

POLITECNICO DI TORINO



Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile
Tesi di Laurea Magistrale

**Progettazione della sicurezza in un cantiere di
demolizione con simulazione BIM 4D: confronto
tra demolizione tradizionale e controllata
applicata a un caso studio**

Relatore:

Prof. Ing. Alberto Lauria

Correlatrice:

Prof.ssa Ing. Valentina Villa

Candidata:

Susanna Marasciulo

Anno accademico
2018-2019

Sommario

Abstract	1
1. Introduzione	2
2. Demolizioni	3
2.1 Metodi di demolizione: tradizionale e controllata.....	4
3. Descrizione del caso studio	7
4. Descrizione dell'intervento	12
5. Indagini preventive	14
5.1 Amianto	14
5.1.1 Confinamento.....	18
5.2 Rifiuti (MCA).....	19
5.3 Ambienti confinati.....	20
5.4 Rischi di natura strutturale.....	21
6. Piano di demolizione	23
6.1 Individuazione del sito di intervento	24
6.2 Analisi del contesto	27
6.3 Classificazione delle strutture da demolire	27
6.4 Programmazione delle demolizioni.....	28
6.5 Schede demolizioni.....	29
6.6 Valutazione dei rischi	64
6.7 Allontanamento materiale di demolizione e organizzazione dei rifiuti in cantiere	68
7. Attrezzature e macchine utilizzate in cantiere	75
7.1 Smerigliatrici	75
7.2 Seghe da parete.....	76
7.3 Cannello ossiacetilenico	76
7.4 Martello demolitore	77
7.5 Sega a catena	78
7.6 Cesoia elettrica	78

8. Demolizione controllata e tradizionale di un solaio con putrelle e tavelle: due approcci a confronto	80
8.1 Cronoprogramma.....	80
8.2 Rischio rumore	84
8.3 Rischio polveri.....	92
8.4 Misure di mitigazione.....	96
8.4.1 Rumore.....	97
8.4.2 Polveri	97
8.5 Rifiuti e loro gestione	98
8.5.1 Rifiuti edili	100
8.5.2 Rifiuti derivanti dall'approccio tradizionale e controllato..	102
9. Progettazione e gestione BIM con simulazione 4D	103
9.1 Creazione del modello tridimensionale.....	103
9.2 Fasi di lavoro	108
9.3 Simulazione BIM 4D del fabbricato C con metodologia tradizionale e controllata.....	113
10 Conclusioni.....	120
Bibliografia	122
Allegati.....	123

Abstract

Il presente lavoro di tesi è volto ad analizzare la progettazione in sicurezza di un cantiere di demolizioni composto da tre edifici (identificati come “A”, “B” e “C”), in pieno centro storico a Torino.

Le demolizioni sono attività ad alto rischio di infortuni, soprattutto mortali, per questo motivo, è necessario effettuare un’analisi dello stato di fatto e condurre indagini preventive al fine di individuare la strategia di intervento più adeguata al caso in esame. È stato eseguito uno studio del cantiere e di alcune attività di demolizione previste, sotto due profili: approccio tradizionale e approccio controllato.

Il lavoro di ricerca è stato condotto inizialmente con la metodologia tradizionale redigendo un Piano di Demolizione inerente ai tre immobili.

In seguito, è stato effettuato un parallelismo tra le due metodologie in merito alla rimozione di una partizione orizzontale interna nell’edificio B, sotto il profilo del rischio rumore, polveri e rifiuti prodotti.

Successivamente il confronto è stato orientato su tutte le attività di demolizione del manufatto C, ricorrendo a software di progettazione BIM.

Gli studi effettuati hanno avuto lo scopo di ricercare vantaggi e svantaggi delle due tecnologie di demolizione.

The research project is focusing on the safety design of a demolition construction site of three buildings, in the historic center of Turin.

Demolitions are activities with a high risk of accidents, especially fatal, therefore, it is necessary to carry out an analysis of the state of affairs and conduct preventive investigations in order to identify the most appropriate intervention strategy for the case in question.

This research project is also including a case study of the construction site as well as further demolition activities about traditional and controlled methods.

The research work was initially carried out the traditional methodology, drawing up a Demolition Plan about three buildings.

As a next step a parallelism between these two methodologies was found, focusing on an internal horizontal partition in building B in terms of the risk of noise, dust and waste produced.

As a final step the previously mentioned parallelism focused on all the demolition activities of the building C, using BIM design software.

The studies were aimed at researching the advantages and disadvantages of demolition technologies.

1. Introduzione

La presente dissertazione, dal titolo “Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizione con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata”, è la sintesi di un’attività di ricerca che si è snodata in varie tappe. Si è voluto individuare il modo più idoneo e sicuro di operare in sicurezza in tutte le attività di cantiere, effettuando un confronto tra demolizione tradizionale e controllata.

Partendo da queste considerazioni, nel primo capitolo è stato introdotto il tema delle demolizioni e i motivi per i quali stiano acquisendo maggiore spessore negli ultimi decenni. In seguito, sono state annoverate diverse tecniche di demolizione ponendo maggiore risalto sulle tecnologie tradizionali e controllate, analizzandone le caratteristiche.

La descrizione dello stato dell’arte è stato argomento di tutto il secondo capitolo, in quanto, la conoscenza delle tecnologie costruttive e dei materiali è propedeutica per l’individuazione degli interventi da effettuare in base anche agli obiettivi di riqualificazione che si desidera conseguire.

Gli interventi interessano tutti i piani con il fine di soddisfare gli obiettivi di sicurezza statica e di salubrità degli ambienti e di ricreare spazi più ampi e confortevoli.

In seguito a un’approfondita conoscenza dell’immobile è stato possibile pianificare e progettare, sotto il profilo della sicurezza, l’intervento di demolizione.

Il lavoro di progettazione è stato effettuato in primo luogo facendo riferimento alla tecnologia tradizionale, redigendo un apposito Piano di Demolizione riguardante tutte le procedure operative, le misure di sicurezza, le macchine utilizzate e le informazioni relative all’organizzazione del cantiere.

Negli ultimi due capitoli è stato effettuato il confronto tra demolizione tradizionale e controllata non solo con riferimento alle modalità di progettazione standard, ma anche mediante rappresentazioni digitali. La comparazione è stata effettuata in prima analisi con i metodi standard, in relazione alla rimozione di un solaio collocato nell’edificio B, e successivamente, con il metodo BIM applicato all’intero fabbricato C.

A conclusione, nel decimo capitolo, sono stati analizzati i risultati ricavati dal confronto delle due tecnologie di demolizione con indicazione del metodo più consono al caso studio in esame

2. Demolizioni

Le demolizioni sono interventi volti a “decostruire” una struttura, un fabbricato o parte di essi.

Le prime demolizioni avvenivano con tecniche semplici ed essenziali, effettuate manualmente con un forte dispendio di manodopera. Le attrezzature principalmente utilizzate erano mazze e picconi. L’evoluzione tecnologica e normativa ha segnato profondi cambiamenti, permettendo di focalizzare l’attenzione su due tematiche fondamentali: sicurezza e ambiente. Lo sviluppo di una maggiore sensibilità in tema di sicurezza sul lavoro e il perseguimento della salvaguardia della vita umana diventano obiettivi di primaria importanza sia per il singolo sia per la collettività.

Negli ultimi anni si è assistito, e si assiste tutt’ora, a un incremento di lavori di adeguamento e riqualificazione che rendono necessario, il più delle volte, il ricorso ad attività di demolizione. Il motivo è imputabile principalmente a un cambiamento del tessuto urbano: meno aree edificabili, recupero aree dismesse ed edifici in stato di obsolescenza fisica e funzionale per via di mancati interventi di manutenzione. Un altro motivo potrebbe essere attribuito all’abusivismo edilizio: si è riscontrato un calo della produzione edilizia negli ultimi anni contro un raddoppio delle costruzioni illegali. Tuttavia, le ordinanze di demolizione e di ripristino sono nettamente inferiori a fronte dell’ingente numero di edifici abusivi.

Le demolizioni comportano diversi rischi (tra cui seppellimento, caduta dall’altro, caduta dall’alto di materiale, esposizione a polveri, rumore) e rappresentano le attività con il tasso più alto di infortuni, soprattutto nel caso di interventi su strutture esistenti, la cui percentuale è del 40% circa.

Per ogni lavorazione è necessario individuare i rischi di tutte le attività di demolizione e valutarli. Da questo studio, si possono elaborare e attuare tutte le misure, preventive in primo luogo, e protettive.

L’attività di demolizione è molto complessa e necessita della presenza di tecnici e operatori qualificati e specializzati. Essendo inoltre un settore multidisciplinare è necessario che tutti gli interventi siano organizzati e programmati.

La programmazione prevede l’analisi del fabbricato oggetto di demolizione, l’identificazione del metodo più consono al caso e delle attrezzature da utilizzare per le varie fasi con lo scopo di: ridurre i tempi di esecuzione degli interventi, evitare (per quanto sia possibile) gli imprevisti e le varianti in corso d’opera, minimizzare i costi inerenti alle attrezzature, alla manodopera e a alla gestione dei rifiuti e garantire la sicurezza di tutti i soggetti presenti in cantiere.

L'elaborazione di un buon progetto non può prescindere dal far riferimento a norme. In realtà, non esiste una normativa specifica per la progettazione di una demolizione, ma il legislatore ha fornito alcune indicazioni nel Decreto Legislativo del 9 Aprile 2008, n.81¹ nella sezione VIII del Titolo IV. Gli articoli a cui far riferimento sono:

- Art.150: “Rafforzamento delle strutture”;
- Art.151: “Ordine delle demolizioni”;
- Art.152: “Misure di sicurezza”;
- Art.153: “Convogliamento materiale di demolizione”;
- Art.154: “Sbarramento della zona di demolizione”;
- Art.155: “Demolizione per rovesciamento”;
- Art.156: “Verifiche”.

Nei primi tre articoli si evince la volontà del legislatore di tutelare la sicurezza statica delle strutture effettuando verifiche in sito e avvalendosi di opere di rafforzamento o puntellamento per evitare crolli improvvisi. L'obiettivo della stabilità e conservazione delle strutture deve essere perseguito stilando un ordine delle demolizioni specificato all'interno del POS², sotto la sorveglianza di un preposto. In riferimento alle opere provvisorie, si prescrive l'uso di ponteggi esclusivamente di servizio e indipendenti dalla struttura da demolire. Tra le altre direttive vi è il divieto di far lavorare gli operai sui muri in demolizione.

Gli articoli 153 e 154 evidenziano l'importanza della salvaguardia dell'area di intervento e dell'ambiente circostante in riferimento a tutti gli accorgimenti per il convogliamento del materiale di demolizione (tramite canali appositi), al fine di evitare la dispersione di polveri e per lo sbarramento dell'area di cantiere.

Gli ultimi due articoli fanno riferimento rispettivamente a una modalità di demolizione di strutture di altezza inferiore ai 5 metri con tutte le accortezze per scongiurare il pericolo di crolli tempestivi e a tutte le verifiche necessarie riguardanti le attrezzature e i ponteggi.

2.1 Metodi di demolizione: tradizionale e controllata

L'attività di demolizione, come già accennato, deve essere preventivamente pianificata non solo per scongiurare il rischio di infortuni, ma anche in base alla tipologia dell'opera e ai materiali di cui è composta, ai vincoli presenti in cantiere e all'ambiente circostante. Una conoscenza approfondita del fabbricato è indispensabile per identificare l'approccio più idoneo e per indirizzare la scelta del metodo di demolizione.

In merito alla fase progettuale, una delle più rilevanti distinzioni tra metodologie di demolizione è tra l'approccio tradizionale e l'approccio controllato.

¹ Raccolta di norme in materia di salute e sicurezza conosciuto come Testo Unico

² Piano operativo di sicurezza

Approccio tradizionale

Prevede l'utilizzo di tecnologie molto invasive che si prestano bene per la demolizione totale e incontrollata di fabbricati o di parte di essi per un successivo recupero e reimpiego dell'area. Se ne riconoscono diverse:

- a) demolizione per trazione o per spinta con mezzi meccanici;
 - b) demolizione con esplosivo;
 - c) demolizione con l'uso di sfere metalliche;
 - d) demolizione mediante l'utilizzo di martelli demolitori.
-
- a) Le tecniche per trazione o spinta sono utilizzate per strutture non troppo elevate o per far cadere residui di demolizioni ottenuti con altri mezzi. Per evitare crolli improvvisi la spinta deve essere esercitata in modo graduale ricorrendo a opere provvisoriale;
 - b) Le cariche esplosive sono collocate in alcuni punti del fabbricato e sono innescate elettricamente con l'intento di ottenere l'abbattimento della struttura;
 - c) Questa tipologia prevede l'uso di sfere metalliche le quali, oscillando, colpiscono la struttura;
 - d) La tecnica di demolizione per percussione è il metodo più utilizzato e diffuso, il quale prevede come attrezzatura principe il martello demolitore. Quest'ultimo sfrutta le forze di impatto e frantumazione garantendo la riduzione dei tempi delle lavorazioni.

Negli ultimi anni, si stanno diffondendo metodi innovativi che contemplano operazioni preliminari che facilitano il disfacimento dell'edificio.

Strip-out

Lo strip-out è un metodo di rimozione selettiva effettuato prima della demolizione vera e propria. Consiste nell'eliminazione di componenti del fabbricato, non strutturali, quali infissi, serramenti, porzioni di impianti, controsoffitti, pavimentazioni e mobili.

Tale procedura consente di selezionare e separare i materiali da recuperare da quelli di risulta, permette inoltre di isolare i materiali pericolosi, favorisce il riciclaggio, offrendo una seconda possibilità di impiego agli elementi rimossi.

La tecnica di strip-out presenta diversi vantaggi in termini ambientali ed economici e consente una migliore gestione del cantiere che permane pulito e organizzato.

