti da costruzione. La maggioranza dei costruttori di impianti di trattamento dei materiali da cava, offre ai potenziali utilizzatori almeno una macchina mobile impiegabile per il trattamento degli scarti, oppure nella valorizzazione dei materiali derivanti da demolizioni. Questi impianti, oltre alla mobilità hanno anche una certa semplicità progettuale e funzionale. Il vantaggio di queste macchine, soprattutto quelle più piccole risiede nel fatto che possono essere utilizzate facilmente nei cantieri cittadini. La scelta di una macchina piuttosto che un'altra dipende da diversi

fattori, legati essenzialmente alla tipologia di lavori che vengono abitualmente svolti da chi si appresta all'acquisto di un impianto mobile. La variazione dimensionale fra le varie unità mobili è il fattore che influisce sulle dotazioni del macchinario. Chiaramente su una macchina di dimensioni maggiori è possibile installare dispositivi che garantiscono, in uscita, un prodotto qualitativamente superiore. Solitamente la sequenza delle operazioni di valorizzazione, comprende uno o più stadi di frantumazione a mascelle o ad urto, separazione magnetica dei materiali ferrosi, separazione ad aria delle frazioni più leggere ed infine classificazione (la possibilità di usare frantoi primari e secondari migliora la qualità dei materiali macinati e permette una differenziazione granulometrica più precisa). Normalmente questi impianti sono dotati di apparati per l'abbattimento delle polveri. La mobilità all'interno del cantiere è spesso assicurata da un carro di supporto cingolato, o in altri casi da un telaio gommato.

L'impianto può essere costituito da moduli, in grado di assolvere ad una o più funzioni di trattamento, che vengono assemblati in cantiere in base al ciclo di lavorazione previsto, con poche e semplici manovre; questo aspetto evidenzia l'alta flessibilità di questi impianti e rappresenta una possibile soluzione, per la realizzazione di un impianto mobile di produzione di aggregati riciclati. Infatti è possibile scegliere macchinari che disposti in sequenza, siano in grado di garantire livelli qualitativi nella frantumazione corrispondenti a quelli della fase secondaria degli impianti fissi. Questa ipotesi di impianto però, può avere degli svantaggi di natura economica qualora la produzione di rifiuti inerti nel bacino d'utenza nel quale si opera diventa elevata; in questo caso un impianto fisso risulterebbe più competitivo e garantirebbe, a parità di costi, una serie di controlli tramite i quali è possibile assicurare al prodotto finale standard qualitativi molto elevati.

I benefici che derivano dall'impiego di impianti mobili sono:

- la *trasportabilità* (è la principale caratteristica);
- l'elevata *flessibilità* nella realizzazione dei processi di trattamento: la posizione all'interno del processo di trattamento può essere scelta in base alle esigenze;

- *riduzione volumetrica* del materiale: riduzione dei costi del trasporto del materiale, riduzione costi di scarica nel caso di smaltimento, riduzione/eliminazione dei trasporti all'interno della cava;
- *recupero dei materiali di scarto delle demolizioni*: risparmio sull'acquisto di nuovi inerti, riutilizzo del materiale sul posto, senza costi di trasporto, stoccaggio e gestione, nessun impatto ambientale, senza rischi di sanzioni;
- *indipendenza*: nessuna necessità di allacciamento ad altre unità motrici esterne, movimentazione indipendente con risparmio dei costi di trasporto nel cantiere;
- elevata *polivalenza*: può essere utilizzato per lavorare tipologie estreme di materiali, è comunque meno specialistico.

La tendenza attuale, in parte imposta a livello normativo, è quella di dotare tutti gli impianti di una sezione di selezione e trattamento che consenta di ottenere livelli qualitativi dei prodotti riciclati tali da poter essere destinati ad impieghi più qualificati. Quest'esigenza, che in parte contrasta con le caratteristiche di facile mobilità degli impianti mobili, è stata affrontata e, in alcuni casi, risolta dai costruttori, tuttavia, imponendo costi di esercizio più elevati.

Per contro questi impianti offrono limitate garanzie per la qualità del prodotto offerto, in quanto sono necessariamente "semplici", non permettendo la separazione sistematica e razionale delle diverse tipologie di materie estranee (ferro, plastica, legno, ecc.) presenti nel materiale da trattare. Consentono soltanto una semplice riduzione granulometrica senza garantire tuttavia un adeguato assortimento delle pezzature prodotte, ed in linea di massima la loro impostazione costruttiva, legata all'esigenza di trasportabilità, compattezza e monoliticità, contrasta con l'introduzione di efficaci accorgimenti e dotazioni sia per il completamento del processo di trasformazione sia per la riduzione completa del rumore e delle polveri, condizione quest'ultima particolarmente significativa in ambiente urbano.

Infine dal punto di vista del controllo ambientale pongono agli enti preposti (USL, Provincia) notevoli problemi operativi, in quanto la loro ubicazione si modifica con frequenza, dipendendo essenzialmente dalla locazione del materiale da frantumare. Tuttavia un adeguato sistema di vagliatura permette una cernita della frazione leggera (legno, carta, plastica..) presente nel materiale frantumato dal frantoi.

3.3 Macchine

Per afferire le macerie da trattare a un impianto fisso o eventualmente a un impianto mobile, a seconda della scelta preferita, bisognerà utilizzare delle macchine che movimentino tale materiale eterogeneo. In questa sezione faremo una panoramica solo generale sulle macchine e le attrezzature necessarie a tale compito.

Macchine di movimentazione macerie

Non prenderemo in considerazione alcun caso specifico, data infatti la grande eterogeneità della macchina a seconda della tipologia di cantiere, si accenna solo che si utilizzeranno escavatori e autocarri da cantiere dalle dimensioni e portate specifiche al territorio. In ambienti stretti, come possibile riscontrare nei quartieri dei centro storici, si utilizzeranno delle macchine da cantieri di ridotte dimensioni, in caso invece dove la movimentazione non sia un problema, si potranno utilizzare escavatori, ruspe e autocarri di maggior dimensioni, Fig.10.

Fig. 10 – Carico cassone autocarro tramite escavatore [tratto da “Piffer Scavi”]

3.3.2 Macchina per la frantumazione

In commercio esistono molte case costruttrici che producono impianti mobili per la frantumazione. Ognuna si distingue dall'altra per produttività oraria, costi, consumi e dimensioni ma sostanzialmente sono composte tutte dalle stesse componenti meccaniche. L'unica vera differenza, come vedremo, è costituita dalle parti meccaniche che effettivamente partecipano alla riduzione del materiale inserito. Esistono infatti varie tipologie di sistemi di frantumazione che variano a seconda della tipologia di macerie introdotte. Scegliendo quella più adatta, si possono limitare notevolmente i consumi di carburante e l'usura delle componenti frantumatrici, oltre che incrementare sensibilmente la produttività oraria.

Sotto, in Fig. 11, viene mostrato una tipica macchina adibita alla frantumazione degli inerti. Quella mostrata di seguito è di media grandezza, sul mercato però se ne trovano di più grandi, utilizzate solitamente in cava, ma anche di molto più piccoli, a uso quasi domestico.

Fig. 11 – Impianto di frantumazione mobile [da "Hartl Powercrusher"]

Parti costitutive

3.3.2.1 Tramoggia di alimentazione

In ordine di lavorazione è la prima parte che entra a contatto con il materiale da trattare, Fig. 12. Lo si può considerare un serbatoio impiantato sull'impianto di frantumazione dove le macerie vengono "scaricate" da una benna. La sua importanza risiede nella capacità effettiva che essa può contenere. Solitamente la media è sui 5,00 metri cubi ma, in ambiti particolari, si può arrivare anche a 15 mc.

Fig. 12 – Tramoggia di carico [da "Hartl Powercrusher"]

A valle della tramoggia di alimentazione è presente un canale vibrante con vagliatura preliminare che costituisce la prima cernita del materiale in ingresso.

3.3.2.2 Vagliatura preliminare

L'alimentazione dell'impianto avviene riversando il materiale da demolizione, prelevato dai cumuli di stoccaggio, all'interno di appositi macchinari detti *alimentatori*. Tali macchinari, in acciaio robustissimo per poter resistere ad elevate sollecitazioni, sono costituiti essenzialmente da una cassa poggiante su speciali ammortizzatori in gomma. Per mezzo di una massa eccentrica rotante (a velocità variabile), necessaria a provocare le vibrazioni e di appositi vagli, il materiale viene separato nelle sue varie pezzature; in particolare la frazione più fine viene eliminata mentre quella più grossolana viene inviata al gruppo di frantumazione. Attraverso l'alimentatore si attua una prima vagliatura del materiale. Questa fase è molto importante per aumentare la produttività oraria dalla macchina e permettere una più facile frantumazione del materiale inserito per evitare eccessivi costipamenti che potrebbero creare, specie nel frantoio a mascelle, il bloccaggio del dispositivo di frantumazione con un'elevata perdita di tempo e denaro.

Esistono diversi sistemi di alimentazione, i più utilizzati che meglio si inseriscono nel contesto trattato, sono principalmente di 2 tipologie:

- Grizzly
- Prevalgio

I componenti principali sono:

- Cassone vibrante, in esecuzione estremamente robusta, opportunamente protetto con fodere bullonate e costruito con lamiera di acciaio ad alto limite elastico.
- Unità vibrante composta da una coppia di vibratori elettromeccanici con masse regolabili.
- Il cassone appoggia per mezzo di molle su un telaio già predisposto per il montaggio della tramoggia sovrastante

3.3.2.3 L'alimentatore sgrossatore grizzly

L'alimentatore grizzly separa imponendo una spinta inclinata al materiale che viene caricato sul piano ceco (vedi figure), esso scorre sul piano vagliante e viene separate in due frazioni. In genere è un vaglio robusto, generalmente dotato di piano barrotti o lamiera forata e funge da alimentatore, e facile da regolare ed ha scarsa capacità vagliante. Macchine impiegate per l'alimentazione di frantoi primari sia a mascelle sia ad urto. Una sezione a griglia, semplice o doppia, consente una sgrossatura del prodotto, separando i fini dal sopra griglia, aumentando in tale modo il rendimento dei frantoi. La regolazione della portata si ottiene variando, a macchina ferma, la quantità dei contrappesi eccentrici. A richiesta può essere fornito un inverter che consente di regolare la portata con la macchina in movimento.

Essenzialmente sono costituiti da un canale vibrante realizzato in robusta carpenteria elettrosaldata, avente un fondo formato da due piani disposti in cascata, in modo da favorire il ribaltamento del materiale durante l'avanzamento, sostenuto da un telaio mediante corpi elastici, e posto in vibrazione da una coppia di moto vibratori. Il primo è ceco, è predisposto per ricevere il materiale dall'alto attutendo i colpi, mentre il secondo è costituito da barre in acciaio antiusura, disposti in modo tale da formare liberi passaggi per il materiale.

3.3.2.4 Sistema prevaglio vibrante

Altro sistema di alimentazione è il prevaglio Fig. 13, che separa imponendo al materiale una spinta circolare/ellittica. Il materiale, scaricato dal piano d'alimentazione, scorre sui piani vaglianti e viene separate in più frazioni. Anche questo generalmente è un vaglio robusto, e risulta dotato di piano barrotti o lamiera forata superiormente e da una rete che evita intasamenti al livello inferiore; ha una media capacità vagliante.

Fig. 13 – Tramoggia di carico e prevaglio [da “Il frantoio mobile BR350JG Komatsu”]

Il sistema di alimentazione è molto importante perché in base alla tipologia del materiale inserito e a seconda dell'impianto di frantumazione utilizzato, garantisce una corretta e più rapida produttività della macchina con un sensibile abbassamento dei costi oltre che a un maggior sgombero delle macerie.

La selezione dei fini determina principalmente i seguenti vantaggi:

- Un rendimento produttivo più elevato e la riduzione delle usure delle macchine di frantumazione, in quanto in esse non entrano queste componenti di minor granulometria;
- Protezione più efficace del nastro trasportatore di evacuazione, poiché l'anticipata emissione delle frazioni fini sul tappeto, costituisce un ottimo strato protettivo dello stesso, nella successiva caduta delle frazioni di dimensioni maggiori derivanti dal processo di frantumazione. Questo vale solo in assenza del nastro laterale.

3.3.2.5 Frantumazione

La frantumazione è la fase attraverso la quale i materiali provenienti dagli alimentatori vengono ridotti di dimensione, fino a ottenere una pezzatura commerciabile o comunque omogenea. Questa è di certo la fase più importante di tutto il processo di riciclaggio in quanto è all'interno della camera di frantumazione (Fig. 14) che avviene il recupero del rottame edilizio il quale, oltre a diminuire di pezzatura, vede separare le componenti ferrose da quelle litoidi.

La frantumazione può avvenire in diversi modi:

- per *impatto* delle macerie scagliate contro una parete resistente;
- per *compressione* del materiale fra due ganasce;
- per *triturazione* provocata da elementi resistenti (barre, palle pesanti) messi in moto insieme al materiale da frantumare.

In base a ciò abbiamo differenti tipi di frantumatori (mulini o frantoi), ma per tutti un parametro caratteristico è dato dal *rapporto di riduzione* (RR), che si può definire come:

$$RR = I / U$$

I = dimensione materiale in ingresso; U = dimensione materiale in uscita

Il rapporto di riduzione, rappresenta il lavoro necessario per frantumare e varia a seconda dei frantumatori, vale 3-4 per quelli a compressione, 8-10 per quelli ad impatto. È importante mantenere un giusto rapporto di riduzione perché così si ottiene il massimo rendimento della macchina.

Altri parametri caratteristici di un frantumatore sono:

- le dimensioni della bocca di alimentazione;
- le dimensioni della bocca di uscita, che limitano la dimensione massima del prodotto frantumato;
- la produzione oraria, funzione della regolazione e quindi delle pezzature prodotte;
- la potenza del motore.

A seconda delle caratteristiche che si vogliono conferire al prodotto finale, bisogna attivare diversi stadi di frantumazione: ciò che esce da un primo frantoio viene mandato ad un successivo per ridurre ulteriormente la pezzatura.

Solitamente il ciclo si distingue in:

- **frantumazione primaria:** in questa fase si precede alla riduzione delle macerie, provenienti direttamente dal cantiere o dal sito di stoccaggio dell'impianto, aventi dimensioni che possono arrivare fino ad un metro di lunghezza, conferendo loro grandezze massime in uscita attorno ai 70 mm;
- **frantumazione secondaria:** in questa fase si provvede a ridurre ulteriormente ciò che proviene dalla fase primaria conferendo dimensioni comprese fra 6 e 70 mm;
- **frantumazione terziaria e macinazione:** in questa fase si riduce il prodotto del secondo stadio dandogli dimensioni dell'ordine di 2 mm (sabbia e filler).



Fig. 14 – Frantoio a mascella [da “Mattioli tecnologie”]

I frantoi

3.2.2.5.1 Frantoi a mascelle

Sono fra le macchine più diffuse perché semplici, di costruzione relativamente economica e di lunga durata. Il loro principio di funzionamento è elementare, infatti agiscono schiacciando il materiale tra due *mascelle*, ovvero due piastre, dentate o lisce, in acciaio o in ghisa, delle quali una fissa, coincidente con la superficie interna di una parete dell'involucro della macchina stessa, e l'altra, detta *mascella mobile*, che si accosta e si allontana dalla precedente, provocando la disgregazione della materia posta tra le due, come mostrato in Fig. 15. Sottopongono il materiale da frantumare a degli sforzi di compressione che superano il limite elastico del materiale stesso, provocandogli delle rotture per schiacciamento. Le mascelle sono fatte in acciaio al 12-14% di Mg che gli conferisce notevole resistenza all'abrasione. Sono formate da pezzi simmetrici che ne consentono l'interscambiabilità tra la parte alta e quella bassa della mascella, in quanto quella bassa si consuma più rapidamente. Le mascelle possono essere lisce o scanalate a seconda se si vuole ottenere un prodotto più o meno cubico. L'alimentazione avviene dall'alto; la sagomatura e la convergenza delle mascelle agevola la discesa verso il basso del materiale, avviandolo verso zone ove la distanza tra le due piastre si va man mano riducendo. In tal modo si ottiene una progressiva frantumazione, con prodotto finale avente la massima dimensione governata appunto dalla distanza fra le pareti inferiori delle mascelle. La possibilità di regolazione di questa distanza garantisce alla macchina una certa versatilità.

I sistemi generalmente adottati per il movimento della parete mobile sono due:

- ***frantoi a semplice ginocchiera***: la lastra mobile è incernierata alla base mentre in testa è collegata ad un albero solidale ad un grande volano. L'eccentricità dell'albero rispetto al centro del volano, provoca il moto in testa della piastra mobile, che risulta così contemporaneamente di chiusura verso la compagna fissa e di oscillazione verticale, favorendo la produzione di grani uniformi. La regolazione in

uscita, tende oggi ad essere ottenuta con comandi idraulici e anche la mascella è mossa da motore idraulico; si ottengono così marce più regolari ed un migliore adattamento della potenza alle necessità della frantumazione.

- **frantoi a doppia ginocchiera:** la mascella mobile è incernierata in alto, mentre l'albero eccentrico al volano comanda, attraverso due ginocchiere, la parte inferiore che così si accosta e si discosta da quella fissa.

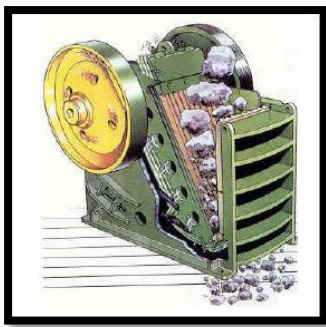


Fig. 15 - Frantoio a mascella [da "La frantumazione"]

Durante la frantumazione il volume a disposizione del materiale diminuisce, cioè diminuisce la percentuale di vuoti tra i frammenti. Questi vuoti non devono essere totalmente riempiti, perché ciò comporterebbe il bloccaggio della macchina; tale situazione è un' importante limitazione alla capacità del frantoio. Per ottenere alti valori

di capacità e non rischiare il bloccaggio si possono quindi usare mascelle opportunamente conformate, in modo che il volume a disposizione resti costante o aumenti verso l'uscita. Questo tipo di frantoio è utilizzato per la frantumazione primaria di rocce dure e di grandi dimensioni possiede un rapporto di riduzione n pari a 4-6. Si hanno anche dei rischi di colmata e di bloccaggio con l'aumento del grado di finezza del materiale inserito. Bisogna quindi utilizzare degli appositi sistemi di alimentazione per scongiurare questo annoso problema che comporta spreco di tempo e denaro. Entrambi i tipi di frantoi a mascelle, a doppia e semplice ginocchiera, possiedono caratteristiche inequivocabili, come una forma costruttiva robusta, una manutenzione semplice, una sorveglianza periodica delle parti da ingrassare, ed entrambi hanno un cattivo funzionamento con le rocce agglomeranti.