Approccio controllato

In un contesto storico e culturale che mira alla conservazione e al mantenimento degli edifici, la demolizione controllata è un approccio che nell'ultimo decennio trova la sua massima diffusione.

In particolar modo è cresciuta la consapevolezza della salvaguardia del patrimonio edilizio, ma anche in quei casi in cui il ricorso ad attività demolitive fosse imprescindibile, la necessità di adottare tecniche meno invasive che non arrechino danni all'ambiente circostante, si impone come una forte necessità.

Il progresso tecnologico ha fatto sì che queste tecniche potessero contribuire a un miglioramento della qualità della vita, in termini di pianificabilità, di riduzione o quasi assenza della rumorosità, vibrazioni, emissioni polverulente e percussioni. Inoltre, molte delle attrezzature costruite con questi fini, risultano essere molto più ergonomiche rispetto a quelle tradizionali.

Gli interventi di demolizione controllata prevedono l'utilizzo di attrezzature diversificate nel caso di:

- a) Abrasione e perforazione;
 - b) Frantumazione;
 - c) Idrodemolizione.
-
- a) La demolizione per abrasione e perforazione avviene mediante utensili diamantati in grado di tagliare, con grande precisione, qualsiasi materiale come calcestruzzo, pietra, mattone e leghe metalliche. Si distinguono: corone e punte diamantate nel caso della perforazione montate anche su piccoli perforatori (carotatrice); dischi e anelli diamantati per il taglio con troncatrici manuali, seghe da parete e da pavimento; catene diamantate per le seghe a catena; filo diamantato costituito da diversi trefoli per le seghe a filo diamantato.
 - b) La demolizione per frantumazione può essere effettuata con diverse tecniche: con pinze e cesoie idrauliche atte alla frantumazione grazie all'azione di ganasce; con malte espansive inserite in fori su strutture o rocce che determinano, dopo alcune ore, la frantumazione dello stesso; con spaccaroccia meccanici inseriti in appositi fori generando delle fratture nelle strutture; con spaccaroccia a sparo aventi una canna all'interno della quale sono inserite le cartucce; con cartucce deflagranti collocate nei fori della struttura e fatte deflagrare a distanza.
 - c) La demolizione con acqua ad alta pressione è effettuata con particolari lance, azionate manualmente o meccanicamente, il cui getto viene proiettato sulla struttura tagliandola.

3. Descrizione del caso studio

L'immobile oggetto di demolizioni è ubicato in pieno centro storico a Torino, a pochi isolati da Piazza San Carlo e risale alla fine del Settecento. E' composto da tre edifici, che saranno da ora in poi identificati come "A", "B" e "C". I primi due, considerati edifici principali, prospicienti su via Maria Vittoria 18 e via Bogino, e il terzo, denominato edificio secondario, situato internamente e affacciatesi sul cortile interno.

Gli edifici "A" e "B" presentano cinque piani fuori terra, due piani ammezzati e uno interrato; l'edificio "C", invece, è dotato di quattro piani fuori terra e un piano interrato. La struttura dei tre fabbricati è in muratura portante con solai di differenti tipologie. Per quanto riguarda l'edificio C, le partizioni orizzontali esistenti sono con putrelle e tavelle mentre, di quelli in A e B, alcuni sono in legno altri in putrelle e tavelle. I tetti dei tre edifici sono composti da due falde che sorreggono il manto di copertura in tegole di laterizio.



Figura 1. Inquadrimento satellitare di Torino estrapolato da Google Maps

Gli edifici furono realizzati verso la fine Settecento in un contesto storico urbanistico di rinnovamento, dettato dal desiderio del re sabauda di conferire alla città una nuova immagine.

L'assetto urbano prediligeva e assecondava una griglia basata su un principio di ortogonalità, già attuata nel primo ampliamento della città nel Seicento.

Dalla loro realizzazione sino ad oggi, gli immobili sono stati suscettibili di numerosi interventi dettati dalla necessità di consolidare gli stessi e di riparare danni postumi alla Seconda Guerra Mondiale e danni da incendio.

Nei paragrafi che seguono, si analizzano tutte le tecniche costruttive caratterizzanti gli edifici storici Piemontesi di quel tempo e i materiali utilizzati per la realizzazione delle strutture, sebbene ogni edificio, al di là dei “caratteri” tipici, presenti delle proprie peculiarità che li contraddistinguono dagli altri dello stesso periodo.

Murature portanti

Gli edifici storici sono stati realizzati in muratura portante, caratterizzati dalla disposizione di elementi di dimensioni più o meno piccoli in modo da creare una struttura resistente assolvendo allo stesso tempo la funzione di chiusura verticale perimetrale.

La muratura in esame è composta da blocchi di laterizio. Le tecniche costruttive prevedevano la concatenazione delle murature mediante uno sfalsamento dei giunti pari a metà mattone o a un quarto di esso.

Le opere in muratura così realizzate erano solitamente lasciate a vista e probabilmente sono state intonacate successivamente nell'Ottocento. Tali paramenti presentano giunti molto compatti e poco permeabili all'acqua. Questo era possibile con la tecnica della stilatura dei giunti che prevedeva il perfezionamento delle connessioni tra mattoni schiacciando la malta nelle connessioni con il passaggio di una lama o di alcune attrezzature.

Le malte erano confezionate con sabbie locali del Piemonte e della Valle d'Aosta aventi natura differente. Si identificano dodici tipologie come indicato nel libro “*Malte a vista con sabbie locali nella conservazione degli edifici storici*”. Si è scelto di riportarle tutte, indipendentemente dalla vicinanza o meno a Torino:

- a) sabbie dal fiume Toce (Crevola d'Ossola)
- b) sabbie dal torrente Lys (Issime)
- c) sabbie dal torrente Ostola (Masserano);
- d) sabbie dal torrente Cervo (Buronzo);
- e) sabbie dal fiume Dora Baltea (Rondissone);
- f) sabbie dai sedimenti pliocenici (Montà);
- g) sabbie dai sedimenti pliocenici (Cisterna d'Asti);
- h) sabbie dal torrente Varaita (Fontanile);
- i) sabbie dal fiume Tanaro (Pollenzo);
- j) sabbie dal fiume Tanaro (S.Maria del Laghetto);
- k) sabbie dal torrente Corsaglia (Lesegno).

Partizioni interne orizzontali

Le partizioni interne orizzontali nei tre edifici sono diverse ed è possibile riconoscere le evoluzioni delle diverse tecniche costruttive utilizzate, in quanto, nonostante l'immobile risalga alla fine del Settecento, alcune di queste sono state realizzate successivamente nell'Ottocento con l'avvento di nuovi materiali.

Tutte le soluzioni rispondono ad esigenze specifiche del tempo, legate ad aspetti funzionali e costruttivi e dalla disponibilità dei materiali in loco.

Solai in legno

I solai tradizionali in legno presentano una struttura portante caratterizzata da travi e travetti su cui poggiano gli strati del piano di calpestio. La struttura può essere a semplice o a doppia orditura. Gli elementi su cui poggia il piano di supporto sono generalmente tavole di legno o elementi in laterizio. I sottofondi sono stati realizzati utilizzando macerie frantumate, sabbia e terra ben costipate a secco.

Gli orizzontamenti sono in legno con svariati controsoffitti: a cassettoni, con pannelli di gesso o in cannicciato intonacato legato e ancorato alle travi.

Al terzo piano sono presenti solai in legno con un doppio controsoffitto: in cannicciato e in cartongesso.

Solai in putrelle

Dalla seconda metà dell'Ottocento, l'avvento del ferro ha dato l'avvio alla realizzazione dei solai in putrelle con elementi in laterizio. L'utilizzo dei laterizi è nato dall'esigenza di garantire un migliore comfort termico-acustico, a differenza dei solai in legno. Il materiale dei sottofondi è caratterizzato da macerie frantumate, sabbia e terra ben costipate a secco.

Nelle partizioni orizzontali degli edifici A e B del sottotetto le tavole poggiano sull'ala inferiore dei profilati con l'interposizione di un riempimento in cemento e sabbia.

Sono altresì presenti dei solai in legno al terzo piano successivamente consolidati con le putrelle.

Solai su volte

I solai su volte sono presenti sia nei fabbricati A e B sia nel C. Le volte sono strutture composte dall'accostamenti di tanti archi. Negli edifici sono presenti sia volte a botte con testa di padiglione sia volte a botte semplici. Queste ultime hanno una sezione trasversale caratterizzata da un arco di cerchio o di ellisse, o da più archi. Le volte a padiglione sono create dall'accostamento di due volte a botte le cui parti in comune sono chiamate fusi. Alcuni ambienti avendo una pianta rettangolare allungata, presentano delle volte a botte con testa di padiglione.

Il processo di realizzazione delle volte prevede la costruzione di una centina, la posa in opera e il disarmo della centina stessa. La posa dei mattoni avviene disponendo gli stessi in corsi diversamente orientati per garantire un miglior comportamento della struttura. Nel caso della volta a botte i corsi possono essere paralleli o perpendicolari all'imposta, a spina di pesce o obliqui. Nelle volte a testa di padiglione generalmente sono a spina di pesce.

Pavimentazioni

Le pavimentazioni presenti negli edifici sono molteplici. Tra i materiali presenti, in primo luogo si individua il legno, utilizzato per comporre il parquet che ebbe la sua massima diffusione già nel Settecento. In genere venivano impiegati listelli di lunghezza e

larghezza uguale che venivano accostati in modo da formare dei quadrotti posti in opera mediante oli e cere.

I pavimenti rilevati sono parquet a listoni, incastrati tramite le giunzioni maschio-femmina. Si tratta sicuramente di pavimentazioni poste in opera successivamente in quanto tipiche del Novecento.

In secondo luogo ritroviamo il cotto, le cui pavimentazioni sono costituite da piastrelle che venivano disposte secondo una diagonale. Le dimensioni dei tagli delle piastrelle dipendono dalla superficie da coprire e dal numero intero di diagonali.

Infine, riconosciamo il cemento, utilizzato per la realizzazione di pavimentazioni in piastrelle cementizie, tipiche di inizio Novecento. Anche in questo caso, la pavimentazione è postuma alla data di realizzazione dell'immobile. Le piastrelle erano generalmente levigate con uno strato di finitura di malta bianca e polvere di marmo o con malte colorate.

Partizioni interne verticali

Nel passato le tramezzature erano realizzate con laterizi forati e successivamente intonacati. Ad oggi, su solai in legno o in putrelle la scelta del laterizio viene abbandonata per favorire l'utilizzo di pannelli di gesso rivestito. Il motivo è attribuibile al forte peso che graverebbe sul solaio, con una partizione con mattoni, e per l'incapacità di adattarsi alle deformazioni di tali solai.

Partizioni interne inclinate

Le scale erano realizzate solitamente in legno o in muratura. Nel caso della muratura i gradini erano realizzati a sbalzo con sistema statico a nucleo portante perimetrale o centrale. Un'altra soluzione prevedeva la realizzazione delle scale la cui rampa era sorretta da volte.

Coperture tradizionali

Nelle coperture degli edifici storici piemontesi si possono riconoscere due strati, di cui il primo definito manto di copertura e il secondo chiamato struttura portante, con lo scopo di sorreggere il manto.

In relazione ai materiali utilizzati come manto di copertura, la chiusura è definita discontinua in quanto i vari elementi tra loro collegati garantiscono la protezione dall'acqua. Tali componenti possono essere coppi in laterizio, lastre di pietra gneiss, di pietra di langa, manti in lose e lastre di legno.

Nel corso del tempo alcuni manti sono stati sostituiti con tegole marsigliesi, come nelle coperture in esame. In quest'ultimo caso, la sostituzione del manto non comportava la rimozione anche della grossa orditura.

Per quanto concerne la struttura portante, lo schema strutturale è quello del tetto "alla piemontese" caratterizzato da una trave di colmo o un muro di spina che sorregge la grande orditura. Quest'ultima è caratterizzata da travi principali inclinate, definite falsi

puntoni, poggiati sulle pareti perimetrali da un lato, dall'altro sul muro di spina o sulla trave di colmo. La piccola orditura, identificata dai correnti, è posta perpendicolarmente sulla grande orditura e proprio sopra quest'ultima.

4. Descrizione dell'intervento

Obiettivo dell'intervento è quello di recuperare l'immobile a prevalente destinazione d'uso residenziale apportando le seguenti modifiche: demolizioni di alcuni solai con conseguente rifacimento, sostituzione di parapetti, rifacimento di impianti, inserimento di ascensori, riqualificazione delle facciate e della corte interna e recupero del sottotetto per i fabbricati "A" e "B" a destinazione residenziale. In particolar modo, l'attenzione sarà focalizzata sul blocco "C" in quanto suscettibile di diversi interventi soprattutto di demolizione che interessano tutte le parti strutturali poiché di scarsa consistenza. Le operazioni di risanamento includono il rifacimento dei solai intermedi e del tetto. La riqualificazione dell'immobile prevede interventi che interessano tutti i livelli, dall'interrato al quarto piano le cui modalità sono dettagliatamente descritte nel Capitolo 6.

Di seguito sono elencati gli interventi per ogni piano.

Piano cantinato

Sono previste attività di rifacimento dei locali tecnici, riqualificazione delle cantine, rifacimento della rete di distribuzione idrica, del sistema di smaltimento delle acque reflue e dell'impianto elettrico.

Piano terra

Il piano terra è oggetto di numerose lavorazioni. Queste ultime contemplano interventi di riqualificazione dei cortili, di realizzazione di aperture di areazione e di nuovi ascensori negli edifici "A" e "C", demolizione di alcune partizioni interne, rifacimento della rete di distribuzione dell'acqua potabile, del sistema di smaltimento delle acque reflue e dell'impianto elettrico. E' prevista, inoltre, la creazione di un nuovo passo carraio su via Bogino e dei locali commerciali al piano terra.

Piano primo

Al primo piano sono previsti interventi su tutti gli impianti elettrici e termici, modifica della distribuzione interna, taglio di murature per la creazione dell'apertura del vano ascensore per gli edifici A e B, rimozione dei serramenti esterni e interni e rifacimento dei solai per l'edificio C.

Piano secondo

Sono prescritte lavorazioni inerenti alla modifica dell'assetto distributivo interno e alla sostituzione dei parapetti la cui altezza deve essere di almeno 1,10 m, come previsto dal regolamento edilizio della città di Torino. Inoltre, è prevista la demolizione e realizzazione di nuovi solai per l'edificio C. Inoltre, si procederà con la demolizione di

alcune murature e tramezzature nel fabbricato C e aperture di varchi per il vano scala e per l'ascensore negli edifici A e B.

Piano terzo

Al terzo livello sono previsti interventi di demolizione dei solai, per tutti i fabbricati, di modifica dell'assetto distributivo e impiantistico interno, sostituzione dei parapetti e demolizione delle scale di accesso al sottotetto per A e B. Sono stati anche programmati interventi di rimozione di alcune murature e tramezzature.

Piano quarto

Anche il quarto piano è soggetto a lavori di demolizione dei solai che saranno poi realizzati a quote differenti. Successivamente, si provvederà al rifacimento delle strutture portanti con realizzazione di setti in calcestruzzo armato.

5. Indagini preventive

Gli interventi previsti di risanamento, demolizione e ricostruzione presentano rischi molto elevati, soprattutto in relazione alle demolizioni. Prima dell'inizio dei lavori è d'uopo effettuare indagini preventive in relazione all'eventuale presenza di materiali inquinanti, in particolar modo in riferimento alla presenza di amianto in alcuni elementi, all'esistenza di ambienti confinati e alla verifica delle condizioni statiche delle strutture.

5.1 Amianto

Sono state condotte delle indagini preventive che hanno messo in evidenza la presenza di canali in cemento-amianto nel piano cantinato negli edifici A e B come mostrato nell'immagine seguente.

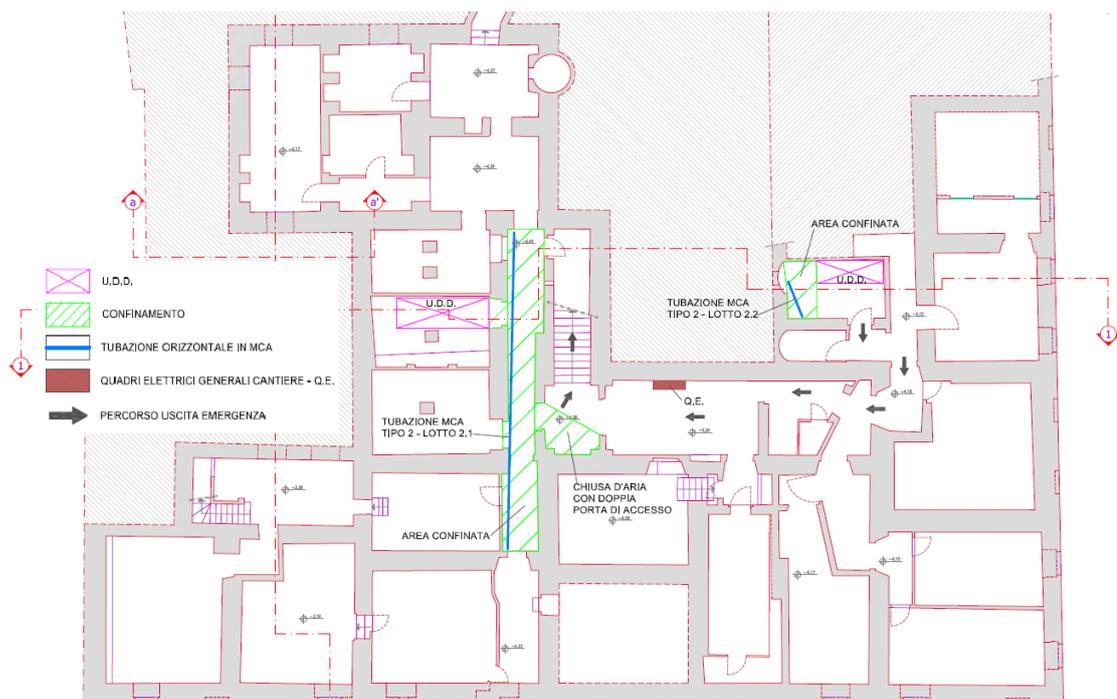


Figura 2. Stralcio della tavola di bonifica amianto



Figura 3. Canali cemento-amianto

Dall'immagine 2. si evince la presenza di due canali: uno a sinistra molto grande nel fabbricato A e l'altro a destra nel fabbricato B. Per entrambi i canali sono state predisposte delle unità di decontaminazione e delle aree confinate all'interno delle quali vi sono i canali.

Per comprendere la pericolosità del materiale e per individuare le precauzioni necessarie si è deciso di spiegare cosa è l'amianto, cosa comporta la dispersione di fibre e di fornire informazioni in merito ai trattamenti di bonifica.

L'amianto, materiale di origine minerale a struttura microcristallina, rappresenta il generico nome di un gruppo di minerali naturali (silicati idrati). Se ne riconoscono due famiglie: serpentino e anfiboli.

Il motivo di un così diffuso impiego, in passato, è imputabile al fatto che l'amianto presentasse diverse peculiarità, tra le quali:

- Resistenza al fuoco e incombustibilità;
- Resistenza all'abrasione,
- Isolamento termico;
- Isolamento acustico;
- Bassa conducibilità elettrica;
- Resistenza all'abrasione;
- Elevato modulo elastico e resistenza alla trazione;
- Facile lavorabilità con materiali da costruzione (insieme al calcestruzzo conferiva all'impasto elevate resistenze meccaniche) e con alcuni polimeri (PVC).
- Materia prima a basso costo poiché può essere agevolmente estratta e trasportata.

Tale minerale, estratto dalle cave, presenta una struttura fibrosa. Le fibre hanno una configurazione molto particolare in quanto la lunghezza è fortemente predominante sul diametro.

Lunghezza > 5 micron
Diametro < 3 micron

A differenza delle fibre artificiali, per la disposizione spaziale dei legami chimici, le fibre di amianto tendono a separarsi longitudinalmente dando luogo a entità molto più sottili, dette fibrille. Queste ultime penetrano facilmente nell'apparato respiratorio raggiungendo gli alveoli polmonari.

Il corpo umano inspira le fibre ma, in virtù della loro struttura, restano intrappolate nei polmoni e di conseguenza non vengono più espirate.

La presenza di suddette sostanze flogogene negli alveoli polmonari favorisce la distruzione delle cellule e genera un meccanismo di difesa che determina la produzione di cellule fibrose, con conseguente ispessimento delle pareti alveolari.

L'inalazione di fibre di amianto può causare gravi patologie tra le quali riconosciamo l'asbestosi, carcinoma polmonare, il mesotelioma e pleuropatie benigne. L'insorgenza della malattia professionale si verifica anche a seguito di brevi esposizioni e dopo un periodo di incubazione molto lungo.

Se considerato minerale a sé stante, l'amianto non è pericoloso. A suscitare particolare attenzione, invece, è la dispersione di fibre nell'aria che, distaccandosi dalla matrice, possono essere facilmente inalate. A tale proposito, è necessario effettuare una distinzione tra materiali friabili e compatti. I primi sono materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere mediante la semplice pressione manuale; i secondi, sono materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di

attrezzature meccaniche. E' di facile intuizione comprendere che i materiali friabili siano molto più pericolosi, data la loro elevata capacità di disperdere fibre nell'ambiente.

Tipo di materiale	Note	Friabilità
Ricoprimenti a spruzzo e rivestimenti isolanti.	Fino all'85% circa di amianto, spesso Anfiboli, prevalentemente amosite spruzzata su strutture su strutture portanti di acciaio o su altre superfici come isolante termo-acustico.	Elevata.
Rivestimenti isolanti di tubazioni o caldaie.	Per rivestimenti di tubazioni tutti i tipi di amianto, talvolta in miscela al 6-10% con silicati di calcio. In tele, feltri, imbottiture in genere al 100%	Elevato potenziale di rilascio di fibre se i rivestimenti non sono ricoperti con strato sigillante uniforme e intatto.
Prodotti in cemento-amianto.	Attualmente il 10-15% di amianto, in genere crisotilo. Crocidolite e amosite si ritrovano in alcuni tipi di tubi e di lastre.	Possono rilasciare fibre se abrasati, segati, perforati o spazzolati, oppure se deteriorati.
Prodotti bituminosi, mattonelle di vinile con intercapedini di carta di amianto, mattonelle e pavimenti vinilici, PVC e plastiche rinforzate, ricoprimenti e vernici, mastici, sigillanti, stucchi adesivi contenenti amianto.	Dallo 0,5 al 2% per mastici, sigillanti, adesivi, al 10-25% per pavimenti e mattonelle vinilici.	Improbabile rilascio di fibre durante l'uso normale. Possibilità di rilascio di fibre se tagliati, abrasati o perforati.

Tabella 1. Principali tipi di materiali contenenti amianto e loro potenziale di rilascio delle fibre. (D.M. 06/09/1994)

Prima di effettuare qualsiasi attività, soprattutto di demolizione, è necessario adottare tutte le misure atte ad accertare la presenza o meno di amianto. E' fondamentale eseguire una valutazione del rischio per determinare l'eventuale presenza dell'agente chimico. Tale documento di valutazione è redatto dal datore di lavoro dell'impresa, all'interno del quale sono indicati tutti i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori e tutte le misure preventive e protettive volte a ridurre al minimo l'esposizione ($<0,1 \text{ ff/cm}^3$)³. Operazioni che concorrono alla valutazione del rischio sono l'ispezione visiva e il monitoraggio ambientale.

Nella valutazione del rischio si individua, in primo luogo, la natura del materiale. A seconda della tipologia del materiale e del suo stato di conservazione, si adottano diverse misure che possono contemplare il controllo periodico con procedure di manutenzione o metodi di bonifica.

³ Valore limite di esposizione a fibre di amianto aerodisperse

La bonifica può avvenire mediante rimozione, incapsulamento o confinamento. L'adozione di una tecnica non esclude necessariamente il ricorso ad un'altra (basti pensare all'intervento di confinamento la cui operazione preliminare è quella di trattare preventivamente la superficie con una soluzione incapsulante).

5.1.1 Confinamento

Il confinamento è una procedura che permette di isolare in un'area gli elementi contenenti amianto dal resto dalle altre zone dell'edificio.

Dopo l'allestimento del cantiere, comprese le unità di decontaminazione, i sistemi di confinamento devono essere collaudati mediante prova di tenuta e prova di dispersione: la prova di tenuta avviene ad estrattori spenti e consiste nel saturare di fumo il locale e verificare che non fuoriesca nulla; la prova di depressione ad estrattori accesi prevede la valutazione del rigonfiamento dei teli di polietilene e la verifica circa la presenza di eventuali zone di ristagno.

Durante le attività di cantiere è necessario effettuare un monitoraggio ambientale al fine di individuare e controllare l'eventuale dispersione di fibre di amianto nelle aree incontaminate. L'attività di monitoraggio può essere effettuata anche internamente, dopo aver provveduto alla bonifica dell'area. Si collocano delle sonde e si effettua un monitoraggio aggressivo in seguito ad attività di pulizia con getti di acqua e con un flusso di aria continuo. Si possono identificare due soglie di allarme: preallarme e allarme (superamento del valore di concentrazione di 50 f/l).

Nel caso in cui gli interventi da effettuare siano di piccola entità è possibile utilizzare la tecnica del "glove bag" come nel caso del canale sito nel fabbricato B.

Glove bag

Il glove bag è un sacco di polietilene dotato di due fori all'interno dei quali gli operatori inseriscono gli attrezzi da lavoro necessari alla rimozione. Il sacco viene posato sull'area interessata e successivamente si inserisce l'aspiratore e lo spruzzatore. Sigillato il glove bag, si proietta l'incapsulante sul materiale e si prosegue con le operazioni di rimozione dell'elemento che cadrà nella parte inferiore del sacco. Infine, il sacchetto viene chiuso, posizionando gli attrezzi utilizzati per la rimozione in un guanto del sacco, effettuando una strozzatura con del nastro, che verrà in seguito rimosso e tagliato. Durante tutte le operazioni tutto il personale ha l'obbligo di indossare i DPI di terza categoria specifici.

5.2 Rifiuti (MCA)

Il materiale rimosso, le tute da lavoro, i filtri degli estrattori e dei respiratori e i teli utilizzati per il confinamento sono considerati rifiuti di amianto e devono necessariamente essere smaltiti. L'allontanamento dei rifiuti prevede in prima analisi l'imballaggio dei materiali all'interno di un doppio telo in polietilene, avendo cura che tali sacchi non superino i trenta chili e che il materiale posto all'interno non ecceda i due terzi del riempimento massimo. La seconda fase comporta il passaggio dei sacchi nelle apposite unità di decontaminazione dei materiali.

Le unità di decontaminazione constano di diversi locali che mettono in comunicazione la zona di lavoro confinata con l'area esterna. Partendo dall'interno, riconosciamo un primo locale adibito all'aspirazione delle fibre poste sulla superficie dei sacchi; il secondo locale è adibito al lavaggio dello stesso; il terzo è destinato al secondo insaccaggio. Infine, il prodotto insaccato è portato all'esterno da un operatore dotato di maschera con prefiltro.