3.2.2.5.2 Frantoi rotativi

Il principio di frantumazione è lo stesso di quello adottato dalle macchine a mascelle, soltanto che in questo caso la mascella fissa è a forma di tronco di cono capovolto, e dentro di essa si muove eccentricamente la mascella mobile, anch'essa a forma tronco conica, non capovolta (Fig. 16). Il movimento che si ottiene porta la mascella mobile ad avvicinarsi e ad allontanarsi dal cono fisso, contro il quale schiaccia il materiale che viene alimentato dall'alto. Il cono mobile si avvicina così successivamente ad ogni generatrice della parete concava fissa, poi se ne allontana, permettendo al materiale frantumato di scendere per gravità, in una zona inferiore dove sarà sottoposto ad una nuova compressione. Si ottengono così macchine dalle elevate prestazioni in termini di produzione, ma nel contempo più delicate rispetto ai frantoi a mascelle e che sono raramente utilizzate per la frantumazione primaria; si prestano invece bene per la secondaria e con alcuni accorgimenti per la terziaria. La regolazione in uscita si ottiene alzando e abbassando il cono mobile. L'estremità inferiore dell'albero costituisce il pistone di un cilindro idraulico predisposto all'interno del gruppo eccentrico. Lo scorrimento verticale dell'albero, e quindi del mantello di frantumazione, è comandato da una centralina oleodinamica, con accumulatore precaricato a gas inerte.

Anche in questo caso le granulometrie prodotte dipendono dalla regolazione e dalla durezza dell'inerte.

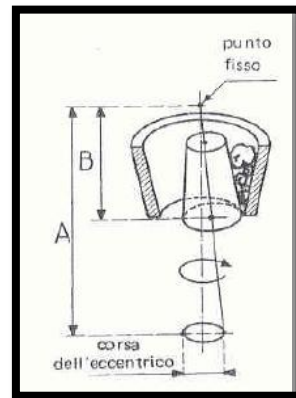


Fig. 16 – Frantoio rotativo [da “ La frantumazione”]

3.2.2.5.3 Frantoio a cilindri

Questa tipologia di macchine è costituita da due cilindri, che girano l'uno verso l'altro, intorno ai loro assi disposti orizzontalmente in parallelo, che delimitano la camera di frantumazione.

I prodotti da macinare trasportati fra i cilindri, vengono ridotti in dimensione corrispondente alla distanza di detti cilindri. I frantoi a cilindri lisci: frantumano il materiale esercitando su di esso uno sforzo di compressione lenta che ne provoca l'esplosione dello stesso. I cilindri che costituiscono questa tipologia di macchine sono di solito realizzati in acciaio: sia in acciaio fuso, sia in profilato e scatolato, sia, sempre più spesso in profilato saldato. Esistono delle varianti alle più comuni forme di frantoi a rulli lisci, che sono i frantoi a rulli dentati.

Nel caso dei frantoi a cilindri dentati le sollecitazioni esercitate sul materiale da frantumare dipendono: dal taglio, dallo scoppio (caso di denti aguzzi, che agiscono come cunei), dalla percussione, e sempre, ma secondariamente, dalla compressione. Per ciò che riguarda più in particolare i cilindri dentati, possiamo dire fin da subito che ci

può essere un'infinita di forme di dentature: da incavi e sporgenze alternate, fino a lame di coltelli, passando per la punta più o meno aguzze, le piramidi tronche, i denti di squalo, le ondulazioni e le scanalature diritte o incrociate, ecc.

Esiste infine una terza categoria di macchine del tipo a cilindraie ed è quella dei frantoi detti a cilindri e mascelle, nei quali il materiale viene frantumato grazie ad un cilindro dentato unico che ruota davanti ad una mascella fissa, Fig. 17. Il frantoio a cilindro unico può a parità di peso ed ingombro, assorbire blocchi nettamente più grossi di quelli che può ricevere il frantoio a due cilindri. Il fatto di avere un solo cilindro da azionare semplifica anche la costruzione e l'installazione. Questa tipologia di macchina non può assorbire prodotti relativamente umidi e adesivi come: prodotti fangosi, plastici o semiliquidi. È utilizzato soprattutto nel campo della pre-frantumazione delle materie prime per cementiere, del gesso, del talco, dei Sali di potassio, ecc...

Mentre i frantoi cilindrici lisci e dentati vengono per lo più utilizzati come frantoi secondari o terziari, essendo una via di mezzo tra un frantoio e un mulino, possiedono una caratteristica particolare che è quella di evitare la formazione di fini e sono i frantoi che danno il prodotto di forma più regolare. Richiedono però una sorveglianza continua, una alimentazione regolare, un'accurata manutenzione, perché subiscono un'usura irregolare che ne comporta la rettifica dei cilindri, ed hanno un basso rapporto di riduzione $n = 2-3$.

Fig. 17 – Frantoio a cilindro unico [da “ La frantumazione”]

3.2.2.5.4 Frantoio ad urto

In queste macchine, la frantumazione avviene per l'urto del singolo elemento che viene scagliato violentemente, ad opera di uno o due rotori dotati di grande velocità di rotazione (400-1500 giri/min), contro le pareti interne o contro delle barre di frantumazioni o altri dispositivi simili, Fig. 18. Buona parte della disgregazione avviene anche per effetto degli scontri fra inerti. La regolazione è effettuata commisurando la velocità di rotazione del rotore e la distanza fra le eventuali barre.

I frantoi ad urto possono essere:

- *frantoi ad un solo rotore*: la bocca di alimentazione è protetta da una griglia a catene che consente solo il passaggio in entrata. Il materiale procedendo lungo lo scivolo giunge entro la camera di frantumazione, ove incontra le barre d'urto del rotore; viene pertanto proiettato verso l'esterno ed entra in collisione con le masse di impatto, semioscillanti, registrabili, o con altro materiale in arrivo;
- *frantoi a due rotori*: i rotori, muniti di martelli, girano in senso opposto, lanciando il materiale contro le barre frantumatrici; la camera di frantumazione è aperta in basso.

A seconda delle caratteristiche della macchina, possono ottenersi frantumazioni primarie, secondarie o terziarie.

Fig. 18 – Frantoio a urto [da “ La frantumazione”]

1. Alimentazione 2. Camera di frantumazione 3. Rotore 4. Lastre di rivestimento 5. Martelli 6. Scarico

3.2.2.5.5 Frantoio a martelli

Tali macchinari, per rompere il materiale, sfruttano l'urto di questo contro una serie di martelli rotanti ad alta velocità fissati ad un volano. Questi sono sicuramente i macchinari di frantumazioni più utilizzati, Fig. 19. Il mulino a urto, ha un fattore di frantumazione più che doppio di quello di un frantoio a mascelle (1:8-1:10), ma è soggetto ad una maggiore usura, in funzione dei materiali trattati (la sostituzione dei martelli avviene in media dopo una produzione di 12.000 - 15.000 t di macerie), quindi ha dei costi di gestione più elevati. In Fig., è riportata una fotografia dei martelli nuovi e usati in modo da rendere possibile il confronto. L'utilizzo di queste macchine offre la possibilità di ottenere tutta la gamma dei prodotti finiti in un solo passaggio, senza la necessità di una frantumazione secondaria.

Fig. 19 – Frantoio a martelli [da “ Scheda Np Metso Minerals”]

Costituzionalmente sono simili ai frantoi ad urto, formati cioè da un rotore con la funzione di proiettare il materiale alimentato contro le pareti provocandone la disgregazione. L'efficacia dell'operazione dipende dai percorsi che l'inerte da frantumare subisce.

I parametri funzionali dei frantoi a martelli sono:

- dimensioni della bocca di ingresso;
- diametro e peso del rotore;
- apertura delle corazze;
- numero di giri del rotore (velocità periferica);
- forma della camera di frantumazione.

L'apertura della corazze definisce la pezzatura massima in uscita, il numero di giri del rotore e la forma della camera di frantumazione determina la poliedricità del frantumato e la distribuzione granulometrica. Le dimensioni della bocca e del rotore impongono la pezzatura massima in ingresso. Per quanto riguarda il diametro del rotore, i frantoi a martello con rotore di 1300 mm (maggiormente usati) sono in grado di frantumare anche le traversine ferroviarie in cemento armato precompresso espellendo, senza problemi, i ferri lunghi circa 2,7 m.

I martelli sono l'utensile primario del frantoio, assieme alle corazze interne del frantoio stesso, che si potrebbero intendere come utensile secondario, visto che conferiscono un urto al materiale in frantumazione successivamente ai martelli. I martelli sono intercambiabili così come le corazze e conferiscono a questi macchinari un'elevata versatilità produttiva: ad esempio per configurazioni differenti dei martelli abbiamo diverse produzioni.

3.3.2.6. Deferrizzatore

Una volta terminato il processo di frantumazione, si arriva alla deferrizzazione. Questa operazione consente l'eliminazione delle frazioni ferrose contenute nel materiale frantumato. Viene compiuta da appositi sistemi che, per mezzo di una elettrocalamita montata su di un rullo in gomma a moto continuo, attira e trasporta in appositi cassoni, le frazioni metalliche contenute tra gli inerti.

Tali apparecchiature vengono di norma montate sopra il nastro trasportatore trasversalmente o longitudinalmente al flusso di materiale sia all'uscita dal frantoio (deferrizzazione primaria), Fig. 20, che dopo la vagliatura finale (deferrizzazione secondaria) in modo da ottenere una maggiore efficacia.

È importante valutare la potenza che deve avere l'elettromagnete, in funzione della produttività del frantoio e delle dimensioni massime dei pezzi di ferro in uscita dallo stesso, al fine di garantire che la forza di attrazione esercitata dal nastro sia maggiore del peso del pezzo di acciaio più grande in uscita dal frantoio.

Fig. 20 – Nastro deferrizzatore [tratto da "Hartl Powercrusher"]

3.3.3 Benne con frantumatore

La benna con frantumazione, da poco in commercio, viene utilizzata sia per il riciclaggio in situ presso i cantieri di demolizione che per in opere di scavo. Sfruttando l'impianto idraulico degli escavatori su cui viene montata, può essere utilizzata su tutta la gamma di escavatori, dalle 8 tonnellate in su, e le sue aree di applicazione sono numerose: dalle demolizioni all'edilizia in genere, dalla riqualificazione di ex aree industriali e urbane al trattamento di materiali provenienti da scavi, dal settore movimento terra ai lavori stradali, dalle cave alle miniere, dalle bonifiche ambientali alle applicazioni su roccia.

La benna frantuma direttamente in cantiere qualsiasi tipo di materiale, ad esclusione del ferro, e permette la raccolta del prodotto da frantumare mettendolo a cumulo sul camion o nello scavo da colmare, velocizzando così le operazioni di sgombero degli inerti. Le benne consentono una notevole riduzione dei costi vivi ed il riciclaggio del materiale inerte senza passare per la discarica, fattore questo fondamentale sia per il rispetto dell'ambiente sia per un risparmio sullo smaltimento.

Montati su escavatori da 8 fino a oltre 28 tonnellate, permettono di frantumare da 0,5 mc a 1 mc di materiale a carico a seconda della tipologia di benna frantumatrice montata, Fig. 21.

3.3.4 Separazione merceologica

L'operazione di separazione costituisce la sezione dedicata alla raffinazione del materiale in oggetto. Tramite questa manovra infatti siamo in grado di separare la frazione pesante, quella inerte, da quella leggera costituita dai frammenti di carta e plastica presenti nelle macerie in arrivo dalla post frantumazione. In generale, attraverso la frantumazione si governa solo la dimensione massima in uscita, quindi il prodotto così come ottenuto dal frantoio non è utilizzabile perché non ancora selezionato, ossia non ancora separato in classi merceologiche ben distinte. Questa operazione è ottenibile attraverso macchinari che, sfruttando tecnologie diverse, riescono a separare le varie tipologie di prodotto. I materiali presenti nel rifiuto, preventivamente ridotti nelle dimensioni, vengono separati sfruttando le proprietà fisiche e meccaniche da essi possedute, quali le dimensioni, la densità, la resistenza aerodinamica, l'inerzia, il magnetismo e la conduttività elettrica. Sottoponendo il rifiuto a successive selezioni in cascata, si tende ad isolare i suoi componenti al fine di ottenere singoli prodotti con accettabili gradi di purezza. I sistemi di trattamento più diffusi sono la separazione dimensionale, la separazione gravimetrica e la separazione magnetica, già ottenibile con in parte con il nastro deferizzatore presente sull'impianto mobile.

3.3.4.1 Separazione dimensionale

La separazione dimensionale, definita vagliatura, si basa sulle differenti dimensioni dei materiali che, a seconda del tipo di rifiuto e della collocazione della fase nel ciclo di trattamento, consente di effettuare varie operazioni, quali la rimozione di materiali ingombranti o di quelli più minuti, la suddivisione del rifiuto tra materiali combustibili leggeri e quelli inerti più pesanti, la separazione di vetro e sabbia dai materiali combustibili e la separazione di carta e plastica dal vetro e dai metalli.

3.3.4.1.1 Vibrovagli

Sono formati da un'intelaiatura fissa su cui è montata una cassa oscillante che supporta le piastre forate, disposte sullo stesso piano oppure su piani sfalsati. Il diametro dei fori è generalmente crescente da monte verso valle. La granulometria del prodotto separato dipende dall'ampiezza e dalla frequenza delle oscillazioni, dall'inclinazione del vaglio e dalla dimensione dei suoi fori. In commercio esistono svariati tipi di vibrovagli, di forma e dimensione. Da poche tonnellate fino a 600 t/h di materiale vagliato, (Fig. 22).

Fig. 22 – Vibrovaglio HCS 5515 [tratto da “Hartl Powercrusher”]

3.3.4.1.2 Vagli a disco

Una serie di tubi metallici rotanti portano elementi circolari in gomma a forma di stella distanziati sull'asse di una distanza pari a quella della larghezza di un elemento. La rotazione sincronizzata di un letto composto da una serie di questi tubi apre delle luci passanti di uguale grandezza nella quale passa la frazione fine. Contemporaneamente la rotazione dei tubi spinge il sopravvallo verso la fine del vaglio (Fig. 23). I vantaggi di questo tipo di vagliatura sono rappresentati dalla possibilità di variare lo spazio presente tra i dischi, in funzione delle caratteristiche del materiale in arrivo e della pezzatura voluta, e dall'azione autopulente che evita le frequenti occlusioni a cui sono soggetti gli altri tipi di vaglio.

Fig. 23 – Vaglio a disco [tratto da "Ecostar srl"]

3.3.4.2 Separazione gravimetrica

La separazione gravimetrica si basa sulla densità e sulla resistenza aerodinamica dei vari materiali che compongono il rifiuto. Questo, precedentemente sminuzzato, viene suddiviso in due frazioni principali: quella leggera, costituita prevalentemente da carta, plastica e sostanza organica putrescibile, e quella pesante, contenente in genere metalli, legno e vetro.

Il dimensionamento dei classificatori ad aria, che rappresenta il sistema più diffusamente impiegato nella separazione gravimetrica, si basa essenzialmente su due parametri: il rapporto in peso aria/rifiuto in trattamento, in genere compreso tra 2 e 7, e la velocità della corrente d'aria, variabile tra 2 e 5 m s⁻¹, funzioni delle caratteristiche delle componenti del rifiuto da separare e del tipo di classificatore impiegato.

3.3.4.2.1 Classificatori ad aria

Sono costituiti da un condotto nel quale il rifiuto viene investito da un getto d'aria in controcorrente che trascina i pezzi più leggeri verso l'alto, mentre le parti più pesanti cadono sul fondo del condotto (Fig. 24).

Nel condotto possono essere inseriti una serie di deflettori interni per creare una turbolenza nella corrente d'aria, favorendo così l'urto delle particelle contro le pareti e la loro rottura in frammenti più piccoli. Per agevolare la separazione di particelle con velocità di sedimentazione molto simili tra loro, sono stati introdotti classificatori con conformazione del condotto a dente di sega, in modo da rendere variabile la velocità dell'aria nel condotto.

L'efficienza del processo è legata alla velocità del flusso d'aria, alla dimensione e alla forma della sezione trasversale del condotto ed alla portata di rifiuto in ingresso. L'efficienza del processo è legata alla velocità del flusso d'aria, alla dimensione e alla forma della sezione trasversale del condotto ed alla portata di rifiuto in ingresso. A valle del condotto è solitamente presente un ciclone per separare il materiale solido leggero dalla corrente d'aria.

Fig. 24 – Classificatore ad aria con ciclone di separazione [tratto da “appunti di rifiuti solidi”]

Sempre nella categoria dei classificatori ad aria, rientra il tipo cosiddetto a coltello, (Fig. 25) impiegato per particelle con dimensioni uniformi, per le quali è la densità a giocare un ruolo preminente. Il rifiuto, convogliato da un nastro trasportatore, viene investito da un getto d’aria che trascina con sé le componenti più leggere.

Fig. 25 – Classificatore ad aria del tipo a coltello [tratto da “appunti di rifiuti solidi”]

3.3.4.2 Letti fluidi

Consistono in un piano poroso vibrante leggermente inclinato (5° circa), attraversato da un flusso d'aria che fluidizza e stratifica il rifiuto, (Fig. 26). Il materiale più leggero, tenuto in sospensione dal flusso d'aria, si raccoglie nella parte bassa del letto, mentre le parti più pesanti vengono trasportate verso la parte alta dall'azione vibrante. I letti fluidi possono essere anche del tipo ad umido, con l'utilizzo di fluidi di diversa densità.