Preliminarmente all'operazione di conferimento in discarica, si procede allo smaltimento in un deposito temporaneo, un'area interna chiusa, inaccessibile e opportunamente segnalata in modo tale da evitare la frantumazione dei materiali. I rifiuti di amianto devono essere separati dagli altri di natura diversa e inoltre, si deve procedere alla separazione degli stessi in presenza di diverse tipologie di rifiuti contenenti amianto. I sacchi contaminati devono presentare l'apposita etichetta indicante la presenza del rifiuto. La zona destinata al deposito deve essere sempre coperta per far sì che non vi sia una dispersione di fibre.

Il deposito temporaneo dei rifiuti di amianto ha il fine di ospitare i rifiuti in attesa del prelevamento da parte di una ditta specializzata e autorizzata al trasporto. La durata del deposito è limitata ai tempi tecnici necessari per l'allontanamento.

I rifiuti di amianto possono essere classificati come pericolosi o non pericolosi. Per quanto riguarda i materiali tossici e nocivi, la normativa prevede lo smaltimento con stoccaggio definitivo nelle apposite discariche controllate; in merito ai rifiuti non pericolosi, si può optare per un conferimento in discarica o per modalità di trattamento con conseguente riutilizzo.

Nelle attività di trattamento e riutilizzo riconosciamo:

- Lavorazioni atte a ridurre il rilascio di fibre senza apportare modifiche alla composizione chimica del materiale. I processi di trattamento possono contemplare la stabilizzazione o solidificazione in matrice organica o inorganica stabile non reattiva, l'incapsulamento e la modifica parziale della struttura chimica;
- Lavorazioni che modificano interamente la struttura cristallografica dell'amianto, annullando la pericolosità intrinseca dei materiali. Gli interventi riguardano la modificazione chimica, la modificazione meccanochimica, la litificazione, la vetrificazione, la vetroceramizzazione, la litizzazione pirolitica, la produzione di clinker e la ceramizzazione.

I rifiuti sono identificati da un codice CER⁴ seguito da un numero a sei cifre di cui le prime due identificano il settore.

Per il settore edile le prime due cifre sono indicate dal numero 17. I codici che presentano un asterisco identificano un rifiuto pericoloso. E' possibile identificare alcuni dei codici CER di maggiore spicco che identificano i rifiuti di amianto:

- CER 170507 pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose;
- CER 170601 materiali isolanti contenenti amianto;
- CER 170605 materiali da costruzione contenenti amianto.

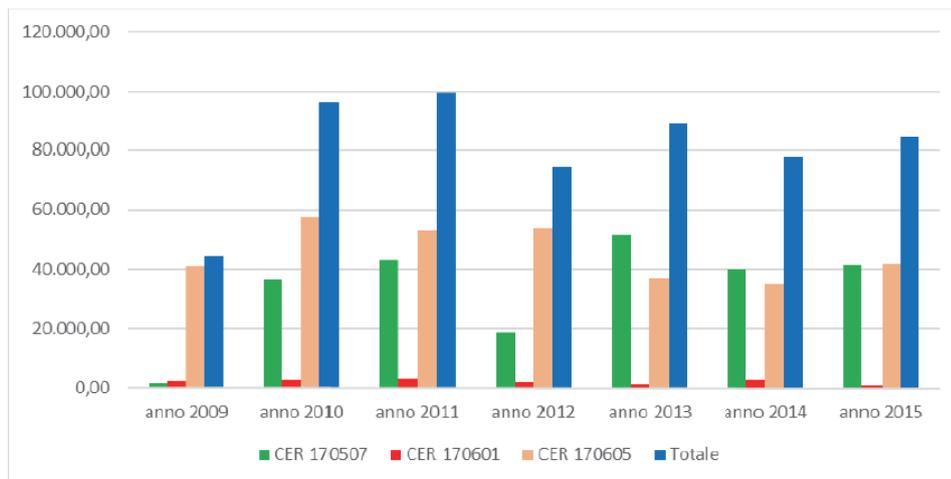


Figura 4. Produzione piemontese di rifiuti contenenti amianto (Arpa Piemonte)

I rifiuti giunti in discarica sono opportunamente protetti e ricoperti da uno strato di terreno almeno venti centimetri di altezza. E' molto importante che la fase di ricoprimento dei rifiuti avvenga con particolare cura e attenzione, onde scongiurare il pericolo di dispersione nell'aria delle fibre.

A tale proposito, particolare attenzione deve essere prestata ai mezzi di trasporto, il cui percorso non deve interferire con l'area destinata allo stoccaggio.

Lo strato superficiale deve essere realizzato con una copertura a verde e non potranno essere effettuate lavori di scavo.

5.3 Ambienti confinati

Per spazi confinati si intendono tutti gli ambienti che possono essere causa di infortunio grave o mortale. Tali ambienti si identificano come spazi confinati per la loro configurazione ridotta, per la scarsa quantità di ossigeno, per la presenza di agenti chimici

⁴ Catalogo europeo dei rifiuti

e biologici, atmosfere esplosive e rischio caduta dall'alto; fattori che concorrono a compromettere la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Per gli ambienti confinati si rende necessaria la valutazione del rischio con l'obiettivo di identificare le caratteristiche del sito, le modalità di delimitazione dell'area e le modalità di esecuzione dei lavori al fine di accertare l'assenza di pericolo per gli operatori. E' necessario, inoltre, provvedere a un'adeguata formazione, informazione e addestramento, in modo tale che solo i lavoratori specializzati siano esposti al rischio e che siano in grado di applicare tutte le procedure per un corretto utilizzo dei dispositivi di protezione individuale. Il personale competente, inoltre, deve essere al corrente di tutte le procedure operative da attuare in caso di emergenza e primo soccorso.

A tal fine è indispensabile valutare (come suggerito dall'INAIL):

- l'eventuale ricorso a una ventilazione forzata;
- l'esecuzione di monitoraggi ambientali;
- la presenza di rischi indotti dalle lavorazioni previste;
- le modalità con le quali isolare l'ambiente confinato dal resto dell'impianto;
- le modalità di verifica dell'idoneità e funzionalità delle attrezzature di lavoro e soccorso;
- le modalità di verifica dei requisiti e dell'idoneità dei dispositivi di protezione collettiva (DPC) e individuale (DPI).

5.4 Rischi di natura strutturale

L'attività di demolizione è fonte di numerosi rischi in quanto risulta essere tra le più pericolose del settore edilizio. Per questo motivo, è molto importante effettuare uno studio di carattere strutturale per evidenziare tutte le condizioni che potrebbero comportare cedimenti di alcune strutture o ancor di più, un collasso generale. Di non minor importanza è il contesto urbano, poiché potrebbe essere suscettibile di danni provenienti dalla rimozione dell'edificio demolito o di parte di esso.

Nella progettazione di una demolizione è importante esaminare lo schema statico della struttura e le caratteristiche di resistenza dei materiali.

Nel primo caso è opportuno conoscere le caratteristiche dell'opera e predisporre di tutta la documentazione tecnica necessaria, tenendo presente che la configurazione statica dello stato di fatto probabilmente sarà differente dal progetto iniziale per via di interventi postumi al periodo di realizzazione.

Nel secondo caso, l'acquisizione di nozioni relative ai materiali e alla loro resistenza, alle tecnologie usate un tempo e alla qualità degli elementi allo stato attuale è di fondamentale importanza.

Durante le operazioni di demolizione si può ricorrere ad un monitoraggio strutturale che consenta di controllare la stabilità delle strutture e rilevare le vibrazioni indotte dalle

attrezzature utilizzate, a livello locale o globale. Ogni iniziativa deve essere valutata in primo luogo sotto il profilo di statica locale, ossia di tutti quegli elementi le cui sollecitazioni non provocano necessariamente il collasso e, in secondo luogo, sotto il profilo di statica globale, la cui crisi potrebbe comportare il crollo generale di tutto il fabbricato.

Prima dell'esecuzione dei lavori, sono state effettuate indagini all'interno dei fabbricati volte ad individuare la resistenza meccanica delle strutture. All'uopo sono stati compiuti dei carotaggi che hanno messo in luce alcune problematiche. Le murature rilevate sono di scarsa consistenza e sono inoltre presenti diverse aperture (cavedi e canne fumarie) che ne indeboliscono la struttura.

In particolare, merita una maggiore considerazione il fabbricato "C" in quanto, l'immobile ad esso adiacente, non presenta una propria parete perimetrale, ma risulta collegata staticamente all'edificio interessato. Si potrebbe pensare che tale intervento sia stato realizzato nel secolo scorso perché consuetudine costruttiva di quel tempo.

Si rende necessaria l'elaborazione di una soluzione che possa permettere la demolizione dei solai del fabbricato con relativa costruzione dei nuovi, in modo tale da non inficiare sulla stabilità dell'edificio vicino.

6. Piano di demolizione

Il progetto di riqualificazione dell'immobile sito in Via Maria Vittoria prevede la rimozione e la demolizione di una serie di strutture e la successiva redazione di un piano che definisca le varie operazioni, le modalità con cui verranno effettuate e le conseguenti misure di sicurezza.

Il presente Piano di Demolizione ha lo scopo di fornire le indicazioni necessarie per l'esecuzione delle attività di demolizione nel rispetto dei criteri di sicurezza riportati nel Piano di Sicurezza e Coordinamento e dare delle linee guida all'impresa per poter recepire le indicazioni contenute e poterle ampliare nel proprio Piano di Demolizioni.

È importante sottolineare che è compito dell'impresa esecutrice redigere un proprio piano delle demolizioni da allegare all'interno del POS.

La stesura di tale piano è articolata in diversi punti chiave riguardanti nello specifico l'estensione dell'intervento, la conoscenza del sito all'interno del quale vi è l'immobile, l'individuazione delle strutture e l'ordine con il quale saranno effettuate le lavorazioni, le modalità esecutive che l'impresa dovrà adottare, la valutazione dei rischi afferenti tutte le attività, l'iter dello smaltimento delle macerie e le procedure di emergenza.

È opportuno sottolineare che la metodologia di demolizione a cui fa riferimento il documento è quella tipica tradizionale, sebbene in diverse attività si faccia ricorso ad attrezzature più "controllate".

6.1 Individuazione del sito di intervento

L'immobile in esame è ubicato in pieno centro storico a Torino all'interno della I circoscrizione, nelle immediate vicinanze di Piazza San Carlo.



Figura 5. Vista dall'alto dell'immobile in esame all'incrocio tra le vie Maria Vittoria e Bogino.

L'area in esame è caratterizzata da tre edifici A, B e C: i primi due constano di cinque piani fuori terra, due ammezzati e uno interrato, mentre l'edificio C presenta quattro piani e uno interrato. All'interno dell'area è presente un cortile attraverso il quale è possibile accedere al fabbricato C. E' stato previsto un ulteriore ingresso su via Bogino destinato esclusivamente al transito dei lavoratori in cantiere.

L'immobile, essendo antico, risulta in parte vincolato nei fabbricati A e B poiché presenta alcuni elementi di pregio storico e architettonico. Non è invece il caso dell'edificio C, che non presenta elementi architettonici di grande rilievo le cui strutture non sono più conformi alle prescrizioni vigenti.

Di seguito si riportano i prospetti dell'immobile di cui i primi due inerenti ai corpi A e B e il terzo, interno, riferito al C.