Fig. 26 – Separazione mediante letti fluidi [tratto da “appunti di rifiuti solidi”]

3.3.4.3 Separatori balistici

Sfruttano la densità o l'elasticità dei diversi materiali. Un rotore ad alta velocità svolge un'azione di lancio del rifiuto, convogliato da un nastro trasportatore, permettendone la classificazione sulla base della distanza raggiunta, che è funzione della densità del materiale. Questo tipo di separazione è indicato in impianti di trattamento di RU indifferenziati o in impianti che trattano scarti alimentari selezionati ma merceologicamente impuri (Fig. 27).

Fig. 27 – Separazione balistica [tratto da “appunti di rifiuti solidi”]

3.3.4.4 Separazione magnetica

Oltre al già citato deferizzatore, ovvero una separazione magnetica a nastro, posto al termine della frantumazione sugli impianti mobili, esistono anche altre forme di separazione.

3.3.4.4.1 Separatori a tamburo

Sono costituiti da un nastro trasportatore dentato e da una puleggia magnetizzata che trattiene i materiali ferrosi fino a quando raggiungono un settore non magnetizzato (Fig. 28). La presenza di frammenti di carta, plastica e fibre tessili nella frazione ferrosa così selezionata, richiede un successivo trattamento di finitura. Per ottenere una maggiore purezza del materiale ferroso si può utilizzare un separatore a doppio tamburo: il primo tamburo trattiene i materiali ferrosi presenti nel rifiuto e li trasferisce su un nastro trasportatore intermedio di più ridotta portata su cui può agire un secondo tamburo più piccolo e ad esso più vicino, con verso di rotazione opposto a quello del flusso del materiale non trattenuto per evitare fenomeni di trascinamento.

Fig. 28 – Separazione magnetica a doppio tamburo [tratto da “appunti di rifiuti solidi”]

3.3.4.5 Spettroscopica

Il materiale che deve essere separato viene posto su di un nastro trasportatore, della larghezza compresa tra 0,5 e 1,4 m, sopra il quale sono installati il rivelatore e le lampade alogene. Il rivelatore consiste di un sensore NIR (near infra red) che scandisce l'intera larghezza del nastro trasportatore e trasmette lo spettro caratteristico dei vari materiali ad un processore. I segnali sono quindi confrontati con un database e i risultati sono forniti in un brevissimo tempo (un secondo). Se il materiale esaminato viene riconosciuto come uno di quelli che devono essere separati, il processore trasmette un segnale e si aziona un getto d'aria che permette quindi di separare quel materiale dal resto del flusso.

Tale tecnica permette la separazione di carta, cartone e plastica mista (come PET e PVC): l'efficienza di separazione è tra l'80 e il 90 %. Bisogna però considerare il fatto che è impossibile utilizzando tale tecnica separare materiali di colore marrone scuro o nero perché in questo caso la radiazione viene praticamente tutta assorbita e quindi il sensore non riceve alcuna irradiazione.

3.4 Attrezzature

Sono numerose e diversificate le attrezzature che dovranno essere utilizzate per lo smaltimento delle macerie. Sul cantiere infatti si farà uso di martelli pneumatici, pale, badili e quant'altro. In questa sezione prenderemo in considerazione solo quegli attrezzi utilizzati durante la fase di demolizione e frantumazione delle macerie di pezzature grossolane in cantiere e quelli in uso in fase di smaltimento.

3.4.1 Cesoie demolitrici

Questa attrezzatura sarà utilizzata in fase di cantiere per ridurre di dimensioni le parti di edificio crollate. In particolar modo sarà utile per sminuzzare il cemento armato o i travoni in legno del fabbricato danneggiato dall'evento tellurico affinché possano poi essere caricati sui cassoni del autocarro e successivamente trasportato in idonei impianti di trattamento e stoccaggio (Fig. 29).

Lo stessa procedura può essere fatta utilizzando dei martelli idraulici montanti su l'escavatore (Fig. 30).



Fig. 29 – Cesoie demolitrici [da “HB Series”]

Fig. 30 – Martello idraulico [da “Montabert”]

3.4.2 Nastri trasportatori

Durante la fase di spostamento delle macerie e dei materiali selezionati, si possono utilizzare i nastri trasportatori che costituiti da componenti standard, dalla struttura semplice sono in grado di movimentare il materiale anche per lunghi percorsi in breve tempo. I nostri nastri trasportatori sono adatti sia per impianti di frantumazione stabili che mobili. Essi sono largamente impiegati nell'industria mineraria, metallurgica e del carbone per trasportare materiali sabbiosi, sfusi o materiali imballati. A seconda delle diverse attrezzature, l'impianto di trasporto può essere uno indipendente, a più nastri o combinato ad altre attrezzature di trasporto. Il nastro trasportatore può essere installato orizzontalmente o inclinato per soddisfare le esigenze delle diverse linee di trasporto (Fig. 31).

Fig. 31 – Movimentazione terra tramite nastro trasportatore [da "Sv impinti"]

3.4.3 Selezionatore - frantumatore

Durante la fase di movimentazione delle macerie durante la fase dello smaltimento, può essere utile in alcuni casi avere a disposizione di una benna demolitore – selezionatore (Fig. 32). Questa attrezzatura ci permette infatti di frantumare le macerie di grosse dimensioni non adatte ad entrare nel ciclo di smaltimento e selezione delle macerie, oltre a eliminare attraverso la selezione i materiali non idonei al conferimento nel processo di smaltimento.

Fig. 32 – Demolitore – selezionatore [tratto da “Mantovanibenne”]

3.4.4 Cassoni scarrabili

Durante la fase di selezione delle macerie, sarà molto utile utilizzare dei contenitori per il conferimento dei materiali selezionati in frazioni omogenee di prodotto. Per tale scopo vengono impiegati dei cassoni che, a seconda del quantitativo e della tipologia di prodotto possono essere di varia dimensione e con tecnologie differenti. Se infatti per un materiale ingombrante basta utilizzare un cassone scarrabile aperto, per un materiale nocivo e tossico come per esempio l'amianto, sarà utile e consigliato invece un cassone con chiusura ermetica al fine di evitare la dispersione di polveri cancerogene nell'aria (Fig. 33). Per carta e cartone, preferibile usare ancora un cassone scarrabile comparatore al fine di utilizzare al meglio il volume disponibile del cassone.

Figura 33 – Cassoni scarrabili a tenuta stagna, con copertura idraulica [tratto da "Ecolfer"]

Particolarmente adatti per rifiuti tossici e nocivi

3.5 Problemi connessi alla lavorazione

3.5.1 Le polveri

L'elevata polvere generata dall'impianto di frantumazione, specie nel caso in cui si utilizzino mulini ad urto, è uno dei principali problemi riscontrabili in tali impianti. Risulta quindi evidente, al fine di garantire al personale addetto un ambiente di lavoro salubre, adottare particolari provvedimenti.

I sistemi per l'eliminazione delle polveri sono essenzialmente di due tipi:

- a mezzo di *acqua nebulizzata*;
- aspirazione tramite *flussi d'aria*.

Il primo sistema è costituito da una serie di ugelli nebulizzatori dove l'acqua viene atomizzata e ionizzata grazie ad un flusso d'aria compressa ad alta pressione. Le serie di ugelli sono comandate da centraline di distribuzione con valvole e pressostati, che dosano e ripartiscono l'aria e l'acqua. Il getto nebulizzato indirizzato sulla polvere la abbatte, grazie soprattutto alla carica elettrostatica delle molecole ionizzate che attraggono e avvolgono le particelle di polvere facendole precipitare.

Grazie a questa tecnica il consumo di acqua è molto contenuto, fino al punto che le polveri non risultano praticamente bagnate.

Il secondo sistema consiste in una serie di cappe di aspirazione, dotate di appositi filtri, che risucchiano la frazione finissima e polverosa del materiale convogliandola, a mezzo di appositi condotti, in un silo. Il materiale così raccolto può essere portato a discarica oppure reimpiegato in opportuni cicli di lavorazione. In alcuni impianti di grandi dimensioni (impianti fissi), i due sistemi possono essere accoppiati per garantire una maggiore efficienza nella risoluzione del problema.

3.5.2 Il rumore

Un altro problema connesso alla fase di frantumazione, ma comunque presente, come per le polveri, in tutto l'arco processuale. Bisogna quindi valutare il rumore prodotto dai vari macchinari per preservare sia la salute degli addetti ai lavori che, se in ambiente urbano, anche quella dei cittadini.

Si portano in Tabella 4, solo a titolo conoscitivo i valori limite in normativa, in area residenziale e misto abitato:

<i>Classi di destinazione d'uso del territorio</i>	<i>Tempi di riferimento</i>	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I Aree particolarmente protette	45	35
II Aree prevalentemente residenziali	50	40
III Aree di tipo misto	55	45
IV Aree di intensa attività umana	60	50
V Aree prevalentemente industriali	65	55
VI Aree esclusivamente industriali	65	65

Tabella 4 - con valori limite di emissione [da "classificazione acustica del territorio"]

Da una relazione tecnica condotta per la valutazione di impatto acustico di un impianto mobile per il recupero di materiale proveniente da costruzione e demolizione, si è rilevato quanto segue.

Macchina	Leq dBa
Pala meccanica gommata (fase movimentazione inerti)	80,0
Scavatore cingolato (fase movimentazione inerti)	75,0
Frantumazione (ad un metro dal punto di macinazione)	89,0
Rumore ambientale durante il funzionamento del frantumatore	56,0

Da questa semplice ed empirico confronto si può notare che la presenza di un impianto mobile in ambiente urbano è di notevole disturbo e soprattutto crea danno per un prolungato uso nel tempo di tale macchina. E', quindi, opportuno, nel caso venga utilizzato, prendere in considerazione tutti i sistemi in commercio atti a diminuire questo fenomeno intrusivo e non tollerabile.

4. Caso studio de L'Aquila

Fino ad ora abbiamo visto i singoli macchinari e le tecnologie che si possono applicare per la separazione degli inerti. Ora invece focalizzeremo la nostra attenzione sulla connessione delle varie apparecchiature al fine di ottenere il risultato migliore a seconda dell'ambito operativo richiesto.

Ci occuperemo di un caso reale che possa mettere in evidenza l'applicabilità di una logistica per lo smaltimento delle macerie derivanti da evento sismico. Come esempio, si è pensato di utilizzare la città del L'Aquila, recentemente colpita da un violento sisma che ha distrutto e danneggiato in modo grave la città stessa con forti ripercussioni su tutto il territorio abruzzese e sulla vita dei cittadini, (Fig. 34 e 35).

Per prima cosa andiamo ad analizzare la zona colpita, sia da un punto di vista geografico che storico, per reperire tutte le informazioni necessarie al fine di redigere una corretta gestione delle macerie.

Molte notizie e informazioni sono state ottenute tramite un sopralluogo effettuato nella città abruzzese nei giorni 8 e 9 giugno 2010 dove si è potuto verificare quanto fatto fino a tale data per lo smaltimento delle macerie.

Fig. 34 – L'Aquila, Corso Federico II

Fig. 35 – Edifici puntellati nel centro storico de L'Aquila

4.1 La posizione

L'Aquila è il capoluogo di regione dell'Abruzzo situato ai piedi del Gran Sasso, la catena più alta degli Appennini, (Fig. 36). Le sue chiese e i suoi palazzi fanno della città il centro abruzzese più importante sotto il profilo artistico e culturale. Situata sul declivio di un colle, alla sinistra del fiume Aterno in posizione predominante rispetto al massiccio del Gran Sasso, posizionata ad un'altitudine di 721 metri sul livello del mare, è la terza tra i capoluoghi italiani più alti, appena dopo Enna e Potenza, con un numero di abitanti stimato in circa 72.696 unità.

Fig. 36 - Città del L'Aquila in Abruzzo [tratto da "I Luoghi del Tour"]

L'Aquila è posta nell'entroterra abruzzese e possiede una superficie comunale di 467 km² che, su scala nazionale, la pone al decimo posto per ampiezza. Proprio a causa dell'estensione del territorio sparso su una zona montuosa interna, la città dispone di una rete infrastrutturale e di servizi molto diversificata e di difficile accesso. È divisa in 59 sezioni tra quartieri e frazioni. Parte del territorio comunale è compresa nel Parco nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, ed alcuni punti superano i 2.000 metri di quota.

Il centro storico, (Fig. 37), sorge su di un altipiano in posizione pressoché baricentrica rispetto alla conca; numerose sono le frazioni situate sul declivio o sulla sommità dei colli circostanti, tra cui è bene ricordare Roio, Pianola, Bagno, San Giacomo e Collebrincioni. Nel dopoguerra, l'espansione urbanistica si è concentrata nella periferia occidentale della città, a carattere pianeggiante, e ad oggi, il tessuto urbano si estende in maniera disomogenea lungo la direttrice est-ovest, parallelamente al percorso del fiume. Il territorio comunale, suddiviso in 12 circoscrizioni, è uno dei più estesi d'Italia. Abbraccia, come già detto, numerosi paesi o frazioni e alcuni grandi centri che in passato hanno avuto identità municipale, come Paganica.

Fig. 37 – Piazza Duomo in pieno centro storico

4.2 La Storia

In uno scenario naturale che la vede alle pendici del Gran Sasso e circondata da 3 Parchi Nazionali e uno regionale, L'Aquila si può definire una città medievale.

Il territorio dove sorge L'Aquila fu abitato fin nei tempi più antichi. Prima della conquista da parte di Roma, tutta la valle dell'Aterno fu luogo di insediamento per i Sabini e per i Vestini. Dopo la conquista dei Romani, avvenuta nel III secolo a.C., a pochi chilometri ad ovest dell'Aquila, venne fondata la città di Amiternum, di cui, ancora oggi, possiamo ammirare i resti: un teatro e un anfiteatro che testimoniano l'importanza assunta nel tempo dalla città. In seguito, sopravvissuta alla caduta dell'Impero Romano d'occidente, Amiternum visse un periodo di grande decadenza, fino a scomparire completamente nel X secolo. La rinascita economica del territorio avverrà solo dopo l'anno mille con l'arrivo dei Normanni grazie anche alla riunificazione di tutto l'Abruzzo. Durante il periodo normanno si assiste al fenomeno dell'incastellamento. Nel 1229 gli abitanti dei castelli del territorio decidono di ribellarsi alle vessazioni dei baroni feudali. Rivoltisi a papa Gregorio IX, ottengono, l'anno successivo, il permesso di Federico II per la costruzione di una nuova città. Con l'unione dei castelli degli antichi contadi di Amiternum e Forcona si venne a formare un unico centro. La città venne chiamata *Aquila* dal toponimo del luogo in cui fu fondata (*Accula*) e perché il nome richiama l'insegna degli Hohenstaufen (un'aquila, appunto). Successivamente divenne *Aquila degli Abruzzi* e infine, nel 1939, per decreto del Ministero dell'Interno, prese il nome odierno di *L'Aquila*.

L'Aquila è una città unica nel Medioevo italiano, essendo nata secondo un disegno armonico senza precedenti nella storia dell'architettura urbana. Costituita dall'unione di molti villaggi, è suddivisa in piccoli quartieri (generalmente una piazza, una chiesa e una fontana), ognuno dei quali rimanda al villaggio-madre. Il quattrocento corrisponde all'età d'oro della città dell'Aquila. Dopo la ricostruzione, prosperò per i suoi commerci, specialmente della lana, estendendo le proprie relazioni oltre i propri confini, arrivando anche in Europa.

Le guerre con Rieti, le lotte intestine tra famiglie e i continui terremoti determinarono, sul finire del secolo, l'inizio di una nuova decadenza. Nel frattempo, il Regno di Napoli, e con esso Aquila, era passato agli Aragonesi. Nel 1527 la cittadinanza aquilana si ribellò all'invasore provocando la rappresaglia spagnola. Il viceré Filiberto d'Orange la devastò e la separò dal suo contado. Inoltre, inflisse una multa pesantissima, che superava ogni le possibilità degli aquilani e con questo denaro contribuì alla costruzione dell'immenso Forte spagnolo, Fig. 38, sul cui portale campeggia la scritta *Ad reprimendam aquilanorum audaciam*, ovvero "per la repressione dell'audacia degli aquilani", minaccioso avviso, finalizzato a scoraggiare ogni possibile successiva ribellione. In seguito, la città tentò faticosamente di rialzarsi ma con molta lentezza.

Fig. 38 – Il Forte Spagnolo

[tratto da "L'Aquila, provincia dell'Abruzzo"]

Nel settecento la città fu interessata da uno sciame sismico, che culminò con un violentissimo terremoto che, ancora una volta, la rase al suolo. La ricostruzione avvenne secondo lo stile dell'epoca, il barocco. La pace di Vienna (1738) pose fine alla dominazione spagnola, successivamente la città venne occupata dai francesi. Anche questa volta, un'insurrezione provocò la reazione dei dominatori ed Aquila venne di nuovo devastata e saccheggiata.

Con l'unità d'Italia, la regione Abruzzi, comprendente anche l'odierno Molise, ha capoluogo nella città di Aquila. In quell'occasione il nome della città fu modificato in *Aquila degli Abruzzi* (1861). Nel 1970 nasce ufficialmente la Regione Abruzzo e la città del L'Aquila ne diventa, dopo alcuni scontri con Pescara, gli viene riconosciuto il ruolo di capoluogo di regione che conserva ancora oggi.

4.3 L'Aquila e il suo rapporto con i terremoti lungo la storia

La città dell'Aquila sorge su uno dei territori ad alta sismicità della penisola italiana e, fin dalla sua fondazione, è stata funestata molte volte da eventi tellurici. Il primo terremoto di cui si abbia notizia risale al 13 dicembre 1315. Un forte terremoto si verificò anche il 9 settembre 1349. Dalle fonti dell'epoca si stima che abbia avuto un'intensità pari a magnitudo 6,5 della Scala Richter e che abbia prodotto danni valutabili nel X grado della Scala Mercalli. Furono sbracciati e atterrati ampi tratti delle mura cittadine e crollarono moltissime case e chiese. Il 26 novembre 1461 si verificò un nuovo violento sisma di intensità stimata in magnitudo 6,4 della Scala Richter e distruttività pari al X grado della Scala Mercalli). Successivamente alla scossa principale del 26 novembre, seguì una serie di eventi sismici che si protrassero per circa due mesi. Le fonti riportano della pressoché totale distruzione di Onna, Poggio Picenze, Castelnuovo e Sant'Eusanio Forconese.