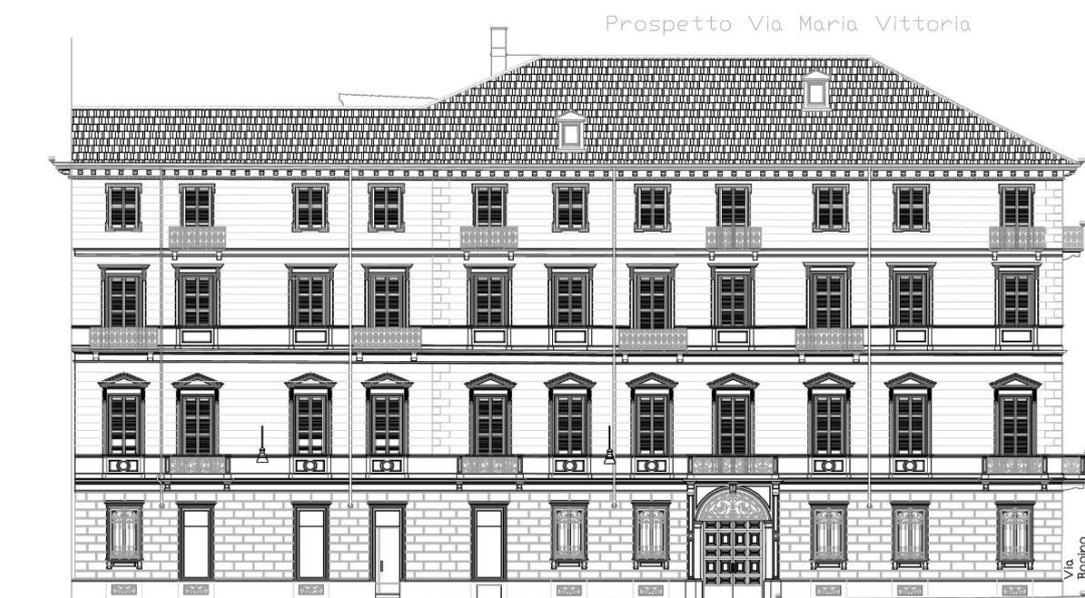


Figura 6. Prospetto via Maria Vittoria

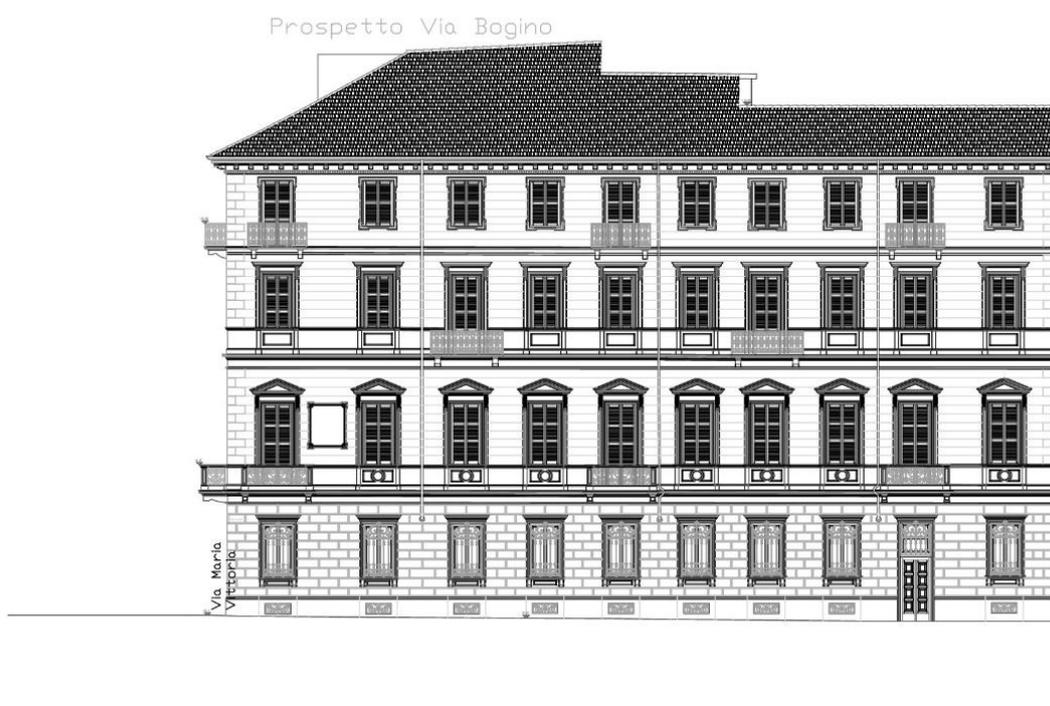


Figura 7. Prospetto via Bogino



Figura 8. Prospetto edificio C

6.2 Analisi del contesto

Un'attenta analisi del contesto è un'operazione fondamentale al fine di individuare eventuali edifici sensibili in modo da non arrecare danni ad essi durante le attività di demolizione. Tale analisi è propedeutica per definire gli spazi necessari per l'allestimento del cantiere e la viabilità.

Nelle immediate vicinanze riconosciamo:

- A nord attività commerciali al piano terra e ai piani superiori edifici di civile abitazione.
- A sud edifici di civile abitazione di cui due adiacenti all'immobile in esame.
- A est attività commerciali al piano terra e ai piani superiori edifici di civile abitazione.
- A ovest uffici.

6.3 Classificazione delle strutture da demolire

Un'esaustiva descrizione dello stato dell'arte è stata già effettuata nel primo capitolo, per cui, l'intento di questo paragrafo è quello di identificare e fornire ragguagli immediati in merito alle strutture da rimuovere. Al fine di rendere la struttura pronta per l'intervento di ristrutturazione, si è reso necessario il ricorso alla tecnica di strip-out. In primo luogo si è proceduto con l'allontanamento di tutti gli arredi e delle attrezzature presenti, successivamente sono stati rimossi tutti gli impianti esistenti (elettrico, idrico, termico e del gas), i sanitari e i controsoffitti interni.

Lo strip-out ha interessato anche la rimozione dei serramenti interni ed esterni.

Per quanto concerne gli edifici A e B le parti suscettibili di intervento sono:

- a) Tetto: il solaio di copertura presenta lo schema strutturale alla piemontese, caratterizzato da elementi orizzontali (correnti) poggianti su travi inclinate chiamate puntoni. Questi ultimi sono appoggiati a loro volta sulla muratura portante perimetrale da una estremità, sull'altra o sulla trave di colmo o sul muro di spina.
- b) Solai sottotetto e controsoffittature: i solai del sottotetto sono stati realizzati sia in putrelle e laterizio sia in legno con differenti stratigrafie. Le controsoffittature rilevate sono a cassettoni, in cannicciato e in cartongesso.
- c) Scale di accesso al sottotetto: le scale di accesso al sottotetto sono due, una per il corpo A e un'altra per il corpo B. Entrambe sono state costruite in pietra.
- d) Solai piano terzo: i solai del piano terzo sono stati realizzati sia in putrelle e laterizio sia in legno con differenti stratigrafie.
- e) Tramezzature e murature: le murature e i tramezzi sono stati realizzati rispettivamente con mattoni pieni e mattoni forati.

Relativamente al manufatto C le strutture interessate sono:

- a) Tetto: il solaio di copertura presenta lo schema strutturale alla piemontese, caratterizzato da elementi orizzontali (terzere o arcarecci) poggianti su travi inclinate chiamate puntoni. Questi ultimi sono appoggiati a loro volta sulla muratura portante perimetrale da una estremità, sull'altra o sulla trave di colmo o sul muro di spina.
- b) Solai intermedi: i solai intermedi sono stati realizzati con putrelle e tavelle e poggiano su volte a botte e padiglione.
- c) Vano scala: il vano scala di collegamento tra piano primo, secondo e terzo è stato costruito in pietra.
- d) Tramezzature e murature: le murature e i tramezzi sono stati realizzati rispettivamente con mattoni pieni e mattoni forati.

6.4 Programmazione delle demolizioni

La programmazione è fondamentale per definire la tecnica di demolizione, le macchine utilizzate, la sequenza delle operazioni e la manodopera occorrente. Secondo quanto previsto dal Testo Unico D.Lgs. 81/08, è necessario stabilire un ordine delle demolizioni al fine di eseguire i lavori con cautela e ordine.

La successione dei lavori deve risultare da apposito programma contenuto nel POS, tenendo conto di quanto indicato nel PSC, ove previsto, che deve essere tenuto a disposizione degli organi di vigilanza.

Le operazioni di demolizione in genere dovrebbero partire dall'alto verso il basso, tenendo presente le reali condizioni dell'edificio, i vincoli e l'organizzazione del cantiere prevista. Non esiste un metodo univoco per tutti i cantieri, ma in questo caso si procederà prima con la rimozione della copertura e in seguito con lo smantellamento di tutte le altre strutture.

La sequenza prevista per gli edifici A e B è:

- a) Demolizione e ricostruzione copertura;
- b) Demolizione tramezzi e porzioni di murature;
- c) Demolizione e ricostruzione solai;
- d) Demolizione scale di accesso al sottotetto;

Per quanto concerne l'edificio C, le demolizioni procederanno nello stesso ordine:

- a) Demolizione e ricostruzione copertura;
- b) Demolizione tramezzi e murature;
- c) Demolizione e ricostruzione solai intermedi;
- d) Demolizione vano scala.

Alcune di queste attività saranno eseguite contemporaneamente, al fine di ottimizzare il lavoro e rientrare nelle tempistiche previste prima della fase di esecuzione dei lavori.

6.5 Schede demolizioni

Sono state elaborate delle schede inerenti a tutte le attività di demolizione previste all'interno delle quali è possibile conoscere la procedura operativa, le macchine e le attrezzature necessarie e le misure di sicurezza da adottare.

Durante le ultime operazioni di demolizione delle strutture, si provvederà con la costruzione delle opere provvisorie. Il ponteggio ricoprirà un ruolo fondamentale in quanto a servizio dei lavoratori per tutte le operazioni di smontaggio del tetto. Sarà installato lungo tutto il perimetro della copertura, ad eccezione di alcune parti in cui saranno realizzati parapetti di protezione. Il ponteggio dovrà rispondere agli schemi previsti nell'autorizzazione ministeriale.

Una particolare attenzione è stata dedicata al rischio rumore e al rischio polveri, in quanto, configurano tra le maggiori discriminanti (ma non le uniche) in merito al ricorso a un approccio controllato o tradizionale, il cui confronto è stato analizzato nel capitolo 8.

Ad ogni attività, stratigrafia ed elemento di ogni pacchetto costruttivo, è stato assegnato un codice (individuabile in un abaco redatto appositamente, allegato 1). Le operazioni di demolizione sono facilmente individuabili dal codice: "DEM.XX_0X.X x".

Le prime tre lettere caratterizzano il tipo di attività eseguita in cantiere, le due (o anche tre) cifre a seguire identificano il pacchetto costruttivo, le altre due individuano il fabbricato esaminato ("01" riconducibile ad A e B, "02" a C), la penultima il piano e l'ultima, la specifica stratigrafia della tipologia costruttiva. A titolo di esempio:

DEM.PIO_01.4 a

- "DEM" demolizione;
- "PIO" partizione interna orizzontale;
- "01" fabbricati A e B;
- "4" piano quarto;
- "a" solaio putrelle e tavole.

Demolizione copertura edifici A e B

Codice: DEM. CO_01

Descrizione

La chiusura orizzontale di copertura degli edifici A e B è del tipo discontinuo, costituita da molteplici falde la cui geometria dipende dalla pianta.

Il tetto è in legno con un'orditura complessa e travi ammalorate di sezione non più conforme alle normative vigenti, pertanto è prevista la sua demolizione e successivo rifacimento.

L'accesso in copertura avverrà mediante l'utilizzo dell'ultimo implacato del ponteggio, dotato di un parapetto di sommità, realizzato esternamente su via Maria Vittoria e via Bogino, internamente, nel cortile. In corrispondenza dei fronti adiacenti ad altri edifici, si dovranno predisporre dei parapetti di protezione.

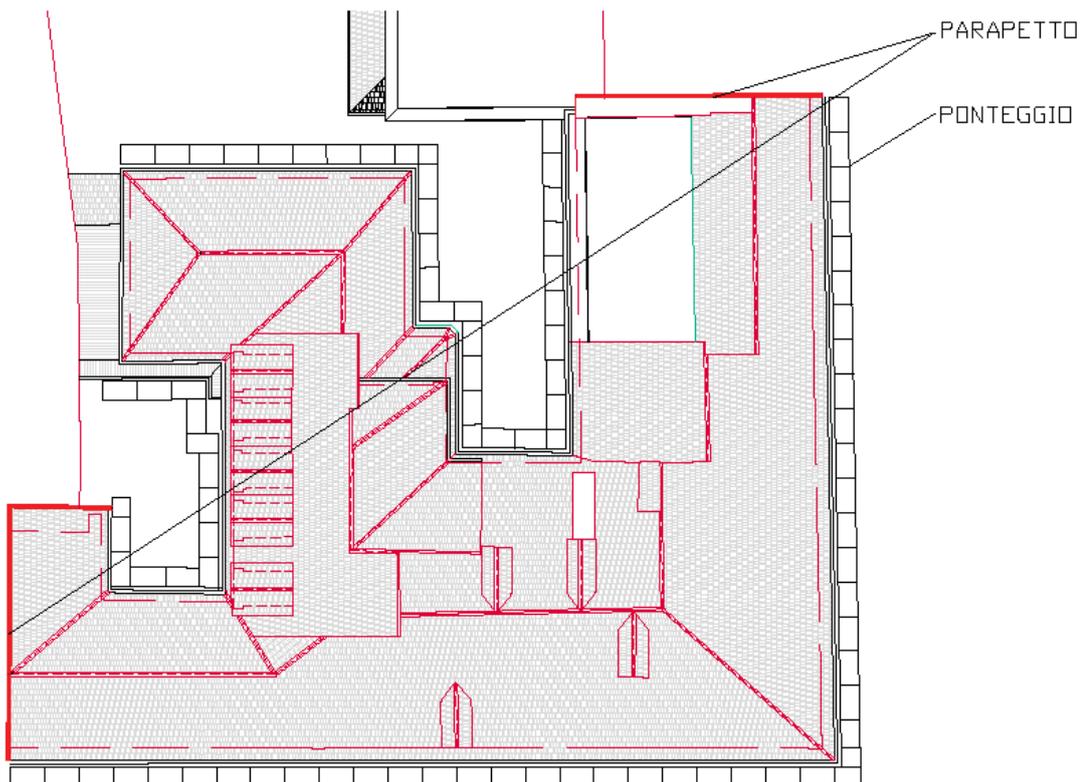


Figura 9. Posizionamento ponteggio e parapetti

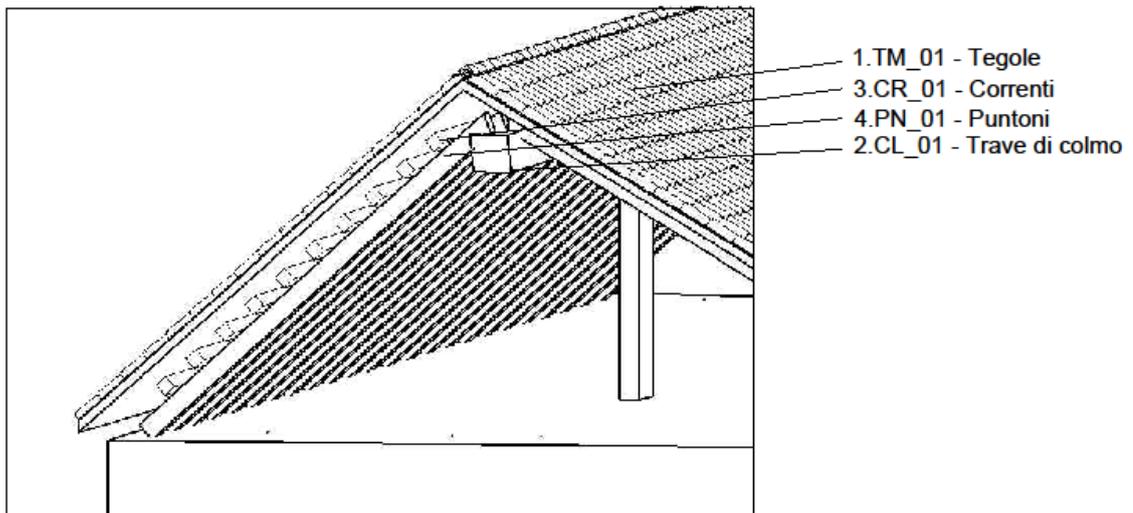


Figura 10. Stratigrafia copertura

Manto di copertura

Codice: TM_01

L'asportazione del manto di copertura avverrà manualmente partendo dall'alto, in corrispondenza della trave di colmo.