Nel settecento la città fu interessata da uno sciame sismico, che culminò con un violentissimo terremoto che, ancora una volta, la rase al suolo. La prima scossa della lunga sequenza si verificò il 14 ottobre 1702, ma la maggiore venne registrata il 2 febbraio del 1703 e si stima che abbia avuto una magnitudo 6,7 della Scala Richter causando devastazioni stimate nel X grado nella Scala Mercalli. Quasi tutte le chiese e gli edifici pubblici cittadini crollarono o riportarono gravissimi danni. Si stima che nelle varie scosse che colpirono la città, quell'anno siano morte oltre 6.000 persone. Le chiese di San Bernardino (*allo stato attuale, nella foto soprastante*), dove rimase in piedi solo il coro, la facciata e le mura laterali, San Filippo, la Cattedrale di San Massimo, San Francesco, Sant'Agostino e tutti i palazzi della città risultarono rasi al suolo oppure pesantemente danneggiati.

4.4 Il terremoto del 2009

Dopo una tregua durata oltre 2 secoli, nel 2009 la città del L'Aquila è stata colpita da un violento sisma che ha colpito in modo grave la città e il suo abitanti. La scossa è avvenuta nella notte del 6 aprile, ed è stata preceduta da una lunga serie di scosse.

Nei giorni successivi alla scossa principale altri intensi focolai sismici si sono sviluppati a sud-est del capoluogo (Valle dell'Aterno), e poco più a nord (zona del Gran Sasso) con le scosse di assestamento che si sono prolungate per circa un anno dall'evento principale. La scossa che ha fatto registrare i danni maggiori è stata comunque quella del 6 aprile che si è verificata alla 3:32 quando l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha registrato un sisma di magnitudo momento 6,3 Mw. Secondo la scala Richter, il valore di 5,8 MI. In termini di scala Mercalli di misurazione dei danni, la stima iniziale dell'INGV è stata dell'VIII/IX grado.

Fig. 40 - L'Aquila

L'ala della palazzina della "Casa dello studente" dove sotto le macerie sono state recuperate le salme di 4 ragazzi.

Nelle 48 ore dopo la scossa principale, si sono registrate altre 256 scosse, di cui 56 oltre la magnitudo 3,0 della scala Richter. Nell'anno che ha seguito l'evento del 6 aprile, l'INGV ha registrato circa 18.000 terremoti in tutta l'area della città dell'Aquila. Il bilancio definitivo è stato di 308 morti, circa 1600 feriti. A quali vanno aggiunti i circa 65.000 sfollati, alloggiati momentaneamente in tendopoli, auto e alberghi lungo la costa adriatica. Il terremoto è stato avvertito su una vasta area comprendente tutto il Centro Italia, fino a Napoli. La regione più colpita è stata l'Abruzzo, seguita dal Lazio.

4.5 Analisi preliminare del problema

Focalizziamo ora l'attenzione sull'analisi delle macerie prodotte dal sisma, estrapolando i parametri che ci saranno utili nella nostra indagine per dimensionare al meglio lo smaltimento delle macerie.

4.5.1 Composizione delle macerie

Il patrimonio edilizio delle aree colpite dal sisma è molto diversificato, sia per tipologia costruttiva che per stato di conservazione. I centri storici dei comuni e le località limitrofe al capoluogo sono costituite prevalentemente da strutture in muratura sulle quali è stata osservata una maggiore frequenza di danneggiamento. Nelle aree di più recente edificazione le strutture residenziali hanno mostrato un diffuso danno agli elementi non strutturali ma in alcuni casi si è invece mostrato un parziale o totale collasso di tali fabbricati.

Dalla stima e verifica dei danni eseguiti da alcuni ingegneri in sito, la maggior parte dei danni riguarda i fabbricati realizzati in muratura o in pietra, tipici del centro storico, la cui verifica, anche solo visiva, dei crolli e dei danni subiti indica chiaramente la causa in una cattiva qualità dei materiali e delle tecnologie utilizzate. I crolli hanno quasi esclusivamente interessato pareti a sacco con paramenti in muratura di sasso irregolare e, soprattutto, riempimento in materiale incoerente. Inoltre, sono avvenuti crolli di solai lignei, non collegati con le murature portanti, a volte anche in assenza di danni apparenti a queste ultime. Al contrario, fabbricati di analoga tipologia ma recentemente consolidati non hanno mostrato danneggiamenti, a volte a fianco di analoghi fabbricati fortemente danneggiati o completamente crollati. Gli edifici in muratura di mattoni o di tufo raramente hanno evidenziato danni significativi.

Per quanto concerne i fabbricati in struttura portante in calcestruzzo armato, i collassi di edifici dovuta al sisma sono da associare a problemi di cattiva realizzazione (materiali e particolari costruttivi) o errori di tipo progettuale. Nella prima categoria sono compresi fabbricati realizzati negli anni '50- '60 o antecedenti, Fig. 41. Calcestruzzi con grandi porosità e legante quasi assente, barre lisce e staffatura carente. Ci sono stati crolli anche di strutture recenti, imputabili, viste le attuali normative, a errori progettuali.

Fig. 41 - Edificio di recente costruzione lesionato a L'Aquila, giugno 2010

4.5.2. Tipologie costruttive dei fabbricati colpiti dal sisma

Schema A _

- Struttura portante in pietra locale o in blocchi di tufo
- Solaio composto da struttura primaria e secondaria in legno
- Solaio di copertura in legno con manto a più strati in coppi

Schema B _

- Struttura portante in pietra locale e mattoni pieni in laterizio
- Solaio composto da struttura primaria in legno e secondaria in legno o in latero cemento con cordoli c.a.
- Solaio di copertura in legno con manto a più strati in coppi o in latero cemento

Schema C _

- Struttura portante in calcestruzzo armato
- Solaio composto da struttura primaria in calcestruzzo armato
- Solaio di copertura in legno con manto a più strati di coppi o in latero cemento

Si può affermare che il sisma ha interessato tutte le tipologie di fabbricati presenti sul territorio abruzzese, (Fig. 42 e 43). Se ne deduce quindi che la classe merceologica delle macerie degli elementi costruttivi è molto eterogenea. Si passa infatti da strutture medievali del centro storico, costituite da sassi e legante a bassa resistenza, a fabbricati recenti, composti in calcestruzzo armato, con presenza quindi di ferro all'interno di pilastri e travi.

A queste tipologie di detriti che costituiscono il maggior parte del volume delle macerie, vanno sommati tutti gli arredi interni, dalle pavimentazioni ai vari impianti passando per elettrodomestici e mobili con relativi accessori che vanno così a completare la vasta gamma di prodotti presenti in un fabbricato. Dovremo tener conto quindi della ceramica, plastica, carta, legno, vetro e quant'altro costituisca i materiali utilizzati per la fabbricazione di tale oggettistica. Come già accennato nel precedente capitolo, il materiale da smaltire spazia quindi in tutte le varie categorie di rifiuto derivante dalla demolizione.

In prima battuta si può anche osservare la composizione media dei rifiuti provenienti dal centro Italia che possono essere una buona approssimazione del materiale che potremmo avere di fronte. Da uno studio dell'ANPAR, associazione nazionale produttori aggregati riciclati datata 2004, che ha preso come campione tutti gli impianti presenti sul territorio dell'Italia centrale, (Fig. 44).

Fig. 44 – Composizione media del rifiuto trattato nel 2003 dagli impianti situati nel centro Italia
[da “La produzione di rifiuti in Italia”, ANPAR]

4.5.3 Stima generica dei danni

Il sisma che ha interessato principalmente la città dell'Aquila e la sua provincia. La scossa del 6 aprile 2009 ha avuto una magnitudo di 5,8 gradi sulla scala Richter. Essa è stata seguita da numerose repliche, alcune di notevoli intensità, che hanno ulteriormente danneggiato alcune strutture che in qualche modo avevano retto alla scossa principale.

Fig. 45 – Edificio messo in sicurezza nella zona rossa nel centro storico della città del L'Aquila, giugno 2010

Numerosi sono stati i fabbricati interessati dalla catastrofe naturale. Il sisma che ha colpito la città dell'Aquila si è propagato in tutta la provincia, generando danni nei 56 Comuni limitrofi. Oltre 10 mila gli edifici che non hanno superato indenni le scosse e questo ha prodotto un enorme quantitativo di macerie. Difficile una loro stima precisa. La protezione civile, dopo un primo sopralluogo, ha considerato veritiera una forbice che solo per il comune dell'Aquila va da 1,5 a 3 milioni di metri cubi (circa 4,5 milioni di tonnellate). Circa un terzo del totale, vale a dire 1 milione di metri cubi, si trovava sulle strade, mentre 2 milioni sarebbero quelle accumulate all'interno delle case e nei cortili. Un quantitativo considerevole ai quali andrà poi sommato, i detriti e le macerie derivanti dalla demolizione degli edifici non ritenuti più in grado di essere recuperati e rimessi in "attività".

In luglio 2010, il Commissario Delegato per la Ricostruzione Gianni Chiodi ha fornito il dato sulla quantificazione del materiale derivante dai crolli e dalle demolizioni effettuata dall'ITC-CNR sulla base dei dati forniti dai Vigili del Fuoco. I volumi stimati in metri cubi risultano compresi tra 2.000.000 – 2.650.000 sull'intero cratere sismico, mentre nel Comune dell'Aquila la valutazione oscilla tra 1.125.640 e 1.305.617 mc. I numeri dei Vigili del Fuoco sono riferiti sulla base di alcune demolizioni effettuate nella frazione aquilana di Bagno. Il Cnr, invece, ha elaborato i numeri presenti nel database delle circa 73mila schede Aedes (sui danni agli edifici) estraendo i dati volumetrici, e l'estensione del danno.

Ambito Territoriale	Stima media delle macerie in mc	Localizzazione	Deposito Provvisorio Materiali lapidei	Stoccaggio	Trattamento	Ripristino Ambientale	Discarica sovvalli	Comuni
L'Aquila	1.305.617	Ex. Teges	Si	Si	Si, Impianto fisso o mobile	Si	No	L'Aquila e frazioni
Comuni Basso Aquilano e Piana di Navelli	339.186	Barisciano	Si	Si	Si, Impianto fisso	No (Teges)	Si	Barisciano, Caporciano, Fontecchio, Fagnano, Fossa, Navelli, Ocre, Ovindoli, Poggio Picenze, Prata d'Anzidonia, Rocca di Cambio, Rocca di Mezzo, San Demetrio né Vestini, Sant'Eusanio Forconese, San Pio delle Camere, Santo Stefano di Sessanio, Villa Sant'Angelo.
Comuni Valle Aterno e Subequana	130.033	Goriano Sicoli	Si	Si	Si, Mobile	Si	No	Acciano, Castel di Ieri, Castelvecchio Subequo, Cocullo, Collanermele, Bugnara, Gagliano Aterno, Goriano Sicoli, Tione degli Abruzzi.
Pizzoli e comuni Alto Aquilano	163.054	Pizzoli	Si	Si	Si, Mobile	Si	No	Barete, Cagnano Amiterno, Campostoto, Capitignano, Montereale, Lucoli, Pizzoli, Scoppito, Tomimparte
Valle del Tirino	114.782	Capestrano	Si	Si	Si, Mobile	Si	No	Brittoli, Buzzi sul Tirino, Capestrano, Carapelle Calvisio, Castelvecchio Calvisio, Castel del Monte, Civitella Casanova, Cugnoli, Montebello di Bertona, Ofena, Popoli, Torre de' Passeri, Villa Santa Lucia.
Isola del Gran Sasso	71.918	Isola del Gran Sasso	Si	Si	Si, Mobile	Si	No	Arsita, Castelli, Colledara, Fano Adriano, Montorio al Vomano, Penna Sant'Andrea, Pietracamela, Tossicia.

Tab. 5 – Stima Vigili del Fuoco macerie nel cratere coinvolto dal sisma, luglio 2010

[tratta da "Macerie Anno Zero"]

Al termine delle attività di verifica per la stima dei danni svolte dai Vigili del Fuoco, Fig. 46, e dalla Protezione Civile, su un totale di circa 75000 edifici, da quanto appreso dalla relazione sullo stato di ricostruzione presentata dal Commissario Delegato per la ricostruzione Gianni Chiodi in novembre 2010, risulta che:

- in merito agli edifici privati il 52% è risultato agibile (classificazione A), il 16% parzialmente o temporaneamente inagibile (classificazione B o C) il 32% inagibile (classificazione E o F): pertanto circa 23000 edifici sono risultati gravemente danneggiati e 11000 mediamente danneggiati;
- per gli edifici pubblici il 54% è risultato agibile (classificazione A), il 25% parzialmente o temporaneamente inagibile (classificazione B o C) il 21% inagibile (classificazione E o F): pertanto circa 470 edifici sono risultati gravemente danneggiati e 550 mediamente danneggiati;
- per il patrimonio culturale il 24% è risultato agibile (classificazione A), il 22% parzialmente o temporaneamente inagibile (classificazione B o C) il 54% inagibile (classificazione E o F): pertanto quasi mille edifici di interesse storico, artistico o culturale hanno evidenziato danni gravi.

Tali dati ci mostrano la gravità della situazione, creatasi dopo il terribile evento sismico. I danni hanno soprattutto riguardato i tessuti urbani di elevato pregio storico e culturale come il centro storico della città de L'Aquila e della provincia.

Figura 46 – Vigili del Fuoco in fase di carico di macerie nel centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

4.6 Iter procedurale messo pratica dagli organi competenti

4.6.1 Dal 6 aprile 2009 al 25 marzo 2010

A seguito dell'evento sismico del 6 aprile si è posto l'interrogativo su come rimuovere le macerie da crolli e demolizioni causate dal sisma aquilano, necessaria anche ai fini del ripristino della viabilità dei centri urbani e per l'accesso agli edifici che necessitano di interventi tecnici urgenti.

In considerazione della grande quantità ed eterogeneità di materiali da trattare nell'ambito di un particolare contesto emergenziale e a fronte di un disposto normativo in materia ambientale, in riferimento europee, che non prevede alcun tipo di specifiche in caso di emergenza, sono stati trattati secondo la disciplina prevista dal testo unico dell'ambiente precedentemente menzionato e riportato in alcune sue parti significative. Inoltre, tramite il Decreto Legislativo del 28 aprile 2009, n. 39, convertito in Legge 24 giugno 2009, n. 77, nel paragrafo 9 si sono date le prime specifiche sul trattamento del rifiuto "maceria".

Nel Decreto Legislativo, menzionato integralmente nella tesi al articolo 9, i materiali derivanti da crolli e demolizioni degli edifici pubblici e privati danneggiati dal sisma del 6 aprile 2009 e limitatamente alle fasi di rimozione e trasporto, sono stati qualificati come rifiuti urbani, quindi contrassegnati con il codice CER 20.03.99.

I rifiuti derivanti da crolli e demolizioni nonché da ristrutturazioni immobiliari, sono stati suddivisi in una prima fase in tre flussi principali:

- i rifiuti derivanti da crolli e demolizioni, ovvero quelli provocati dagli effetti del sisma del 6 aprile e della conseguente sequenza sismica, nonché quelli derivanti dagli abbattimenti determinati con Ordinanze sindacali o da interventi di somma urgenza e soccorso tecnico, coordinati dal Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco;
- i rifiuti prodotti a seguito delle ristrutturazioni immobiliari da imprese e ditte incaricate da privati;

- i rifiuti derivanti da lavori di piccola entità svolti direttamente da privati senza affidamento a imprese o ditte specializzate

Ai materiali della prima casistica e limitatamente alle fasi di rimozione e trasporto, è stata assegnata la qualifica di rifiuti urbani e il codice CER 20.03.99, considerata l'impossibilità di attribuire un codice che potesse identificare con certezza la massa eterogenea costituita non solo da rifiuti inerti, ma anche da arredi, apparecchiature elettriche e elettroniche, attrezzature e beni presenti negli edifici al momento del sisma.

Per la gestione di tali materiali, con proprio provvedimento, il Comune ha individuato un sito dove collocare i rifiuti sopra citati e, a tale scopo, ha provveduto per la realizzazione, da parte di ditte scelte, con procedure di urgenza, di un impianto di deposito temporaneo. Tali materiali, una volta selezionati in parti omogenee e qualificati con codici CER appropriati, per quanto possibile, sono stati poi inviati prioritariamente a recupero e successivo smaltimento in centri specializzati.

Per i rifiuti derivanti dalla ristrutturazione/ricostruzione degli edifici pubblici e privati, il produttore non è stato individuato nel Comune. Pertanto, le imprese e le ditte che hanno eseguito i lavori per conto di privati soggetti dovevano possedere i requisiti di legge per la gestione dei rifiuti, ovvero essere iscritte all'Albo nazionale dei gestori ambientali per le categorie di riferimento.

Le macerie, in questo caso qualificate come speciali, dovevano essere gestite nell'ambito del circuito ordinario di recupero/smaltimento ai sensi e con le modalità stabilite della normativa vigente, assegnando i codici CER appartenenti al capitolo 17 dell'allegato D della Parte IV del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. Pertanto, l'impresa che gestiva i rifiuti speciali non poteva conferirli ai soggetti che gestivano il servizio pubblico di raccolta dei rifiuti urbani, salvo stipula di specifica Convenzione, ma doveva depositarli in apposite aree.

Da un punto di vista operativo la rimozione e il trasporto dei materiali suddetti erano affidati dai Comuni, qualificati come produttori dei rifiuti, a ditte in possesso dei necessari titoli abilitativi ovvero iscritte all'Albo nazionale dei gestori dei rifiuti in categoria 4 e/o 5 in procedura ordinaria.

L'ingresso nelle aree interdette alla libera circolazione, ovvero le così dette "Zone Rosse", Fig. 47, erano invece sotto il coordinamento del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco, che provvedeva inoltre a segnalare le zone per le quali era stato richiesto un intervento prioritario di rimozione delle macerie

Fig. 47 – Zona rossa città dell'Aquila, situazione al 23 dicembre 2009
[da "Comune dell'Aquila"]

4.6.1.1 Sito di stoccaggio temporaneo: la cava ex Teges

Il primo sito allestito nelle aree interessate dall'evento sismico è stato quello della cava ex Teges a Paganica, località Pontignone, frazione del Comune de L'Aquila (Fig. 48 e 49). A seguito dell'attività di verifica il Comune dell'Aquila ha affidato provvisoriamente la realizzazione e la gestione del sito di deposito temporaneo alla società T&P Srl, proprietaria del sito stesso.

I conferimenti dei rifiuti, iniziati il 2 luglio 2009, sono stati interrotti il 16 luglio 2009 ovvero dopo che la stessa amministrazione comunale ha riscontrato l'impossibilità tecnico – amministrativa di affidare in via definitiva alla T&P la gestione del sito. A tale data risultavano conferiti circa 4.700 tonnellate di rifiuti.

Il Commissario delegato Gianni Chiodi ha provveduto a utilizzare in via d'urgenza il sito ex Teges a favore del Comune dell'Aquila, che è stato autorizzato ad affidare la gestione del sito all'ASM Spa, società in house della stessa Amministrazione. Nel complesso la superficie utilizzabile per le attività di deposito e selezione dei rifiuti è pari a circa 10.000 mq. Su tale area, dopo una pesatura del materiale conferito alla stessa, le macerie venivano scaricate e manualmente avveniva la selezione in frazioni omogenee di prodotti conferiti in appositi cassoni scarrabili, (Fig. 50).

Su tale area di circa 10.000 mq, venivano trasportati tutte le macerie recuperate e, una volta scaricate, manualmente venivano separate in frazioni omogenee di prodotto.

Fino al 25 marzo 2010, data nella quale il Comune dell'Aquila ha emanato una nuova Ordinanza in materia di smaltimento e separazione, in tale area venivano smaltite dalle 400 alle 500 tonnellate al giorno di macerie, ovvero dai 300 ai 380 mc di materiale, essendo 1.3 il valore tonnellata / mc stabilito dal prezzario ufficiale della Regione Abruzzo.

Fig. 49 – Ingresso area Ex Teges, giugno 2010

Figura 50 – Cumoli di macerie e cassoni scarrabili con materiale omogeneo, giugno 2010

4.6.2 Dal 25 marzo 2010 a oggi

Con l'ordinanza sindacale n. 360 del 25 marzo 2010, il Comune dell'Aquila ha cambiato la gestione delle macerie. Al posto di mandare tutte le macerie indifferenziate presso l'area dell'ex Teges, ora vengono preselezionate attraverso l'istallazione di cassoni scarrabili all'interno della zone rosse cittadine o nelle immediate vicinanze.

Questo perché durante le attività di messa in sicurezza dei fabbricati si è verificata una produzione eccessiva di rifiuti derivanti dal crollo o dalle demolizioni connesse con la messa in sicurezza dei fabbricati, classificabili in rifiuti ingombranti, Raee (Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche), inerti, metalli, ecc). Oltre a questi sono stati depositati dalle imprese incaricate dei puntellamenti in modo incontrollato sul suolo pubblico, degradando l'area circostante e con possibili rischi per la salute pubblica e l'ambiente. Preso atto di questa situazione il Comune ha così deciso di cambiare metodologia di raccolta e smaltimento.

In seguito a sopralluogo eseguito in data 19 marzo 2010, congiuntamente dal Personale dei Vigili del Fuoco, dal personale del Comune dell'Aquila – Servizio Emergenza e Ricostruzione, dal personale del Comune dell'Aquila – Servizio Energia, Ecologia e Patrimonio Naturale, dal personale e amministratori Società ASM SpA, dal personale incaricato del Ministero dell'Ambiente e dal personale SOGESID SpA, sono state individuate n° 7 aree sulle quali ubicare i cassoni scarrabili per i rifiuti selezionati per categorie omogenee.

La gestione e l'allestimento di tali "punti di conferimento", Fig. 51, è stata affidata all'ASM Spa che è anche la responsabile del corretto funzionamento degli stessi. L'operatore della Società ASM SpA è inoltre tenuto ad accettare il conferimento dei rifiuti, preliminarmente separati da parte delle Ditte incaricate dall'Amministrazione Comunale delle demolizioni e /o svuotamenti per la messa in sicurezza dei fabbricati, solo dopo che i funzionari della Soprintendenza per i Beni Culturali abbiano dato il loro assenso alla rimozione;

Di seguito i 7 punti di conferimento all'interno della "Zona Rossa" del Comune de L'Aquila.

N.	Zona	Proprietà	Stato superficie
1	Piazza Chiarino	Comune	Pavimentata
2	Piazza San Silvestro	Comune	Pavimentata
3	Piazza Fontesecco e Via Sallustio	Comune	Pavimentata
4	Via delle Bone Novelle	Comune	Pavimentata
5	Via Sant'Agostino	Comune	Pavimentata
6	Viale Duca degli Abruzzi	Comune	Pavimentata
7	Piazza della Lauretana	Comune	Pavimentata

Fig. 51 - Indirizzo e planimetria dei punti di raccolta
[tratta da "Ordinanza sindacale n. 360 del 25-03-2010"]

Nelle aree prese in considerazione dall'ordinanza possono accedere direttamente solo le ditte private incaricate dal Comune dell'Aquila della messa in sicurezza e delle demolizioni dei fabbricati danneggiati dall'evento sismico del 6 aprile 2009. Oltre a tutti i soggetti incaricati a diverso titolo dall'Amministrazione Comunale della rimozione delle macerie come sopra definite.

Per quanto riguarda l'accesso, nella aree è consentito il transito con automezzi secondo le indicazioni dell'operatore di ASM così da garantire un più tranquillo e corretto controllo delle operazioni di scarico. Le attività di selezione e conferimento separate nei cassoni scarrabili destinati ad evacuare le macerie derivanti dai crolli e dalle demolizioni, devono essere fatte a cura delle Ditte Private e con il controllo della Società ASM SpA. La regolarità di tale attività sarà assoggettata alla vigilanza della Sovrintendenza, della ASL, dell'ARTA Abruzzo e degli Organi di Vigilanza. In assenza del personale ASM addetto alle attività di controllo e in assenza delle attività di vigilanza degli organi sopra citati, è vietato conferire nei cassoni alcun materiale.

Si riportano, solo a titolo di informazione, gli obblighi del gestore delle suddette aree.

- I. Il gestore deve vigilare affinché siano conferite solo le tipologie di rifiuti di cui ai successivi capitoli 5, e 6. In caso di accertata presenza di rifiuti pericolosi lo stesso gestore è tenuto alla loro gestione secondo le disposizioni vigenti.
- II. Deve essere previsto un idoneo sistema di protezione dei rifiuti dagli agenti atmosferici in particolare per i rifiuti pericolosi;
- III. Devono essere presi tutti gli accorgimenti, anche nelle operazioni di movimentazione, per evitare la dispersione dei rifiuti nell'ambiente circostante;
- IV. Non è consentito il deposito dei rifiuti sul suolo;
- V. Il gestore deve adottare ogni cautela e precauzione per evitare abbandoni di rifiuti all'esterno delle aree;
- VI. Il gestore dovrà utilizzare cassoni scarrabili a tenuta per le diverse frazioni merceologiche che verranno conferite nei siti;
- VII. Il gestore deve prevedere un rapido ciclo di prelievo, affinché la permanenza dei rifiuti nei siti sia ridotta al minimo;

VIII. Sia realizzata una vigilanza continua sul materiale depositato, (rigorosamente non putrescibile, né tossico-nocivo), ovvero sull'accesso di animali randagi o di roditori;

IX. Le quantità di rifiuti conferiti dovrà essere registrata quotidianamente, per tipologia;

X. Restano fermi gli obblighi del gestore in materia di rimozione dei rifiuti giacenti sulle vie e sulle piazze di cui alle disposizioni contenute nella disposizione Commissariale del 18 marzo 2010.

Come detto, il materiale deve quindi essere selezionato all'origine secondo le modalità stabilite prima di essere trasportato nei siti di stoccaggio o riciclaggio.

Le tipologie di rifiuti che possono essere conferite presso l'area di raccolta sono:

- Metalli;
- Rifiuti ingombranti di impiego esclusivamente domestico (es. mobili, tavoli);
- RAEE (rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche)
- Inerti derivanti da attività disposte dall'Amministrazione Comunale, relative alle demolizioni ed allo svuotamento degli immobili danneggiati dal sisma per la loro messa in sicurezza;

Non sono considerati rifiuti i beni di interesse architettonico, artistico e storico.

METALLI

Nel cassone dei metalli vanno depositati solo oggetti fatti esclusivamente in ferro o metalli in genere. Eventuali oggetti composti con parti metalliche vanno gettati negli “Ingombranti”. È vietato lo smaltimento di componenti di veicoli.

Sotto, Fig. 52, il punto di raccolta n. 2, Piazza San Silvestro, posto nel centro storico della città de L’Aquila, nel centro storico del capoluogo.

Fig. 52 – Punto di raccolta n.2, Piazza San Silvestro, giugno 2010

MATERIALI INERTI

Nel cassone dei materiali inerti (Fig. 53 e 54) vanno depositati solo rifiuti derivanti da attività autorizzate dal Comune, relative alle demolizioni ed allo svuotamento degli immobili danneggiati dal sisma per la loro messa in sicurezza. E' severamente vietato conferire materiale contenete amianto che deve essere smaltito, secondo le vigenti normative, da ditte specializzate.

Fig. 53 - Cassone contenenti inerti, zona rossa centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

Fig. 54 - Cassone scarrabile per inerti, zona rossa centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

INGOMBRANTI

Nel contenitore degli ingombranti, Fig. 55, devono essere depositati, per esclusione, i rifiuti che non vanno in nessuno degli altri contenitori quali ad esempio:

- Pannelli ed infissi
- Elementi d'arredo
- Mobili (possibilmente smontati per ridurne il volume)
- Divani, materassi e imbottiture naturali e sintetiche
- Reti per letti
- Pentole
- Specchi
- Damigiane e grosse taniche
- Tappezzerie, moquette, linoleum
- Oggetti in pelle e similpelle
- Oggetti in tessuti e tessuti non tessuti
- Giocattoli, ad eccezione di quelli rientranti nella tipologia successiva

Fig. 55 – Cassone scarrabile con ingombranti, zona rossa centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

RAEE (rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche)

Essi andranno depositati nell'apposito contenitore e sono:

- Frigoriferi e congelatori
- Cucine
- Lavastoviglie
- Lavatrici
- Televisori
- Computer, stampanti, fax, ecc
- Telefoni e cellulari
- In genere tutti gli oggetti elettrici.

In Fig. 56 il punto di conferimento n. 7, Piazza della Laurentana, situato nella zona rossa del centro storico della città de L'Aquila.

Fig. 56 – Punto di conferimento n. 7, Piazza della Laurentana, zona rossa centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

I rifiuti in uscita dai “punti di conferimento” (Fig. 57) sono poi avviati agli impianti autorizzati di deposito temporaneo/stoccaggio provvisorio, recupero o smaltimento.

Le macerie così separate all’origine vengono poi, come appena detto, trasferite in appositi centri di recupero. Per quanto riguarda i metalli, ingombranti e RAEE essi vengono trasportati in appositi siti di trattamento per poi essere recuperate.

Diversa invece la situazione per gli inerti che vengono invece conferiti ancora presso l’area dell’ex cava Teges. Dall’ordinanza in poi, il quantitativo di inerte trasferito alla cava è in media di 150 t al giorno, ovvero di circa 115 mc di materiale inerte che resta così temporaneamente depositato in cava.

Fig. 57 – Punto di conferimento n. 5, Via Sant’Agostino, zona rossa centro storico della città de L’Aquila, giugno 2010

4.6.3 Crolli che hanno causato vittime

Alcune macerie però non possono essere trattate come nei casi precedenti. Dove infatti il sisma ha prodotto dei morti, le macerie dell'immobile o della struttura che hanno causato l'evento funeste non possono essere spostate ma, una volta estratti i corpi, devono essere racchiuse in una speciale area sottoposta a sequestro da parte della Magistratura (Fig. 58 e 59), che, una volta stabilita la natura del crollo e i possibili responsabili, provvederanno a smaltirle in accordo con gli organi competenti.

Fig. 58 - "Casa dello studente" e relative macerie poste sotto sequestro, zona rossa centro storico della città de L'Aquila, giugno 2010

Fig. 59 - Altre macerie vincolate dalla Magistratura, zona rossa L'Aquila, giugno 2010

4.7 Proposta di modello gestionale

4.7.1 Tipologia di maceria

Il primo aspetto operativo riguarda l'analisi delle varie tipologie di materiale che noi consideriamo "macerie", e quindi parte integrante del nostro elaborato di tesi.

Il sisma ha causato una moltitudine di danni facendo crollare molti edifici, in modo parziale o totale. Ma non solo. Molti edifici infatti, come mostrato in Fig. 60, mostrano solo dei danneggiamenti che hanno colpito più l'estetica e la funzionalità che la sostanza, ovvero la struttura portante dell'edificio. In questi immobili si provvederà quindi a fenomeni di ristrutturazione ma non entreranno a far parte delle "macerie" prese in considerazione dal nostro elaborato perché frutto di altre considerazioni e con volumi molto differenti, e poco quantificati, di quelli presi in considerazione fin ora.

Fig. 60 – Danni interni edificio da ristrutturare, città L'Aquila, giugno 2010

Da questa valutazione, prenderemo in considerazione come macerie soggette allo smaltimento derivanti da:

- Crollo totale di edificio, Fig. 61
- Crollo parziale di edificio, Fig. 62
- Messa in sicurezza dei fabbricati, Fig. 63
- Edifici lesionati in modo grave alla struttura portante, Fig. 64

Fig. 61 – Crollo totale di un fabbricato in una zona extraurbana della città de L'Aquila, giugno 2010

Fig. 62 – Crollo parziale di un fabbricato in una zona rossa della città de L'Aquila, giugno 2010

Fig. 63 – Messa in sicurezza di un edificio in una zona
rossa della città de L'Aquila, giugno 2010

Fig. 64 – Edifici lesionati in modo
grave alla struttura portante,
destinati a essere demoliti,
città de L'Aquila, giugno 2010

Quest'ultima tipologia di edifici possono essere considerati maceria infatti, avendo subito danni permanenti e gravi alla struttura portante, sono inutilizzabili e quindi possono essere solo demoliti.

4.7.2 Aree di stoccaggio

La ricerca delle aree di primo stoccaggio sono il primo aspetto operativo da tenere in considerazione, oltre alla valutazione della tipologia del materiale e delle sue quantità. La loro definizione è importante al fine di poter muoversi con un consono iter procedurale che porti alla cernita della migliore tecnica ma soprattutto tecnologia di smaltimento delle macerie.

Per quanto riguarda una generica situazione sismica, l'ambito lavorativo da prendere in considerazione è sicuramente il contesto urbano. Il sisma infatti genera i suoi effetti più negativi nel cuore delle città, nei centri storici, dove le costruzioni più antiche sono vulnerabili alle sollecitazioni del terremoto.

Le aree quindi utilizzabili per un primo smaltimento nei centri storici sono le piazze delle città, dove è possibile svolgere più processi lavorativi in piena sicurezza data l'elevata superficie di manovra. Quindi tutto il materiale da trattare deve essere trasportato in queste aree dove avverrà, a seconda delle esigenze, una prima selezione.

Se ci spostiamo in ambito extraurbano invece la situazione cambia. Le costruzioni edili sono infatti distanziate solitamente a norma di legge. Le strade di accesso sono ampie e, con la possibilità molto elevata di trovare parcheggi nelle adiacenze degli edifici, gli spazi di manovra per la raccolta, la cernita e il trasporto del materiale non dovrebbero essere un problema rilevante.

Sono anche da stabilire la collocazione delle aree di stoccaggio temporaneo dove poter trasportare, depositare e gestire tutto il quantitativo di macerie provenienti dalla città. Per quanto riguarda il caso studio de L'Aquila sono state individuate 2 aree, Fig. 65, dove poter smaltire la considerevole mole di macerie prodotte dall'evento sismico del 6 aprile 2009 e successive scosse di assestamento.

Fig. 65 – Aree selezionate per lo stoccaggio temporaneo delle macerie

In blu, l'area Ex Teges, a Paganica località Pontignone, frazione del Comune de L'Aquila, già utilizzato dagli enti preposti allo smaltimento di cui abbiamo già parlato precedentemente.

In rosso invece, il “nuovo” sito preso in considerazione, nella zona Industriale di Bazzano (Fig. 66), già selezionata dalla Commissione per la ricostruzione della città come una delle possibili aree di stoccaggio temporaneo del materiale.

Fig. 66 – Aree selezionate per lo stoccaggio temporaneo delle macerie

L'area presa in esame ha una superficie di 30.000 mq utilizzati a impianto fisso per il confezionamento di calcestruzzo di proprietà privata della ditta SICABETON Spa (Fig. 67).

Fig. 67 - Impianto fisso confezionamento di calcestruzzo, ditta Sicabeton Spa

La restante superficie invece, di circa 80.000 mq è inutilizzata, in parte dismessa come zona di stoccaggio di materiale di provenienza dalla cava della ex Teges, (Fig. 68 e 69).

Fig. 68 e 69 - Area dismessa nella zona Industriale di Bazzano, frazione del Comune de L'Aquila

4.7.3 Tipologia di intervento

Analizzando il problema in dettaglio, ci si accorge che è necessario suddividere l'analisi dello smaltimento delle macerie a seconda dell'ambiente in cui ci si trova, ovvero centro storico oppure area urbana.

In particolare, si potrebbe suddividere il territorio aquilano in 3 grandi macroaree (Fig. 70).