Misure di sicurezza

Gli operatori arriveranno in quota per mezzo del ponteggio il cui parapetto configurerà come dispositivo di protezione collettiva. Tuttavia il parapetto del ponteggio non è sufficiente per scongiurare il rischio di caduta dall'alto durante l'attività, per questo motivo, come suggerito dal D.Lgs. 81/08 si farà ricorso a una rete di protezione in corrispondenza del sottotetto.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- caduta dall'alto;
- urti;
- caduta di materiale dall'alto;
- movimentazione manuale dei carichi.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro;
- tuta da lavoro;
- guanti.

Piccola orditura

Codice: CR_01

La rimozione della piccola orditura a sostegno del manto di copertura avverrà mediante schiodatura per mezzo di palanchini, utensili manuali e successivamente sarà riunita in fasci per l'allontanamento. Gli operatori effettueranno l'operazione su impalcati posti al piano sottostante.

Misure di sicurezza

Durante tutta l'attività l'area dovrà essere delimitata e solo gli operatori addetti potranno lavorare su tali impalcati. Gli operatori prima della rimozione dovranno verificare la solidità e la planarità del piano di appoggio e lo stato di usura degli elementi metallici.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- urti;
- caduta di materiale dall'alto;
- movimentazione manuale dei carichi.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro;
- tuta da lavoro;
- guanti.

Grande orditura

Codice: PN_01

La rimozione dei falsi puntoni e della trave di colmo avverrà tramite smerigliatrici con opportuni dischi per il taglio.

Misure di sicurezza

Durante tutta l'attività l'area dovrà essere delimitata e solo gli operatori formati, informati e addestrati potranno lavorare sull'impalcato. Prima di effettuare il taglio sarà necessario verificare la presenza del libretto d'uso e manutenzione dell'attrezzatura e sarà opportuno imbracare le strutture per facilitare l'allontanamento. Gli operatori prima della rimozione dovranno verificare la solidità e la planarità del piano di appoggio e lo stato di usura degli elementi metallici.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- urti;
- caduta di materiale dall'alto;
- inalazione polveri;
- tagli, abrasioni da contatto con l'utensile;
- rumore;
- elettrocuzione.

DPI

- casco;
- scarpe da lavoro;
- tuta da lavoro;
- guanti;
- mascherina antipolvere;
- otoprotettori.
- occhiali a maschera

Rischio rumore

Le smerigliatrici presentano una rumorosità molto elevata che supera i 100 dB. In genere, nelle attrezzature con motore elettrico la potenza sonora può superare i 108 dB, mentre la pressione sonora i 104 dB. Poiché i livelli di esposizione sono riferibili

ad una classe di rischio alta, è obbligo del lavoratore indossare le cuffie protettive che permettano di ascoltare senza rimuoverle o, in alternativa, optare per un casco con cuffie incorporate.

Rischio polveri

Le smerigliatrici producono quantitativi di polvere piuttosto elevati, tuttavia, essendo dotati di un collettore collegato a un aspiratore per ridurre le emissioni polverulente, si potrà ricorrere ad una mascherina antipolvere FFP1.

Demolizione partizioni interne orizzontali sottotetto edifici A e B

Codice: DEM. PIO_01.4

Descrizione

I solai del sottotetto sono stati realizzati sia in legno, con differenti stratigrafie e differenti controsoffittature, sia in putrelle e tavelloni (come evidenziato nell'immagine seguente) con struttura irregolare e disordinata. Quest' ultimi, inoltre, saranno sostituiti da solai in latero-cemento.

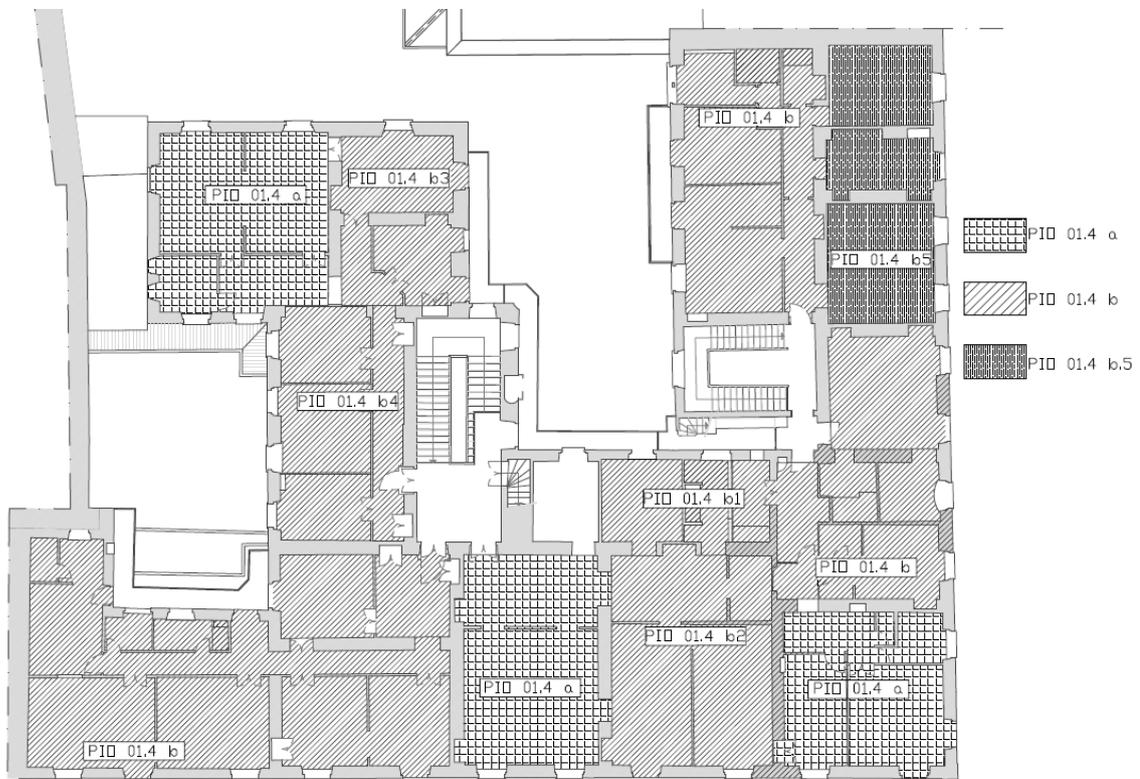


Figura 11. Solai piano sottotetto

Codice: DEM. PIO_01.4 a

In questo piano vi sono diversi solai con putrelle e laterizi aventi differenti altezze. La modalità di demolizione è sempre la stessa per cui si è scelto di analizzare un solo solaio.

La demolizione di tale solaio può essere effettuata in due fasi: asportazione delle pannelle in cotto e successiva rimozione dei campi dei solai e delle putrelle.

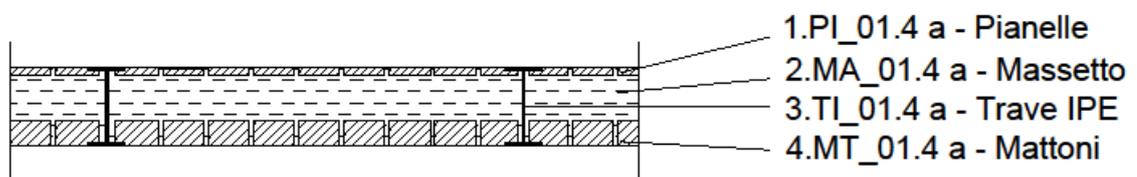


Figura 12. Stratigrafia solaio putrelle e laterizio a

Pannelle in cotto

Codice: PI 01.4 a

L'asportazione delle pannelle in cotto può essere effettuata mediante un palanchino avendo cura di non danneggiare la pavimentazione che sarà successivamente riutilizzata.

L'attrezzatura sarà sollevata al piano per mezzo di un argano elettrico opportunamente agganciato al ponteggio.

Misure di sicurezza

E' necessario che il personale formato e informato proceda con cautela, avendo cura di non danneggiare la pavimentazione che sarà successivamente riutilizzata. Per tutta la durata della lavorazione la zona di lavoro dovrà essere pulita, ordinata, illuminata e delimitata mediante un nastro.

Si prescrive, inoltre, il posizionamento di un cartello che inviti i lavoratori ad indossare i DPI.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- tagli, abrasioni da contatto con l'utensile;
- urti, colpi;
- polvere;

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro;
- occhiali a maschera per la proiezione frontale di schegge;
- tuta da lavoro;
- mascherina antipolvere;
- guanti.

Rischio polveri

Durante la rimozione della pavimentazione è consigliabile irrorare d'acqua la superficie in quanto, l'asportazione delle piastrelle può provocare la dispersione di polveri.

Per questo motivo, si consiglia ai lavoratori l'utilizzo di maschere antipolvere FFP1.

Massetto

Codice: MA_01.4 a

Il massetto, di spessore 10 cm, potrà essere demolito mediante l'uso di un martello pneumatico. Alcuni modelli presentano un controllo delle vibrazioni per scongiurare il pericolo di disturbi vascolari, osteoarticolari, neurologici e muscolari.

Misure di sicurezza

E' necessario che solo il personale formato e informato e addestrato utilizzi l'apparecchiatura. Sarà necessario verificare il libretto d'uso e manutenzione dell'attrezzatura e lo stato di usura.

Il martello sarà sollevato al piano con l'ausilio di un argano elettrico.
Prima dell'utilizzo dell'utensile, bisognerà verificare l'eventuale presenza di impianti.
Per tutta la durata della lavorazione la zona di lavoro dovrà essere delimitata mediante un nastro.

Si prescrive, inoltre, il posizionamento di un cartello che inviti i lavoratori ad indossare i DPI.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- vibrazioni mano braccio;
- rumore;
- polvere;
- elettrocuzione;
- impatti e lacerazioni.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro;
- occhiali a maschera per la proiezione frontale di schegge;
- tuta da lavoro;
- mascherina antipolvere;
- guanti.
- otoprotettori.

Rischio rumore

Il rischio rumore è molto elevato, i livelli di potenza sonora superano i 100 dB. E' fondamentale l'uso di cuffie protettive che permettano però, di ridurre l'attenuazione per poter ascoltare una conversazione o avvertire eventuali segnali d'allarme.

Rischio polveri

Sarà necessario irrorare d'acqua la superficie in quanto, i martelli pneumatici producono quantitativi di polvere piuttosto elevati. I lavoratori potranno utilizzare delle maschere antipolvere FFP2.

Mattoni

Codice: MT_01.4 a

I mattoni in cotto, interposti tra le travi, possono essere demoliti mediante martello pneumatico. Le modalità di rimozione sono le stesse del massetto (MA_01).

Trave

TI_01.4 a

Il processo di rimozione delle travi in esame, del tipo IPE, prevede il taglio mediante cannello ossiacetilenico con l'ausilio di un impalcato sottostante avente una duplice funzione: ridurre ed eliminare il rischio di caduta dall'alto per eventuale sfondamento del solaio e indispensabile accorgimento per creare un piano di lavoro sottostante per la creazione del nuovo solaio.

Misure di sicurezza

E' indispensabile che i lavoratori siano formati e informati e addestrati sui rischi e sulle modalità di esecuzione dell'attività e di utilizzo delle attrezzature. Allo scopo, sarà importante verificare la presenza del manuale d'uso e di manutenzione delle macchine.

I lavoratori dovranno disporre dell'idonea imbracatura. L'operazione richiederà la delimitazione dell'area e la presenza di cartellonistica.

Rischi

- inalazione fumi e polveri;
- ustioni;
- proiezione di particelle solide ad alta temperatura;
- incendio.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- schermo facciale;

- semimaschere filtranti antigas;
- tuta ignifuga;
- scarpe con puntale in acciaio per evitare urti, abrasioni, perforazioni;
- guanti di protezione contro i rischi termici;
- ghettoni di protezione;
- otoprotettori;

Rischio rumore

L'utilizzo del cannello non comporta rischi elevati per l'udito, tuttavia è opportuno utilizzare degli inserti con archetto.

Rischio polveri

Durante l'attività l'emissione di polveri è molto elevata, pertanto, si prescrive l'utilizzo di un respiratore per filtrare polveri e gas.

Codice: DEM. PIO_01.4 b.1

In questo piano sono stati rilevati solai in legno con differenti stratigrafie. La demolizione di tale solaio può essere effettuata in più fasi: asportazione del tavolato, rimozione dei listelli e allontanamento delle travi previa rimozione del controsoffitto in cannicciato.

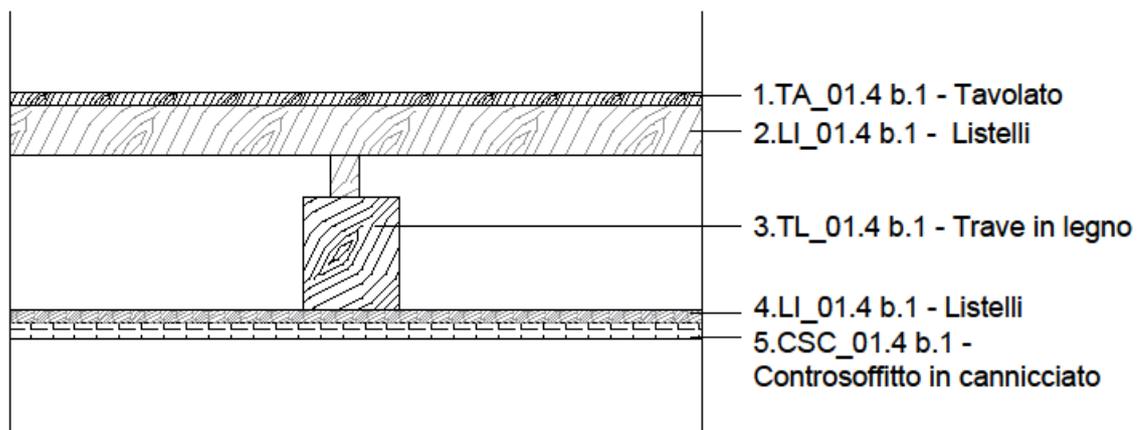


Figura 13. Stratigrafia solaio in legno b.1

Tavolato

Codice: TA_01.4 b.1

La pavimentazione è il primo strato che verrà rimosso, con l'ausilio di una smerigliatrice che opera come una troncatrice manuale. Sono utilizzati principalmente dischi abrasivi indeformabili. Questa tecnica non permette, tuttavia, di tagliare a filo della muratura, per via della configurazione dell'apparecchiatura; per questo motivo, si dovrà ricorrere all'utilizzo di un palanchino per le assi in corrispondenza della struttura.