Fig. 70 – Suddivisione in macroaree della zona aquilana

Zona A, centro storico, città L'Aquila

Zona B, area urbana, con distanza media inferiore ai 10 Km dalle 2 area di stoccaggio temporaneo individuate

Zona C, area urbana, con distanza media superiore ai 15 Km dalle 2 area di stoccaggio temporaneo individuate

4.7.4 Metodologia di intervento

Come si evince dall'analisi precedente, ci si trova di fronte a 2 tipologie di intervento differente. Uno smaltimento in area urbana, residenziale o industriale di concezione moderna, e una, la zona A, di centro storico, con una limitata possibilità di movimento di macchine e attrezzature.

Si è quindi deciso di procedere in modo differente a seconda dell'area di intervento.

4.7.4.1 Smaltimento in ambito urbano - zona B e C

In questa situazione ci troviamo in un contesto ancora di città, dove però sia la densità abitativa che le vie di accesso non risultano essere un grosso problema. In queste aree infatti, di costruzione di norma abbastanza recenti, le abitazioni dispongono di un consistente spazio tra loro e la presenza di parcheggi e vie di accesso a norma di Legge consentono una buona movimentazione di macchine e persone. In questa situazione quindi la tipologia di intervento da utilizzare si distingue unicamente dalla tipologia di danno che ha colpito la struttura. In ogni caso però, a sia a demolizione parziale che totale, avrò bisogno molto spesso di un escavatore che frantumi il materiale di pezzatura grossa per poter essere facilmente trasportato all'impianto di stoccaggio e recupero del materiale inerte.

Se l'edificio è crollato a causa della scossa tellurica, l'area dell'immobile demolito si presenterà come un accumulo indifferenziato di materiale eterogeneo. Per questo motivo sarà possibile installare un sistema escavatore – nastro trasportatore – autocarro con il quale poter eliminare in modo celere ed economico le macerie prodotte.

In tale sistema, l'escavatore attraverso una benna rovescia raccoglie le macerie versandole su un nastro trasportatore di circa 5 metri, dove si potrà effettuare la separazione manuale degli effetti personali da parte dei proprietari dello stabile coinvolti dalla crollo dello stabile.

Il materiale, così asportato dagli affetti personali, verrà poi caricato direttamente sul cassone di un autocarro posto all'estremità di un secondo nastro trasportatore che avrà la funzione di portare il materiale all'altezza del cassone dell'autocarro che provvederà poi a trasportare il residuo presso il sito di stoccaggio temporaneo più vicino o a un centro per l'accumulo e smistamento manuale delle macerie ad opera di personale qualificato.

Quindi, nella suddivisione nella 4 fasi, si avranno:

a) Fase di Installazione del Cantiere

- Delimitazione fisica del cantiere al fine di limitare l'ingresso ai non addetti;
- Trasferimento dei mezzi da lavorazione e da movimento terra, installazione del nastro trasportatore;
- Fornitura di acqua per uso di cantiere (bagnatura cumuli dei materiali da lavorare e lavorati) e energia elettrica;

b) Fase di Ricezione macerie

- In caso di necessità, quindi in caso di demolizione parziale o demolizione di edificio a causa della sua rovina della struttura portante, frantumazione delle pezzature di grossezza superiore alla massima dimensione di carico della tramoggia di carico, tramite idonea strumentazione (escavatore meccanico con pinza o martellone o cesoie)

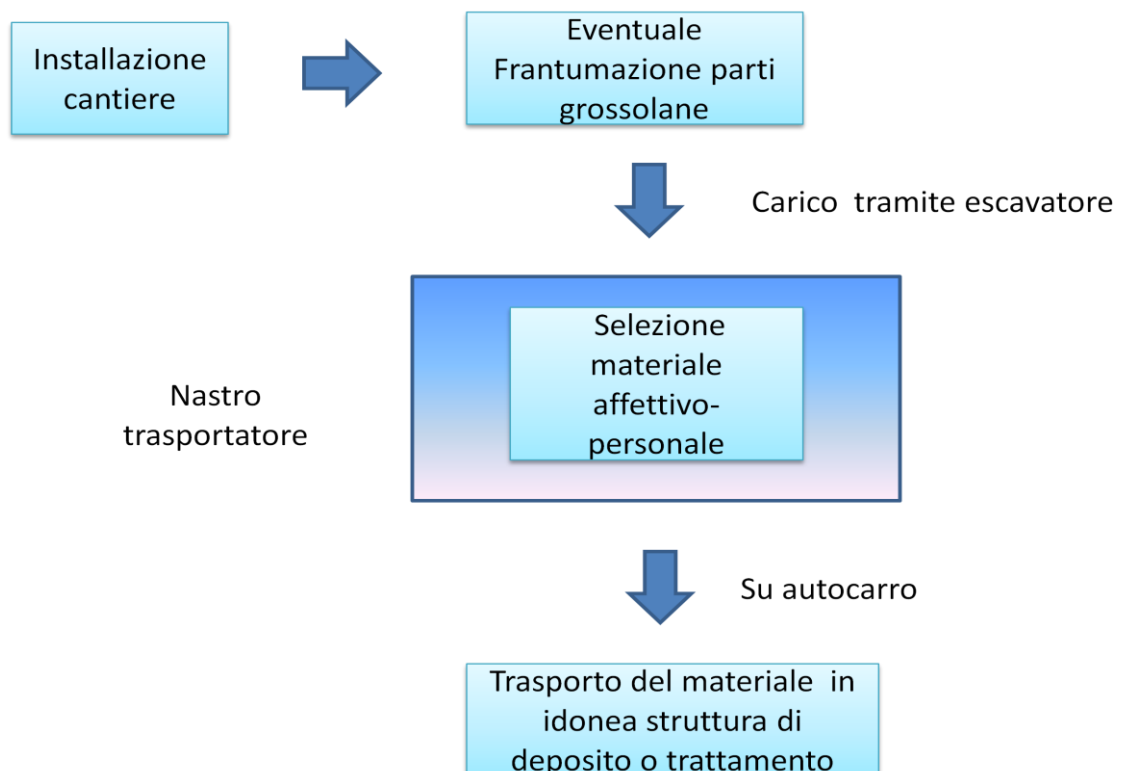
c) Fase di Lavorazione e Macinazione

- Bagnatura dei cumuli per contenere il sollevamento di polveri per azione del vento e per azione meccanica in fase di successiva lavorazione.
- Caricamento della tramoggia per avviare selezione manuale di materiale affettivo-personale da parte dei privati coinvolti nel crollo dell'edificio a causa dell'evento tellurico. Fase sorvegliata da agenti di polizia. Alcuni addetti specializzati si occuperanno dell'eliminazione di materiali tossici come eternit e piombo, se presenti;

d) Fase di Dismissione del cantiere

- Carico della materia prima seconda ottenuta dalla lavorazione per l'avvio al trasferimento in idonea struttura di deposito o trattamento direttamente su autocarro;

Diagramma di flusso.



Di seguito alcune immagini di edifici compromessi in zona urbana dove è possibile utilizzare la metodologia appena descritta. Foto città de L'Aquila, giugno 2010.

Fig. 71 - Edificio crollato

Fig. 72 - lesione grave alla struttura portante

Fig. 73 - Cedimento pilastro

Fig. 74 - Demolizione parziale edificio

4.7.4.2 Smaltimento in ambito di centro storico - zona A

Come già ripetuto più volte nel corso dell'elaborato, il centro storico è il luogo più suscettibile al sisma, ovvero dove si concentrano i maggiori danni a causa della tipologia costruttiva degli edifici spesso in pietra che rendono le strutture poco resistenti all'onda del terremoto. Quindi è in queste aree che si concentrano i maggiori danni e di conseguenza la maggior parte delle macerie. Ma non è l'unico neo. Infatti in questi luoghi, al centro della città, la densità degli edifici è la più alta dell'area urbana e le strade di accesso sono solitamente strette e poco accessibili. Quindi, per un rapido smistamento delle macerie bisogna tener conto di tutti questi fattori che influenzano e non poco le scelte.

Il primo passo è identificare un'area di stoccaggio ampia dove poter iniziare la prima fase di deposito e smistamento delle macerie. In questo contesto urbano quindi devono venire prese in considerazione le Piazze che sono le aree più estese dove solitamente confluiscono le vie principali della città.

A seconda dell'area in esame, si potrà pensare di procedere con un sistema escavatore – nostro trasportatore – autocarro, come visto nel caso precedente, se lo spazio lo consente. Altrimenti, dovendo utilizzare automezzi di piccole dimensioni, risultando poco convenienti lunghi spostamenti, è preferibile convogliare in una Piazza il materiale raccolto. Una volta depositato esso verrà caricato attraverso una pala o escavatore su un nastro trasportatore e selezionato in alcune sue parti, come materiale personale – affettivo e “storico” come pietre di edifici antichi da riutilizzare poi durante la fase di ricostruzione. Alla fine del nastro trasportatore ci sarà un autocarro che provvederà al suo smaltimento nell'area temporanea presa in considerazione.

Se gli spazi sono ampi, si opererà come nel precedente paragrafo. Se invece le vie di accesso sono piccole, quindi servirà l'impiego di macchinari e attrezzature di piccole dimensioni, si procederà nel seguente metodo.

a) Fase di Installazione del cantiere in un'area vasta (es. Piazza)

- Delimitazione fisica del cantiere al fine di limitare l'ingresso ai non addetti;
- Trasferimento dei mezzi da movimento terra, installazione nastro trasportatore;
- Fornitura di acqua per uso di cantiere (bagnatura cumuli dei materiali da lavorare e lavorati) e energia elettrica, riempimento del serbatoio in dotazione al mezzo mobile;

b) Fase di Ricezione macerie

- Accumulo di macerie afferenti da varie parti del centro storico

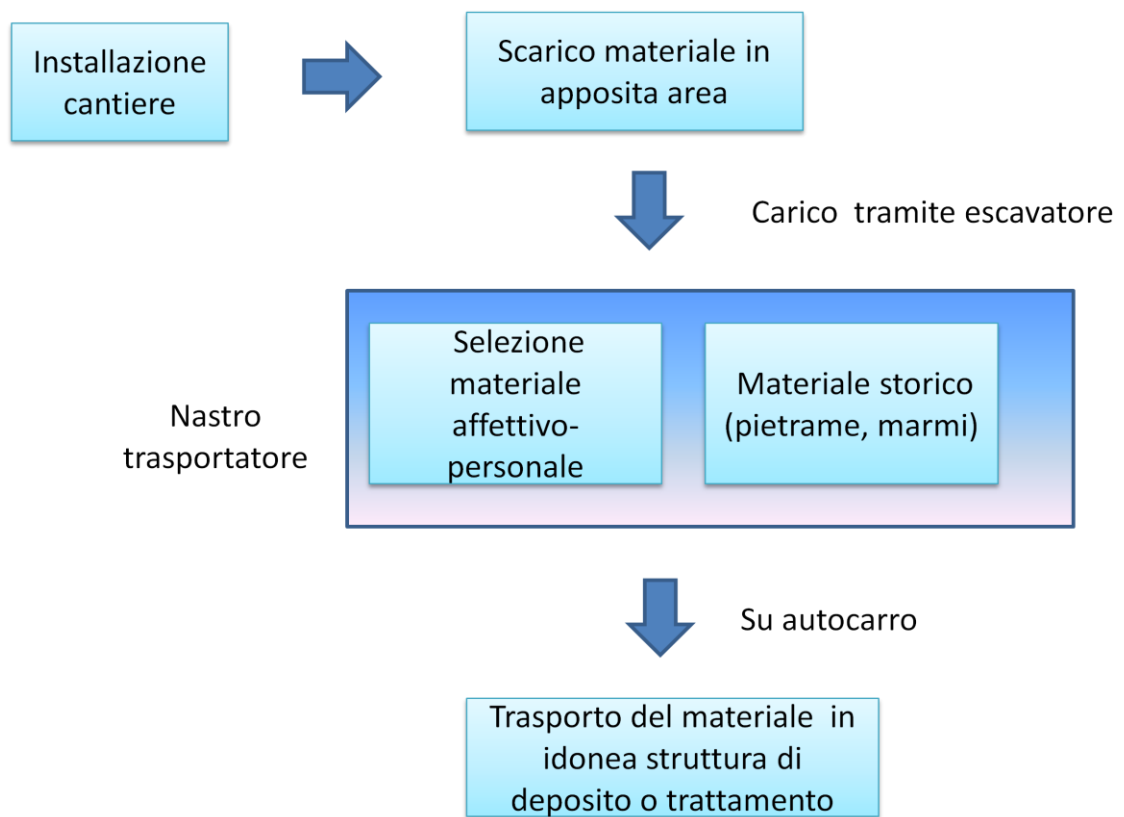
c) Fase di Lavorazione e Macinazione

- Bagnatura dei cumuli per contenere il sollevamento di polveri per azione del vento e per azione meccanica in fase di successiva lavorazione.
- Caricamento della tramoggia per avviare selezione manuale di materiale affettivo, ed eventuale separazione di materiale storico (pietre, marmi) da parte di operatori specializzati.

d) Fase di Dismissione del cantiere

- Carico della materia per l'avvio al trasferimento in idonea struttura di deposito o trattamento su autocarri.

Schema di flusso



Scendiamo ora meglio in dettaglio applicando questa metodologia al caso proprio del centro storico della città dell'Aquila.

Per prima cosa bisogna conoscere il territorio attraverso un sopralluogo e rendersi conto delle priorità e difficoltà proprie della zona.

4.7.4.2.1 Le vie d'accesso

Le strade all'interno del centro storico, come ci si poteva attendere, non sono sempre di facile percorribilità. Si passa infatti da strade larghe e di flusso scorrevole come Federico II con i suoi quasi 10 metri di carreggiata, ai meno 2,40 di altre vie.

Vediamo alcuni esempi.



Fig. 75 – Via Cimino, 5.60 metri



Fig. 76 – Via Collebrincioni, 4 metri

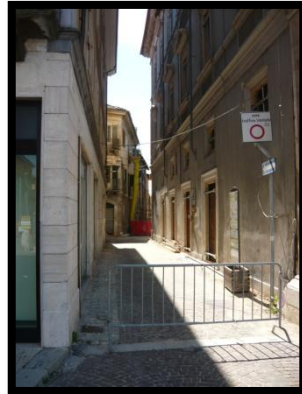


Fig. 77 – Via Crispimonti, 3.5 m



Fig. 78 – Via Marrelli, 4.2 m



Fig. 79 – Via Pizzodoca, 2.5 m



Fig. 80 – Via S. Amico, 2.45 m

Si intuisce fin da ora che per una buona gestione delle macerie si farà uso di macchine e attrezzature di diverse dimensioni a seconda della zona di recupero delle stesse come precedentemente spiegato.

4.7.4.2.2 Area di primo stoccaggio

Dopo un attenta analisi del centro storico, invece, l'unica possibile macroarea destinata ad ospitare questa tipologia di soluzione appena descritta è Piazza Duomo (Fig. 81), che, posizionata a Centro-Sud del centro storico, ha una superficie tale da poter contenere le macchine e le attrezzature necessarie per una corretta cernita dei materiali.



Fig. 81 – Piazza Duomo, centro storico L'Aquila

L'area presa in esame ha 2 grandi vantaggi. Oltre alla grande estensione, circa 70 metri di larghezza per 120 metri lunghezza, quindi una superficie di quasi 8.400 mq, è posizionata nel cuore dell'Aquila toccata da Corso Federico II, la via principale di oltre 10 metri di larghezza, che taglia la città in 2 parti.

Questo fatto risulta molto conveniente poiché tutte le macerie poste nel centro storico possono confluire nella Piazza (Fig. 82), con grande facilità senza creare grosse problematiche e congestioni di uomini e materiali che creerebbero solo una diminuzione di sicurezza e un aumento della possibilità di incidenti.



Fig. 82 – Piazza Duomo, centro storico L'Aquila, veduta da via Federico II, giugno 2010

Il cantiere: Piazza Duomo

Superficie disponibile: 8.400 mq

Larghezza: 70 m

Lunghezza: 120 m

Vie di accesso: Corso Federico II, Via Cimino, Via Crismoponti, Via dell'Indipendenza, Via Cavour, Via dell'Arcivescovado.

Vincoli: 2 monumenti posizionati a circa 15 metri all'interno della Piazza.

Macchine: Escavatori, Autocarri di diverse dimensioni,

Attrezzature: Nastri trasportatori, cassoni scarrabili,

4.7.4.3 Aree di stoccaggio: recupero inerti

In queste aree, ex Teges o centro industriale di Bazzano, confluiranno tutte le macerie provenienti dalla città.

Su tali superficie potranno essere impiantati degli impianti fissi o mobili per il recupero degli inerti, fondamentali per il futuro riutilizzo nella fase di ricostruzione della città.

In prima battuta potremmo utilizzare entrambe le soluzioni, fisse o mobili, ma la prima strada non la prendiamo in considerazione a causa degli alti tempi. Secondo fonti Anpar (associazione nazionale produttori aggregati riciclati) infatti prima di poter procedere con la fase di recupero ci vorrebbero, tra analisi dell'area, permessi, studio di progetto e costruzioni, almeno 10 mesi prima di poter usufruire della struttura. Un tempo troppo elevato. Per cui abbiamo deciso di puntare la nostra attenzione sugli impianti mobili che utilizzerà uno schema di questo tipo.

Scaricate dall'autocarro le macerie, attraverso una pala gommata si procederà a caricare una tramoggia di carico e successivamente, tramite dei nastri trasportatori, il materiale verrà sottoposto alla vagliatura manuale del personale addetto che si occuperà della cernita di tutto il materiale non idoneo alla successiva fase di frantumazione che avverrà poi nel successivo impianto mobile.

Questa fase è molto delicata perché le macerie devono essere epurate da tutte quelle componenti tossiche, come amianto e piombo, eventualmente presenti nelle macerie. Altresì vero che, durante questa fase, avviene anche la separazione della frazione leggera di grosse dimensioni come legno, carta e plastica, e ferro attraverso le operazione manuale oppure con un apposito magnete rotante per la separazione delle componenti ferrose.

Le componenti estratte verranno gettate in appositi cassoni di colore diverso a seconda del materiale prescelto e, una volta riempiti, dovranno essere caricati su camion che provvederanno a trasportare il materiale separato in appositi siti di trattamento specializzato per ogni tipologia di materiale.

Terminato anche il ciclo di selezione del materiale da parte degli operatori, le macerie dovrebbero essere composte in gran parte da materiale inerte, quale calcestruzzo, pietra,

terra, sabbia, ferro di armatura non libera e varie particelle di frazione leggera di piccole dimensioni non vagliata degli operatori. Questo ammasso di macerie deve essere quindi condotta attraverso nastri trasportatori in una tramoggia di carico di un impianto mobile di frantumazione che provvederà a ridurla di volume.

L'impianto mobile di frantumazione dovrà essere provvisto di prevaglio così da favorire la produttività della frantumazione che potrà essere a mascelle o martelli. La scelta dipenderà dalla tipologia di materiale in ingresso che è il fattore principale di usura delle componenti rotative della macchina. Inoltre l'impianto, per una maggior efficacia, dovrà essere in possesso di un nastro magnetico per la separazione della frazione ferrosa presente nel calcestruzzo armato.

Attraverso un impianto di vagliatura ad esso associato, l'inerte verrà suddiviso poi per granulometria per poter essere impiegato come aggregato in un nuovo ciclo produttivo durante la ricostruzione.

Quindi le operazioni da svolgersi saranno principalmente distinguibili in 4 grandi fasi tipo nella quale si svolgeranno una determinata attività:

- Installazione del cantiere
- Ricezione macerie
- Lavorazione e macinazione
- Dismissione del cantiere

e) Fase di Installazione del Cantiere

- Delimitazione fisica del cantiere al fine di limitare l'ingresso ai non addetti;
- Trasferimento dei mezzi da lavorazione e da movimento terra, installazione dei nastri trasportatori, impianto di frantumazione e vagliatura;
- Fornitura di acqua per uso di cantiere (bagnatura cumuli dei materiali da lavorare e lavorati) e energia elettrica, riempimento del serbatoio in dotazione al mezzo mobile;

f) Fase di Ricezione macerie

- Accumulo di macerie previa pesatura

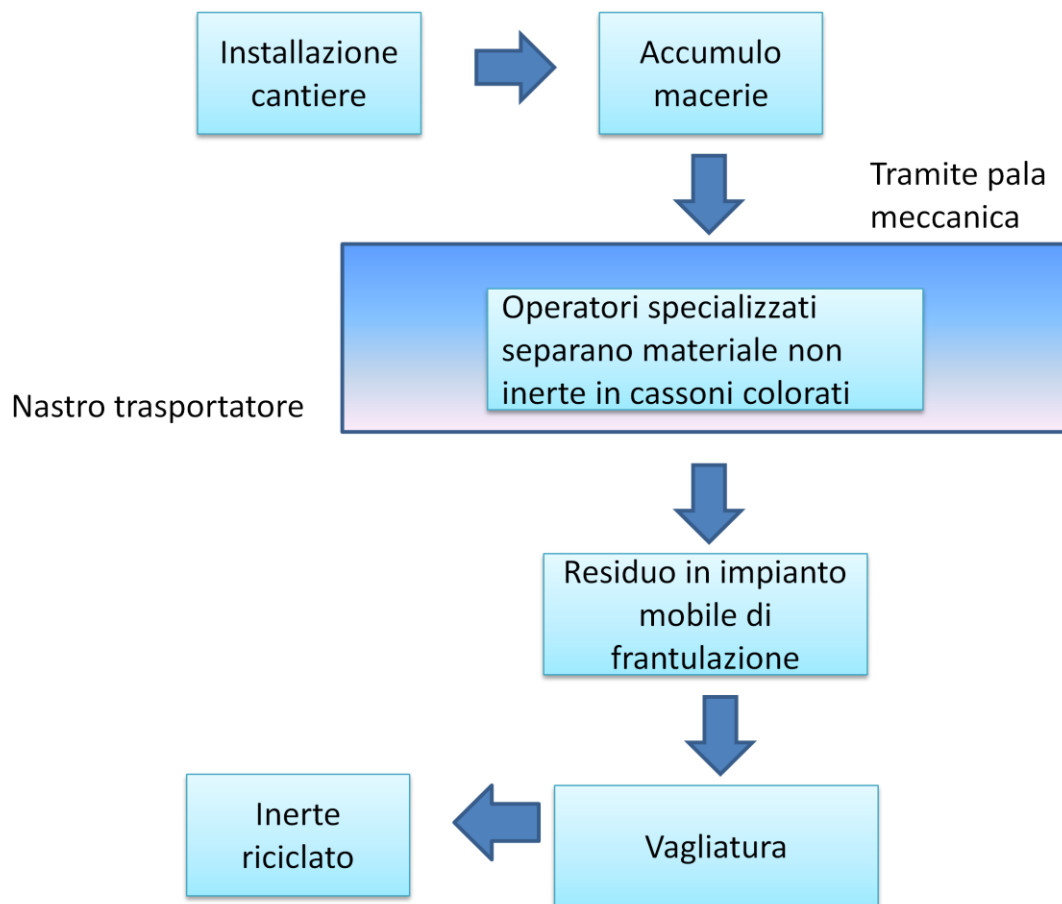
g) Fase di Lavorazione e Macinazione

- Bagnatura dei cumuli per contenere il sollevamento di polveri per azione del vento e per azione meccanica in fase di successiva lavorazione.
- Caricamento della tramoggia tramite pala per avviare selezione manuale di materiale dove operatori specializzati separano manualmente in appositi cassoni colorati le varie tipologie di materiale non inerte presente nelle macerie
- Caricamento del frantoio mobile del materiale residuo;
- Macinazione del materiale tramite frantoio, con operazione di bagnatura garantita dal mezzo in opera
- Vagliatura del materiale frantumato e divisione per granulometria.

h) Fase di dismissione del cantiere

- Carico del materiale per un nuovo riutilizzo del materiale;
- Raccolta dei materiali metallico - ferrosi per l'avvio ad idonei impianti di recupero;
- Raccolta dei materiali non inerti per l'avvio ad idonei impianti di smaltimento;

Schema:



4.7.5 Analisi preliminare: produttività e costi

Valutati i sistemi operativi che andremo ad applicare nelle diverse fasi del sistema, in questa sezione di occuperemo dell'analisi dei tempi e dei costi propri del sistema di smaltimento delle macerie aquilane.

4.7.5.1 Stima macerie

Quantitativo stimato dai VVF e Cnr sull'area aquilana:

massimo	1.305.617 mc
minimo	1.125.640 mc

uso **valore medio** **1.215.690 mc**

4.7.5.2 Produttività di esercizio degli escavatori

Nella scelta di un escavatore è importante conoscere la capacità della benna e l'equipaggiamento del cucchiaio oltre a altre specifiche fornite, in genere fornite dalle ditte costruttrici.

$$P_{teorica} \text{ (m}^3 \text{ / h)} = V \frac{r}{s} \frac{3600}{T_c}$$

Il tempo totale di ciclo T_c dell'escavatore dipende dalle dimensioni della macchina e dalle condizioni di lavoro; valori indicativi in condizioni medie sono riportati nella Tabella 6.

Classe escavatore (t)	15	25	35	56
Tempo medio di ciclo T_c (sec)	15	17	20	23
Tempo di ciclo T_c				

Tab. 6 - tempo di ciclo

dove:

V è il volume al colmo della benna (m^3); r è il coefficiente di riempimento della benna; s è il coefficiente di rigonfiamento del terreno; P_{ott} è la produttività in condizioni standard (dedotta dal costruttore) in m^3/h .

Ipotizziamo una benna rovescia di capacità 1,25 mc e 26 ton di peso, con r pari a 0,95 e s uguale a 1, otteniamo una produzione oraria di 251 mc/h.

Poiché stiamo utilizzando una benna rovescia, moltiplichiamo per 0,8. Poi, per tener conto di eventuali fermi di cantiere e altre incognite diminuiamo del 15% il valore ottenuto.

Valore stimato produttività: **171 mc/h**

4.7.5.3 Produttività di esercizio degli autocarri

Nella produttività dei mezzi di trasporto è importante conoscere la capacità del automezzo e la distanza da essi percorso.

Tc sarà funzione del tempo di carico, scarico e tempi di percorrenza della strada (valori ipotizzati di velocità 40 Km/h a pieno carico; 60 Km/h a vuoto)

Ipotizzando un autocarro 4 assi da 20 mc di capacità di cassone, con distanze variabili a seconda dalla distanza di arrivo all'area di stoccaggio, si trovano

Zona A: 30,4 mc/h

Zona B: 29,61 mc/h

Zona C: 26,82 mc/h

Per un dimensionamento di massima, utilizzo un valore medio:

Produttività autocarro: **28,94 mc/h**

Calcoliamo ora quanti autocarri occorrono affinché l'escavatore lavori a pieno regime:

n. dumper = Produttività escavatore/ Produttività dumper

n. = $171/28,94 = 5,908$ ovvero **6 dumper per escavatore**

4.7.5.4 Produttività pala meccanica

Il ciclo di lavoro delle pale caricatorie è composto da 5 fasi:

1. Carico (T_d);
2. manovra a pieno carico (T_m);
3. trasporto a pieno carico (T_{t1});
4. scarico (T_s);
5. ritorno a vuoto (T_{t2}).

$$TC = T_d + T_m + T_{t1} + T_{t2} + T_s$$

Il tempo T_d è funzione del materiale e della capacità della benna, il tempo T_m è funzione del tipo di macchina e del numero di manovre in relazione alla tecnica di lavoro, i tempi T_{t1} e T_{t2} sono funzione del peso e della potenza della macchina, della pendenza longitudinale, delle condizioni della pista e della distanza di trasporto, il tempo T_s è influenzato dalle dimensioni della zona di scarico.

Il tempo impiegato per eseguire le operazioni di carico, scarico e manovra (escluso, quindi T_{t1} e T_{t2}) viene detto tempo di ciclo base T_b ($T_b = T_d + T_s + T_m$); esso assume un valore medio pari a circa 0.45÷0.55 minuti, per le pale gommate e circa 0.25÷0.35 minuti, per le pale cingolate ($T_b = T_d + T_s + T_m = 0.10 + 0.05 + 0.20 = 0.35$).

Ipotizzando una pala di 3 mc di capacità e un T_c pari a 47" si è trovata una produttività oraria di 218,5 mc.

Questo valore è stato poi diminuito del 15% per tener conto di alcune incognite non preventivabili:

$$\text{Produttività pala meccanica} = \mathbf{190 \text{ mc/h}}$$

4.7.5.5 Produttività impianto mobile

Come spiegato nel capitolo 3, le prestazioni di questa tipologia di macchina variano molto in base alle dimensioni e tecnologie di funzionamento.

Variano da un massimo di oltre 500 ton/h a meno di poche tonnellate al giorno. In questa analisi, vista la mole di macerie interessate e l'elevata superficie a disposizione, ci concentreremo su macchine capaci di "macinare" e successivamente vagliare dalle 200 alle 400 ton orarie di materiale.

4.7.5.6 Produttività nastro trasportatore

Dovendo essere in grado di selezionare il materiale afferente la tramoggia di carico, devo poter disporre di nastri trasportatori di larghezza comprese tra gli 0,80 e 1,00 metri. Lunghezze variabili a seconda degli ambiti.

In un contesto urbano, lunghezza di 5 metri per sezione.

In ambito di centro storico e di stoccaggio posso utilizzare un nastro di lunghezza 10 metri e larghezza variabile sempre tra i 0,8 e 1 metro.

Specifiche

Larghezza del nastro (mm)	Lunghezza del nastro (m) /Potenza (Kw)			Velocità del nastro (m/S)	Capacità (t/h)
400	≤12/1.5	12~20/2.2	20~25/3	0.8~2.0	40~80
500	≤12/3	12~30/4	20~30/5.5	0.8~2.0	78~191
650	≤12/4	12~20/5.5	20~30/7.5	0.8~2.0	131~323
800	≤10/4	10~15/5.5	15~25/7.5	1.0~2.0	278~546
1000	≤10/5.5	10~20/7.5	20~25/11	1.0~2.0	435~853
1200	≤10/7.5	10~20/11	20~25/15	1.0~2.0	655~1284

Tab. 7 - Dati tecnici nastri trasportatori

4.7.5.7 Costi

Un altro aspetto determinante per determinare la soluzione migliore di smaltimento delle macerie risiede nei costi. Un'impresa infatti deve essere in grado di stimare il costo di esecuzione di un lavoro per potere poi concorrere ad una gara di appalto. Tale costo, più l'utile che l'impresa intende realizzare, costituisce alla così detta base dell'offerta.

Il costo preventivo di esecuzione può essere determinato più facilmente scindendo le spese in spese vive di cantiere, cioè il costo effettivo delle varie opere e spese generali.

- **Mano d'opera:** è la valutazione delle ore lavorative degli operai necessarie ad eseguire l'unità di lavorazione di un dato lavoro. I prezzi delle varie categorie di operai sono desumibili dalle tabelle prodotte dalla Camera di Commercio.

- **Macchinari:** data la produzione oraria della macchina (fornita dal costruttore o calcolata in base a specifiche esigenze di cantiere) si applica il prezzo della stessa per ora lavorativa. Tale valutazione è basata sulla diminuzione del valore intrinseco della macchina, sul costo della manutenzione e sui servizi.

A proposito dei macchinari, si può specificare che:

- a) La diminuzione del valore è conteggiato attraverso l'ammortamento del quale si fornisce un'espressione utile alla sua quantificazione:

$$a_n = \frac{r (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1} \cdot \frac{V}{H}$$

Questa è riferita ad un'ora di lavoro, dove a_n è la quota di ammortamento annuale, V il valore di acquisto della macchina, r il tasso di interesse, n il numero degli anni di vita della macchina, H le ore lavorative presunte della macchina.

In genere il numero degli anni di vita della macchina n può essere così determinato:

- trattori su ruote 10, pompe calcestruzzo 6, apripista bulldozer 9, apripista con ripper 9, motolivellatrice 9, skrapper 8, autocarro e rimorchio 10, pale caricatrici 8, impianto di frantumazione 8.

b) Le spese di manutenzione possono orientativamente essere fissate pari al 12% del valore della macchina, per cui l'incidenza oraria sarà:

$$0,12 * V/H$$

.

c) Le spese di funzionamento si riferiscono ad assicurazioni, spostamenti, carburante, lubrificante, personale, ecc. e possono essere poste a circa il 2%, per cui l'incidenza oraria sarà:

$$0.02*V/H$$

.

Il costo orario di esercizio di un escavatore è pari, pertanto, alla somma di a), b) e c). Il costo unitario (di 1 m³) di terra scavata è pari (in €/m³), quindi, al rapporto tra il costo orario di esercizio, in €/h e la produzione media, espressa in m³/h.

Per la determinazione delle spese generali invece molto spesso la loro valutazione si realizza applicando all'importo di ogni singola analisi un coefficiente di maggiorazione fisso. Se si volesse determinarle in modo più preciso si dovrebbero, innanzitutto, distinguere quelle che interessano direttamente l'esecuzione del cantiere da quelle prettamente di natura fiscale. Le prime fanno capo alle seguenti operazioni:

1. preparazione al lavoro (indagini di varia natura): min 1.75% – max 2.00%;
2. installazione e smobilizzo del cantiere (impianto uffici e macchinari, allacciamenti, etc): min 3.50% – max 4.00%;
3. gestione amministrativa del cantiere: min 4.50% – max 5.00%;
4. interessi di finanziamento: min 1.25% – max 1.50%;
5. spese della sede da imputare al lavoro: : min 2.00% – max 2.50%.

Pertanto, si può affermare che le spese generali complessive variano, quindi, tra il 13% ed il 15% delle spese vive di cantiere (cioè del costo effettivo delle varie opere).

La somma delle spese vive di cantiere più le spese generali fornisce il costo di esecuzione del lavoro al quale, per la determinazione dell'offerta, va aggiunto l'utile di impresa.

4.7.5.7.1 Mano d'opera

Operario comune: 18,82 €/h

Operaio qualificato: 20,50 €/h

Operaio specializzato: 21,77€/h

4.7.5.7.2 Escavatore

Produttività escavatore da 25t da 1,25 mc di benna: 171 mc/h

Ore lavorative giornaliere: 8

Giorni in un mese, valor medio: 22

$H = (8 \times 22 \times 12) = 2112 - 80$ (ore di possibile fermo cantiere) = **2032**

$r = 10\%$; $n = 8$; Valore ipotizzato di circa 170.000 €

- a) 15,68 €/h
- b) 10,04 €/h
- c) 1,67 €/h
- d) Costo operaio specializzato

Costo totale: 49,17 €/h ovvero 0,28 €/mc

4.7.5.7.3 Dumper

Produttività 4 assi da 20 mc di cassone: 28,94 mc/h

Ore lavorative giornaliere: 8

Giorni in un mese, valor medio: 22

$H = (8 \times 22 \times 12) = 2112 - 80$ (ore di possibile fermo cantiere) = **2032**

$r = 10\%$; $n = 10$; Valore ipotizzato di circa 80.000 €

- a) 6,40 €/h
- b) 4,73 €/h
- c) 0,78 €/h
- d) Costo operaio qualificato

Costo totale: 32,42 €/h ovvero 1,12 €/mc

4.7.5.7.4 Pala meccanica

Produttività pala meccanica da 3 mc di capacità: 190 mc/h

Ore lavorative giornaliere: 8

Giorni in un mese, valor medio: 22

$H = (8 \times 22 \times 12) = 2112 - 80$ (ore di possibile fermo cantiere) = **2032**

$r = 10\%$; $n = 8$; Valore ipotizzato di circa 150.000 €

- a) 13,84 €/h
- b) 8,86 €/h
- c) 1,48 €/h
- d) Costo operaio specializzato

Costo totale: 45,95 €/h ovvero 0,24 €/mc

4.7.5.7.5 Impianto mobile frantumazione

Produttività: a) 300 ton/h b) 450 ton/h [rapporto 1,3 ton/mc]

Ore lavorative giornaliere: 8

Giorni in un mese, valor medio: 22

$H = (8 \times 22 \times 12) = 2112 - 80$ (ore di possibile fermo cantiere) = **2032**

$r = 10\%$; $n = 8$; Valore ipotizzato di circa: a) 350.000 € b) 500.000

Costo totale: a) **0,50 €/mc + 0,35 €/mc per vagliatura**

 b) **0,45 €/mc + 0,30 €/mc per vagliatura**

4.7.5.7.6 Nastro trasportatore

Produttività: in funzione della macchina che serve

Costo elettricità in cantiere: € 0,23 kW

4.7.5.7.7 Costi smaltimento macerie ambito urbano

- 1) Escavatore
- 2) 2 Nastri trasportatore da 0,8 x 5 metri di lunghezza da 4 Kw
- 3) Autocarro da 20 mc di cassone (6 per ogni escavatore)
- 4) 1 operaio comune addetto al cantiere

Costo totale: 264,35 €/h ovvero 1,55 €/mc

Tale prezzo sarà poi aumentato di circa il 30% per tener conto dell'eventuale utilizzo di un ulteriore escavatore per la demolizione di edifici non parzialmente crollati o da demolire.