L'attrezzatura sarà sollevata al piano per mezzo di un argano elettrico opportunamente agganciato al ponteggio.

Misure di sicurezza

E' necessario che solo il personale formato e informato e addestrato utilizzi l'apparecchiatura. Sarà necessario verificare il libretto d'uso e manutenzione

dell'attrezzatura. Per tutta la durata della lavorazione la zona di lavoro dovrà essere pulita, ordinata, illuminata e delimitata mediante un nastro.

Si prescrive, inoltre, il posizionamento di un cartello che inviti i lavoratori ad indossare i DPI.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- tagli, abrasioni da contatto con l'utensile;
- vibrazioni;
- rumore;
- polvere;
- elettrocuzione.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro;
- occhiali a maschera;
- tuta da lavoro;
- mascherina antipolvere;
- guanti.
- otoprotettori.

Il rischio rumore e il rischio polveri sono stati già descritti in precedenza nel paragrafo PN_01

Listelli

Codice: LI_01.4 b.1

I listelli, di dimensioni 10x16 cm dovranno essere rimossi manualmente dagli operatori. Sarà indispensabile l'intervento di almeno due operai per la loro asportazione.

Misure di sicurezza

I lavoratori dovranno sollevare il materiale con estrema cautela, disporre dell'ideale imbracatura e ancorarsi tramite ganci. L'operazione richiederà la delimitazione dell'area.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- caduta;
- urti;

DPI

- casco;
- tuta da lavoro;
- scarpe con puntale in acciaio per evitare urti per un'eventuale caduta del materiale;
- guanti di uso generale;
- DPI anticaduta.

Controsoffitto

Codice: CSC_01.4 b.1

Il controsoffitto in cannicciato è caratterizzato da stuoie di canne legate con filo, ancorate a centinature di legno con chiodi quadrati, a loro volta collegate alle travi dei solai. Lo strato verrà rimosso con una cesoia elettrica con l'ausilio di un ponte su ruote.

Misure di sicurezza

Sarà importante verificare la presenza del libretto d'uso e manutenzione e il corretto montaggio del trabattello. Sarà vietato lo spostamento del ponte su ruote nel caso in cui vi sia un operatore su di esso.

E' importante che il taglio delle stuoie non avvenga in corrispondenza dell'operatore per evitare il crollo del materiale e rischi di offesa al capo.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- caduta di materiale dall'alto;

- inalazione polveri;
- tagli, abrasioni;
- urti;
- rumore;
- elettrocuzione.

DPI

Sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- tuta da lavoro;
- scarpe;
- guanti;
- mascherina antipolvere;
- occhiali di protezione;
- otoprotettori.

Rischio rumore

I livelli di rumorosità delle cesoie elettriche può oscillare tra i 93 e 99 decibel, pertanto si prescrive l'utilizzo di cuffie che permettano però, di ridurre l'attenuazione per poter ascoltare una conversazione o avvertire eventuali segnali d'allarme.

Rischio polveri

Si consiglierà l'utilizzo di mascherine antipolvere (FFP1).

Trave

Codice: TL_01.4 b.1

In ultima analisi, le travi di legno verranno smontate dal basso con l'ausilio di un trabattello tramite smerigliatrici con opportuni dischi per il taglio.

L'attrezzatura sarà sollevata al piano per mezzo di un argano elettrico opportunamente agganciato al ponteggio.

Misure di sicurezza

I lavoratori dovranno tagliare il materiale per sezioni con estrema cautela. L'operazione richiederà la delimitazione dell'area e un sistema di puntellamento per evitare caduta del materiale sugli operatori. Le altre misure di sicurezza da attuare e rischi presenti sono gli stessi analizzati nel paragrafo PN_01.

Codice: DEM. PIO_01.4 b.2

La rimozione di tale solaio è articolata nelle fasi precedentemente descritte nel paragrafo *DEM. PIO_01.4 b.1* con la differenza che, dopo l'asportazione delle cementine, il massetto di allettamento sarà rimosso con l'utilizzo di una mazza e scalpello; pertanto, si analizzeranno nel dettaglio le misure di sicurezza inerenti a questa fase.

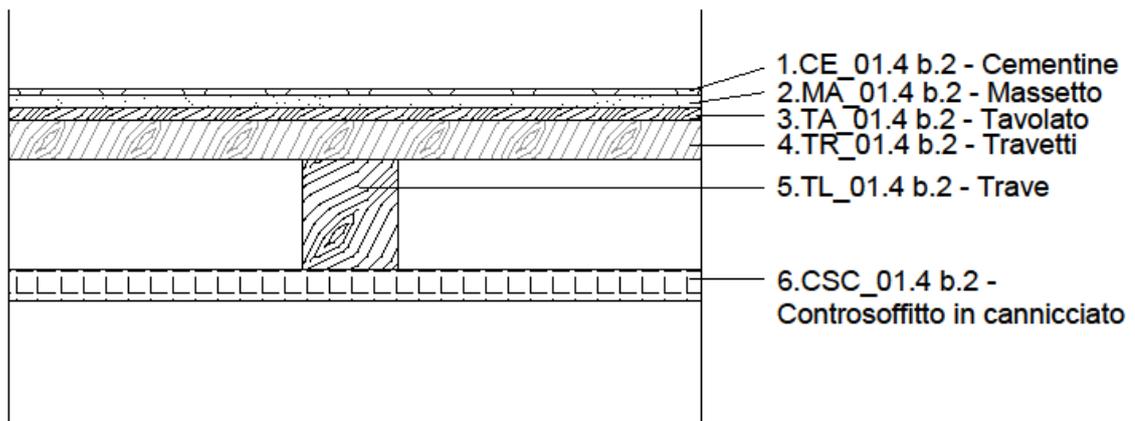


Figura 14. Stratigrafia solaio in legno b.2

Massetto

Codice: MA_01.4 b.2

Misure di sicurezza

E' necessario che il personale utilizzi le attrezzature secondo le norme di buona pratica e si assicuri che siano in buono stato.

Per tutta la durata della lavorazione la zona di lavoro dovrà essere delimitata mediante un nastro.

Si prescrive, inoltre, il posizionamento di un cartello che inviti i lavoratori ad indossare i DPI.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- inalazione di polveri;
- tagli;
- proiezione di schegge;
- urti, colpi;
- rumore;
- piccole vibrazioni.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- scarpe da lavoro con puntale in acciaio;
- occhiali a maschera per la proiezione frontale di schegge;
- tuta da lavoro;
- mascherina antipolvere;
- guanti.
- otoprotettori.

Rischio rumore

Il rischio rumore è accettabile ma è consigliabile utilizzare degli inserti.

Rischio polveri

L'emissione di polveri durante questa attività è piuttosto elevata ed è necessario disporre di una mascherina FFP2.

Codice: DEM. PIO_01.4 b.3

La rimozione del solaio è articolata in diverse fasi come analizzate precedentemente: asportazione della pavimentazione, schiodatura e allontanamento dei listelli, rimozione del controsoffitto e taglio delle travi di legno.

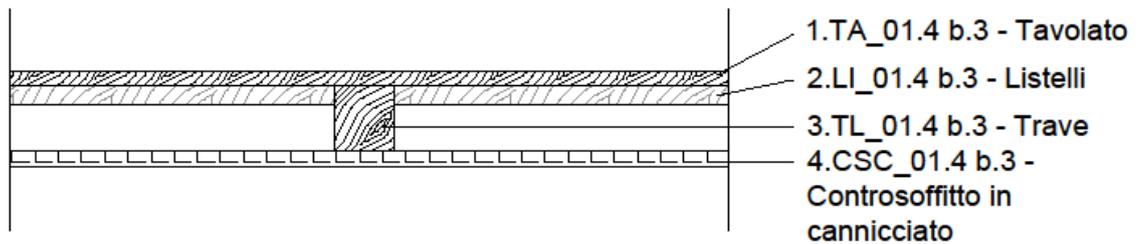


Figura 15. Stratigrafia solaio in legno b.3

Codice: DEM. PIO_01.4 b.4

La rimozione del solaio è articolata in diverse fasi come analizzate precedentemente nel paragrafo DEM.PIO_01.4 b.2

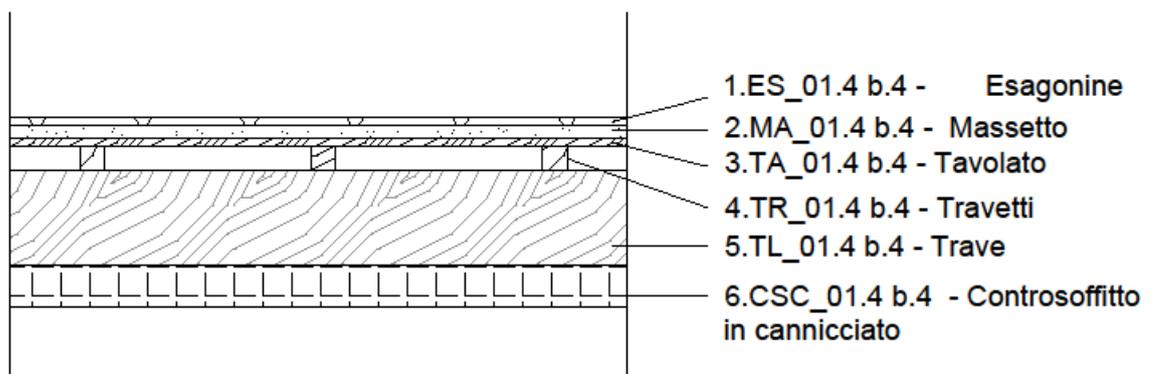


Figura 16. Stratigrafia solaio in legno b.4

Demolizione partizioni interne inclinate edifici A e B

Codice: DEM. PII_01.3-4

Descrizione

Le scale di accesso al sottotetto saranno demolite sia per l'edificio A sia per B al fine di adeguare gli spazi di passaggio e per consentire l'abbassamento della quota di piano del sottotetto.

La demolizione delle scale avverrà immediatamente dopo la demolizione del solaio del sottotetto con seghe da parete e dopo aver installato un idoneo sistema di puntellamento.

Il ricorso a seghe da parete con disco diamantato presenta numerosi vantaggi: taglio a filo della muratura, assenza di percussioni, assenza di vibrazioni, assenza di polveri e basso affaticamento del personale. Inoltre, l'efficacia di questa attrezzatura restituisce una buona produzione giornaliera in metri quadrati di taglio.

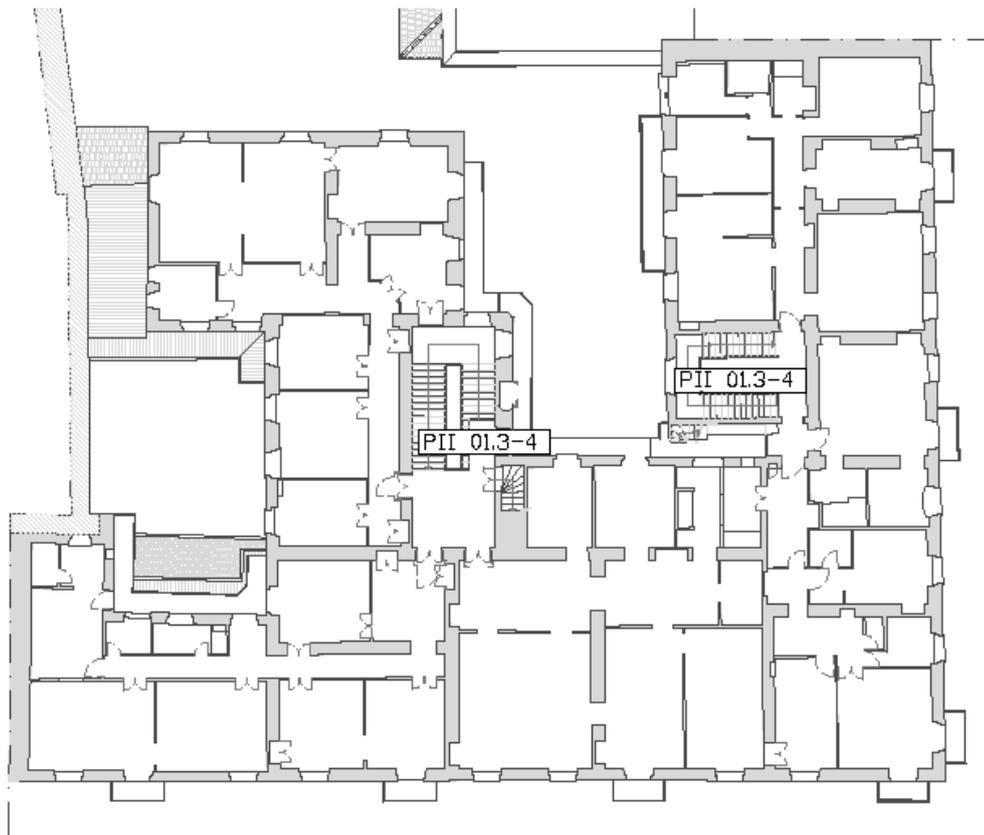


Figura 17. Identificazione scale di accesso al sottotetto

Misure di sicurezza

Durante tutta l'attività l'area dovrà essere delimitata e sarà necessario che solo il personale formato, informato e addestrato utilizzi la sega. Sarà importante verificare la presenza del libretto d'uso e di manutenzione. In genere, per tutta l'attività sarà sufficiente un solo operatore che lavorerà in quota su un trabattello. Talvolta potrà essere utile un secondo operatore adibito all'allontanamento del materiale frantumato e dell'acqua di raffreddamento per il disco diamantato.