Costo finale: 343,65 €/h ovvero 2,01 €/mc

4.7.5.7.8 Costi smaltimento macerie aree di stoccaggio

- 1) Pala gommata (190 mc/h)
- 2) 2 Nastri trasportatore da 1 metro x 10 metri di lunghezza da 5,5 Kw
- 3) 10 cassoni scarrabili, € 5 al giorno per noleggio
 - 1 tossiche tossiche
 - 2 frazione ingombrante
 - 3 metalli
 - 2 legno
 - 1 Raee
 - 1 ingombranti non afferenti al ciclo
- 4) 1 impianto mobile
- 5) 10 operai comuni
- 6) 2 operai specializzati (controllo frantumazione e controllo vagliatura)

Costo totale 328,6 €/h + costo impianto mobile a seconda della produttività

A tale prezzo, dovrà essere sommati i viaggi alla vicina discarica (< di 4 Km) dove conferire i cassoni scarrabili pieni.

Sapendo che su i 175 mc/h di materiale entrante tramite la pala meccanica, con lo 0,80 da considerarsi inerte, quindi solo circa 140 mc/h di materiale entrerà nell'impianto di frantumazione e vagliatura. Il resto verrà invece selezionato precedentemente da parte degli operai. Data la natura merceologica del materiale, con la frazione ferrosa a percentuale predominante, a seguire ingombranti, legno e Raee e materiale tossico, con cassoni scarrabili di 30 mc di capacità: n. 4 viaggi giornalieri per scarico ferro, n. 2 per ingombranti; n. 1 per legno. Poiché alcuni restano semipieni e altri, come materiale tossico e Raee si riempiono rispettivamente solo 1 volta ogni 7 giorni 1 ogni 4 giorni, in base ai tempi di smaltimento bisognerà tener conto anche di questo parametro. Costo a viaggio: 25,00 €, comprensivo di viaggio, carburante e operatore.

Costo totale: 2,85 €/mc + costo imp. di frantumazione e vaglio (0,85 o 0,75 €/mc)

4.7.5.7.9 Costi smaltimento macerie centro storico

Metodo utilizzato, come spiegato precedentemente, solo in caso di fabbricato accessibile solo tramite veicoli di piccole dimensioni. Materiale proveniente per la quasi totalità da opere di messa in sicurezza degli edifici. Quindi calcinacci e materiali di pregio staccati da monumenti storici. Altrimenti si utilizzerà il metodo valido per l'ambito urbano prima descritto.

- 1) Pala gommata da 1 mc (60 mc/h)
- 2) 2 Nastri trasportatore da 0,8 x 5 metri di lunghezza da 4 Kw
- 3) Autocarro da 20 mc di cassone a viaggio (2 per impianto)
- 4) 3 operaio comune addetto al cantiere

Costo totale: 170 €/h ovvero 2,83 €/mc

A tale prezzo, aggiungiamo un forfettario 50% per tener conto del trasporto e movimentazione precedente delle macerie.

Costo finale: 255 €/h ovvero 4,25 €/mc

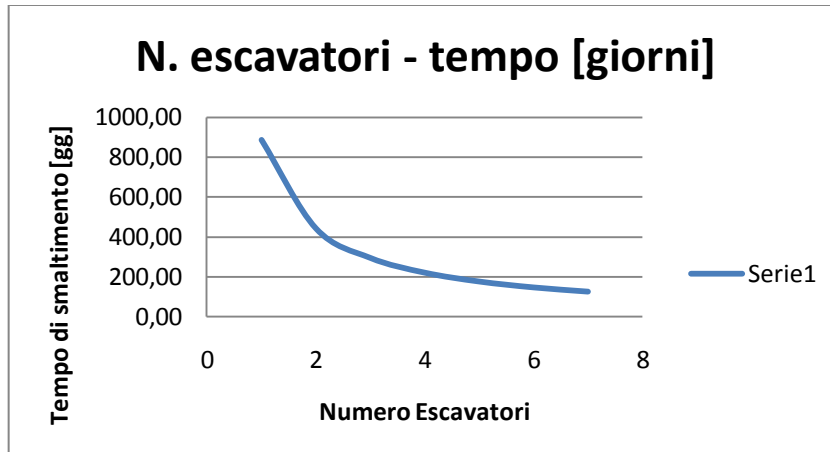
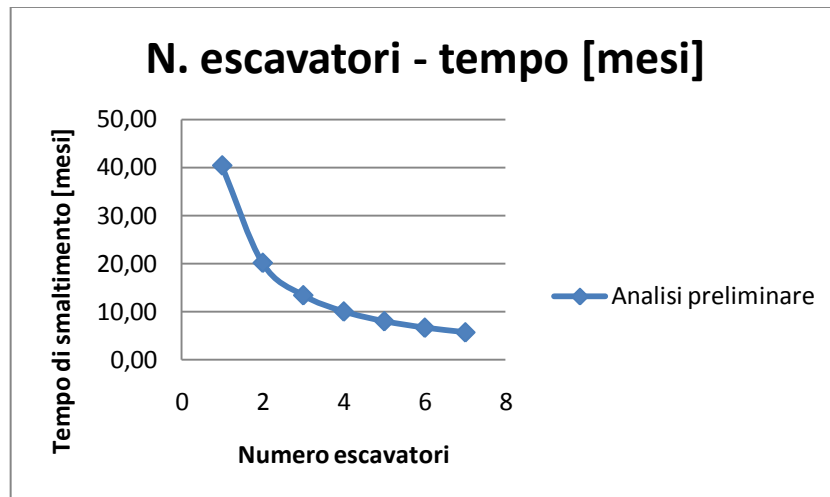
4.7.5.8 Analisi tempi

Il parametro più importante da tenere in considerazione è la produttività dell'escavatore che consente di mettere in azione le macerie verso le apposite aree di stoccaggio precedentemente menzionate. Stimato in **1.215.690 mc** il valor medio delle macerie e in **171 mc/h** la produttività oraria di un escavatore, è facile quindi determinare, con un semplice rapporto, in funzione del n. di escavatori, il tempo di smaltimento delle macerie aquilane. Calcolata la produzione giornaliera e valutati in 22 giorni la durata media di un mese di lavoro, ecco in tabella 8 sono mostrati i valori così trovati.

N. Escavatori	Produttività al giorno	Numero di giorni	Numero di mesi
1	1368	888,62	40,39
2	2736	444,31	20,20
3	4104	296,21	13,46
4	5472	222,15	10,10
5	6840	177,72	8,08
6	8208	148,10	6,73
7	9576	126,95	5,77

Tab.8 - Tempi in funzione del numero di escavatori utilizzati

Per avere una percezione migliore della situazione abbiamo utilizzato un grafico a dispersione dove si evince che, dopo una certa soglia, aumentando la produttività giornaliera, ovvero il n. di escavatori impiegati, non aumenta in proporzione il numero di giorni impiegati per lo sgombero di tali macerie.



Da questa prima analisi quindi, si verifica che per ottenere un buon compromesso tra produttività e costi, bisognerà restare tra i 3 e 5 escavatori. Con 1 e 2 escavatori i tempi di smaltimento sono troppo elevati (dai 40 ai 20 mesi). Per quanto riguarda invece lo smaltimento con 6 e 7 escavatori, la produzione è troppo alta per essere gestita dai centri di stoccaggio presunti.

4.7.5.8 .1 Caso 3 escavatori operativi

Totale macerie: 1.215.690 mc

Zona centro storico:

810.460 mc di cui 202.615 mc derivanti da zone poco accessibili

Zona urbana:

405.230 mc

N. escavatori:

1) n. 2 in centro storico

2) n. 1 in zona urbana

Centro storico:

n. 2 impianti di raccolta

Area di stoccaggio:

n. 3 impianti di selezione (2 confluiscono in uno stesso impianto)

n. 2 impianti di frantumazione e vagliatura

n. 1 da 300 ton/h

n. 1 da 450 ton/h

- Tempo di smaltimento
 - i. Macerie centro storico da aree accessibili: 222,48 giorni, ovvero 10 mesi
 - ii. Macerie centro storico tramite Piazza: 211 giorni, ovvero 9,59 mesi
 - iii. Macerie da zona urbana: 296 giorni, ovvero **13,5 mesi**

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio
 - i. [2,01 €/mc] € 2.441.125
 - ii. [4,83 €/mc, 2 impianti] € 1.957.261
 - iii. [2,01 €/mc] € 814.512

Totale € 3.451.398

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio

Impianto 300 ton/h:

dalla zona urbana e 101.308 mc dalla Piazza

€ 1.154.905 + 288.727 + 430.557 = € 1.874.189

Impianto 400 ton/h:

dalla zona di centro storico e 101.308 mc dalla Piazza

€ 1.732.358 + 288.727 + 531.864 = € 2.552.949

Totale € 4.427.138

Totale costi vivi: **€ 7.878.536**

Spese generali: maggiorate al 20% per tener conto dei numerosi spostamenti che dovranno effettuare gli escavatori e tutti i vari impianti nella zona urbana:

Totale costi generali: **€ 1.575.707**

TOTALE n. 3 escavatori: € 9.454.243 e libera dopo 296 giorni

4.7.5.8 .2 Caso 4 escavatori operativi

Totale macerie: 1.215.690 mc

Zona centro storico:

810.460 mc di cui 202.615 mc derivanti da zone poco accessibili

Zona urbana:

405.230 mc

N. escavatori:

- 1) n. 2 in centro storico
- 2) n. 2 in zona urbana

Centro storico:

n. 2 impianti di raccolta

Area di stoccaggio:

n. 4 impianti di selezione (2 confluiscono in uno stesso impianto)

n. 2 impianti di frantumazione e vagliatura

n. 2 da 450 ton/h

- Tempo di smaltimento
 - iv. Macerie centro storico da aree accessibili: 222,48 giorni, ovvero **10 mesi**
 - v. Macerie centro storico tramite Piazza: 211 giorni, ovvero 9,59 mesi
 - vi. Macerie da zona urbana: 148 giorni, ovvero 6,73 mesi

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio
 - iv. [2,01 €/mc] € 2.441.125
 - v. [4,83 €/mc, 2 impianti] € 1.957.261
 - vi. [2,01 €/mc] € 1.629.024

Totale € 6.027.410

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio

Impianto 400 ton/h:

tutte la macerie confluiscono in 2 impianti uguali

€ 1.443.633 + 344.446 + 2.021.086 + 482.224 = € 4.291.389

Totale € 4.291.389

Totale costi vivi: **€ 10.318.799**

Spese generali: maggiorate al 20% per tener conto dei numerosi spostamenti che dovranno effettuare gli escavatori e tutti i vari impianti nella zona urbana:

Totale costi generali: **€ 2.063.760**

TOTALE n. 4 escavatori: € 12.382.558 e libera dopo 222 giorni

4.7.5.8 .3 Caso 5 escavatori operativi

Totale macerie: 1.215.690 mc

Zona centro storico:

810.460 mc di cui 202.615 mc derivanti da zone poco accessibili

Zona urbana:

405.230 mc

N. escavatori:

- 1) n. 3 in centro storico
- 2) n. 2 in zona urbana

Centro storico:

n. 2 impianti di raccolta

Area di stoccaggio:

n. 5 impianti di selezione (2 confluiscono in uno stesso impianto)

n. 3 impianti di frantumazione e vagliatura

n. 1 da 300 ton/h

n. 2 da 450 ton/h

- Tempo di smaltimento
 - vii. Macerie centro storico da aree accessibili: 148 giorni, ovvero 6,73 mesi
 - viii. Macerie centro storico tramite Piazza: 211 giorni, ovvero **9,59 mesi**
 - ix. Macerie da zona urbana: 148 giorni, ovvero 6,73 mesi

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio
 - vii. [2,01 €/mc] € 3.665.305
 - viii. [4,83 €/mc, 2 impianti] € 1.957.261
 - ix. [2,01 €/mc] € 1.629.024

Totale € 7.251.590

- Costi smaltimento dovuti al trasporto nelle apposite aree di stoccaggio

Impianto 300 ton/h:

dalla zona di centro storico e 101.308 mc dalla Piazza

€ 577.452 + 177.222 = € 749.674

Impianto 400 ton/h:

€ 1.443.633 + 344.446 + 1.443.630 + 303.922 = € 3.535.631

Totale € 4.285.305

Totale costi vivi: **€ 11.536.895**

Spese generali: maggiorate al 20% per tener conto dei numerosi spostamenti che dovranno effettuare gli escavatori e tutti i vari impianti nella zona urbana:

Totale costi generali: **€ 2.307.379**

TOTALE n. 5 escavatori: € 13.844.274 e libera dopo 211 giorni

5. Conclusioni

Da questa preliminare analisi di massima redatta in questo elaborato di tesi, si intuisce come il problema dello smaltimento delle macerie sia un problema complesso e variabile in base a tanti aspetti, primo fra tutti le quantità di macerie in gioco e l'area colpita dall'evento tellurico.

Nel caso studio aquilano in un'area di poco più di 467 Km² di superficie si sono stimate un quantitativo di macerie pari a quelle prodotte in un intero anno in tutta la Toscana.

Il problema quindi non è di facile soluzione.

Nel progetto di massima, escludendo tante variabili operative e di complicazione aggiuntiva che avrebbero potuto far lievitare i costi in modo significativo, come eventuali problemi nell'ambito urbano, si è riscontrato che la fase critica risiede nello smaltimento delle macerie nel centro storico, dove non è possibile, oltre una certa soglia, incrementare lo smaltimento delle macerie da poter far confluire agli impianti di stoccaggio temporaneo che sono un altro punto dolente del sistema., Infatti, essendoci solo 2 aree, di cui quella di Bazzano non operativa ma ipotizzata, si riscontra che per procedere a un più celere smaltimento bisognerebbe incrementare le aree di stoccaggio nel circondario della città. Una soluzione potrebbe essere quella di creare un'area di stoccaggio temporaneo nell'area di Pizzoli, così da ridurre lo spazio di percorrenza dei dumper afferenti all'escavatore, e incrementare così la produzione dei dumper diminuendo i costi di trasporto.

Dall'analisi sopra redatta, il sistema più efficiente è da considerarsi quello con 4 escavatori operativi, 2 nel centro storico e 2 nella zona urbana, con il quale si riesce a smaltire le macerie derivanti dal sisma in tutto il Comune de L'Aquila in 222 giorni con un costo netto, senza l'utile delle imprese di circa 10%, di € 12.382.558.

Aumentando il numero di escavatori a 5 il costo per lo smaltimento aumenta senza avere grandi benefici in termine di tempi. Solo 11 giorni in meno con un incremento di spesa pari a € 1.461.716.

Per quanto riguarda invece il caso opposto, ovvero quello con i 3 escavatori, la spesa sarebbe minore, € 9.454.243, ma in compenso lo smaltimento totale delle macerie non avverrebbe prima di 296 giorni.

In questo elaborato, come detto in precedenza, non è stata presa in considerazione l'ipotesi di costruzione di un impianto fisso di trattamento degli inerti per il tempo elevato di progettazione e costruzione di tale impianto, almeno 10 mesi, un tempo troppo elevato per il nostro scopo. Ma non per l'area della città che, finito lo smaltimento delle macerie, dovrà procedere con la messa a nuovo e la ristrutturazione della maggior parte degli edifici della superficie comunale aquilana. La realizzazione di questi impianti darebbe un forte impulso a un'impreditoria tecnologicamente avanzata e innovativa; ridurrebbe in maniera assoluta la necessità di discariche o altri siti di smaltimento; consentirebbe di dare piena e concreta attuazione alla Legge 203/2003 che obbliga l'impiego negli appalti pubblici il 30% di materiali riciclati, inerti compresi; renderebbe disponibile materiale riciclato di qualità per le attività edilizie di ricostruzione evitando il ricorso massiccio, come avviene ancora oggi, al materiale di cava.

6. Bibliografia

- [1] Bemporad, M. Di Basilio, F. Paglietti, M. Mariani; Gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione nelle aree colpite dagli eventi sismici; SPESL, Dipartimento Installazioni di Produzione ed Insediamenti Antropici
- [2] Legambiente Abruzzo; Macerie anno zero. I numeri, i ritardi, le responsabilità, le soluzioni; Legambiente, 6 ottobre 2010
- [3] Legambiente Abruzzo; Ricostruire subito si deve e si può. Bugie, numeri, responsabilità. Come uscire dalla paralisi delle macerie; Legambiente, Roma 26 febbraio 2010.
- [4] Ing. Pellegrino; Tecnica e sicurezza dei cantieri stradali; Università di Messina.
- [5] Capo Dipartimento della Protezione Civile; Rapporto sintetico dell'attività della Di.Coma.C; Di.Coma.c. 29 gennaio 2010.
- [6] Commissario delegato per la ricostruzione, Presidente della Regione Abruzzo, Gianni Chiodi; Relazione sullo stato di della ricostruzione; novembre 2010.
- [7] Anpar; Elementi chiave del settore del riciclaggio dei rifiuti inerti; Anpar, 2007
- [8] Anpar; La produzione dei rifiuti inerti. Una stima basata sulla definizione di indici di produttività specifica desunti da bacini di campione; Anpar, 2001