Rischi

I rischi derivanti durante l'operazione possono essere:

- urti e schiacciamento dita per la caduta di materiale;
- tagli e abrasioni;
- irritazioni della pelle da contatto con il liquido idraulico della centralina oleodinamica;
- elettrocuzione.
- rumore;
- proiezione di schegge.

DPI

All'uopo sarà opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- scarpe da lavoro con puntale in acciaio;
- tuta da lavoro;
- guanti;
- occhiali a maschera o visiere;
- otoprotettori;

Rischio rumore

La rumorosità di questa attrezzatura è molto elevata, raggiunge e può superare i 100 dB. Sarà obbligatorio utilizzare per tutta l'attività cuffie antirumore o, in alternativa, caschi con cuffie incorporate che permettano però, di ridurre l'attenuazione per poter ascoltare una conversazione o avvertire eventuali segnali d'allarme.

Demolizione partizioni interne orizzontali piano terzo edifici A e B

Codice: DEM. PIO_01.3

Descrizione

I solai del piano terzo, come quelli del sottotetto, sono stati realizzati sia in legno sia in putrelle e tavelloni (come evidenziato nell'immagine seguente) con struttura irregolare e disordinata. Questi ultimi, inoltre, saranno sostituiti da solai in laterocemento.

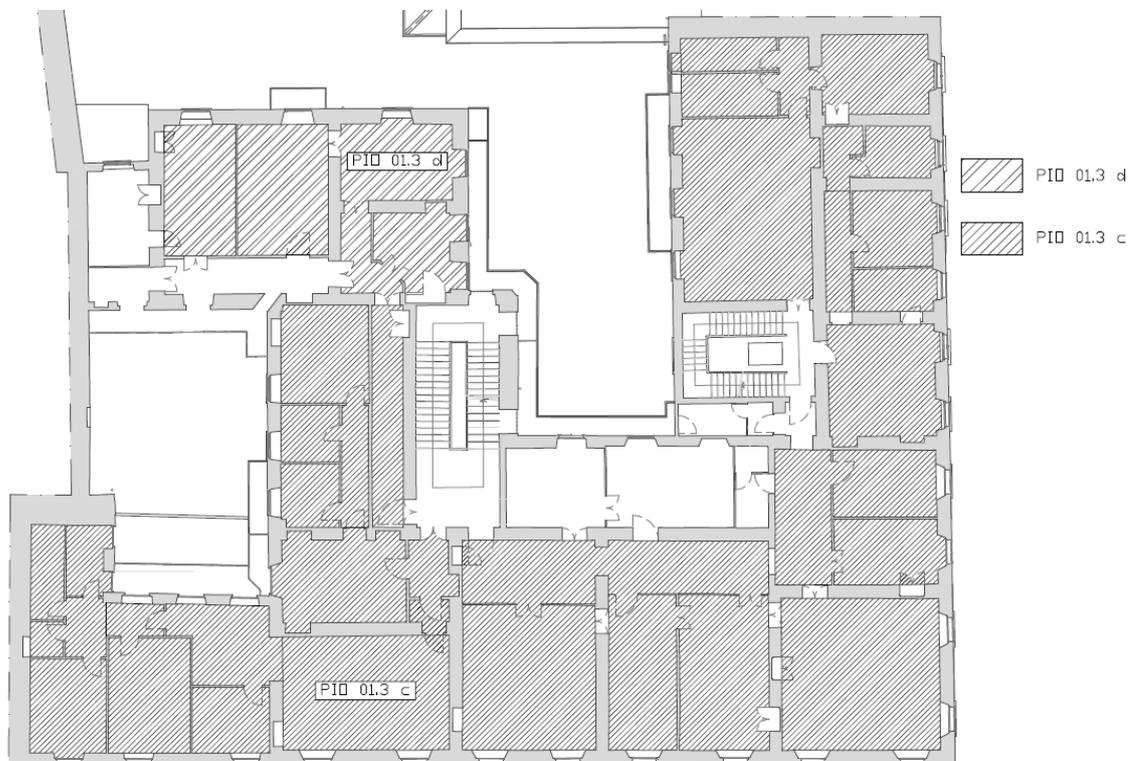


Figura 18. Solai piano terzo

DEM. PIO_01.3 c

La rimozione di tale solaio è analoga a quella del solaio in legno (paragrafo DEM PIO_01.4 b.1). Nel caso in esame, il controsoffitto in cannicciato è stato coperto da un ulteriore controsoffitto in cartongesso. Si analizzeranno di seguito le procedure per la sua rimozione.

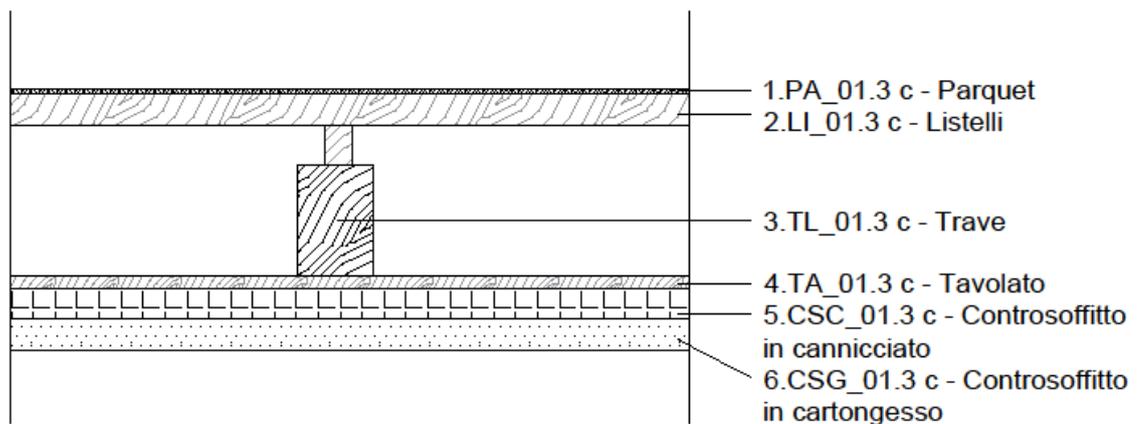


Figura 19. Stratigrafia solaio in legno c

Controsoffitto

Codice: CSG_01.3 c

Il controsoffitto in cartongesso è stato realizzato successivamente per coprire il vecchio e ammalorato controsoffitto in cannicciato. L'eliminazione della controsoffittatura in cartongesso prevederà in primo luogo l'asportazione dei pannelli e, successivamente, la rimozione dell'intelaiatura. Sarà indispensabile disporre di un trabattello, una sega a catena manuale con catena a secco per tagliare il cartongesso e una cesoia elettrica per il taglio dei profilati metallici. Queste ultime due attrezzature saranno sollevate al piano per mezzo di un argano elettrico opportunamente agganciato al ponteggio.

Misure di sicurezza

E' indispensabile che i lavoratori siano formati e informati e addestrati sui rischi e sulle modalità di esecuzione dell'attività e di utilizzo delle attrezzature. Allo scopo, sarà importante verificare la presenza del manuale d'uso e di manutenzione delle macchine.

Per quanto concerne i lavori in quota, sarà importante verificare, anche in questo caso, la presenza del libretto d'uso e manutenzione e il corretto montaggio del trabattello. Sarà vietato lo spostamento del ponte su ruote nel caso in cui vi sia un operatore su di esso.

Per tutta la durata della lavorazione la zona di lavoro dovrà essere pulita, ordinata, illuminata e delimitata in modo da evitare che vi sia caduta di materiale che possa colpire gli addetti ai lavori e si prescrive, inoltre, il posizionamento di un cartello che inviti i lavoratori ad indossare i DPI.

Rischi

I rischi derivanti durante tale operazione sono:

- caduta di materiale dall'alto;
- inalazione polveri;
- tagli, abrasioni;
- urti;
- rumore;
- elettrocuzione.

DPI

E' opportuno fornire ai lavoratori i seguenti dispositivi di protezione individuale:

- casco;
- tuta da lavoro;
- scarpe con puntale in acciaio per evitare urti per un'eventuale caduta del materiale;
- guanti;
- mascherina antipolvere;
- occhiali di protezione;
- otoprotettori.

Rischio rumore

I livelli di rumorosità delle seghe a catena manuali è di circa 91 dB mentre, per le cesoie elettriche, il livello di potenza sonora può oscillare tra i 93 e 99 dB, pertanto si prescrive l'utilizzo di cuffie che permettano però, di ridurre l'attenuazione per poter ascoltare una conversazione o avvertire eventuali segnali d'allarme.

Rischio polveri

La produzione di polvere delle seghe a catena è molto elevata. È possibile ovviare parzialmente al problema disponendo di un'aspirapolvere sotto la lama avendo cura che non intralci il funzionamento della catena in rotazione. Sarà opportuno dotare i lavoratori di mascherine antipolvere (FFP1) utilizzabili anche durante la fase di rimozione dell'intelaiatura metallica.

Codice: DEM. PIO 01.3 d

Molti solai, tra cui quello in esame, sono stati soggetti a diversi interventi di irrobustimento. Si può notare l'inserimento della trave IPE al solaio già esistente in legno.

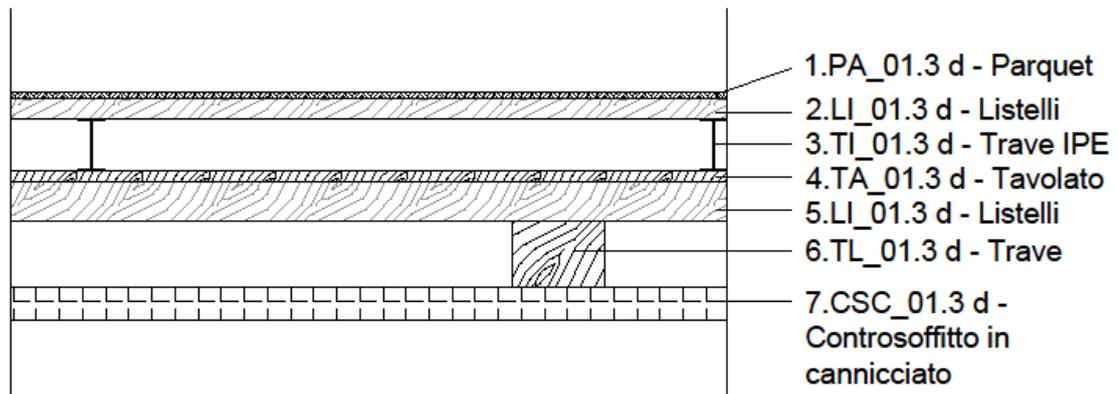


Figura 20. Stratigrafia solaio in legno e putrelle d

Parquet

Codice: PA_01.3 d

La pavimentazione è il primo strato da rimuovere, mediante l'utilizzo di smerigliatrice con funzione di troncatrice manuale. E' previsto, principalmente, l'uso di dischi abrasivi indeformabili. La procedura per la rimozione è la medesima prevista per il solaio ligneo

Listelli

Codice: LI_01.3 d

I listelli, di dimensioni 7,5x6 cm, dovranno essere rimossi manualmente dagli operatori. Sarà necessario, per la loro asportazione, l'intervento di almeno due operai. La procedura per la rimozione è la medesima prevista per il solaio ligneo.

Trave

Codice: TI_01.3 d

La rimozione delle travi IPE prevede il taglio del cannello ossiacetilenico. Le misure di sicurezza e i rischi sono stati già analizzati in precedenza nel paragrafo TI_01.4.

Tavolato

Codice: TA_01.3 d

Il tavolato, con spessore pari a 3 cm, dovrà essere rimosso manualmente dagli operatori mediante un levachiodi. Le misure di sicurezza da adottare sono le stesse descritte per i listelli precedentemente analizzati.

Listelli

Codice: LI_01.3 d

I listelli, di dimensioni 12x7 devono essere rimossi manualmente dagli operatori. Anche in questo caso, la procedura è stata già analizzata.

Controsoffitto

Codice: CSC_01.3 d

Il controsoffitto in cannicciato è caratterizzato da stuoie di canne legate con filo, ancorate a centinature di legno con chiodi quadrati, a loro volta collegate alle travi dei solai. Lo strato verrà rimosso con una cesoia elettrica con l'ausilio di un ponte su ruote.

Trave

Codice: TL_01.3 d

Le travi di legno verranno smontate dal basso con l'ausilio di un trabattello tramite smerigliatrici con opportuni dischi per il taglio. L'attrezzatura sarà sollevata al piano per mezzo di un argano elettrico opportunamente agganciato al ponteggio. Le misure di sicurezza sono le stesse analizzate nei precedenti solai.

Demolizione partizioni interne verticali edifici A e B

Codice: DEM. PIV_01

Descrizione

Negli edifici A e B vi sono diverse tramezzature da demolire al piano terra, una al piano primo per consentire l'accesso all'ascensore, al piano secondo, al terzo e al piano del sottotetto. Si provvederà anche alla demolizione di porzioni di murature per la creazione di nicchie e di passaggi.

Di seguito si riporteranno le modalità di rimozione delle due partizioni interne verticali inerenti al sottotetto. Negli altri piani si procederà nello stesso modo.

Codice: DEM. PIV_01.4 a

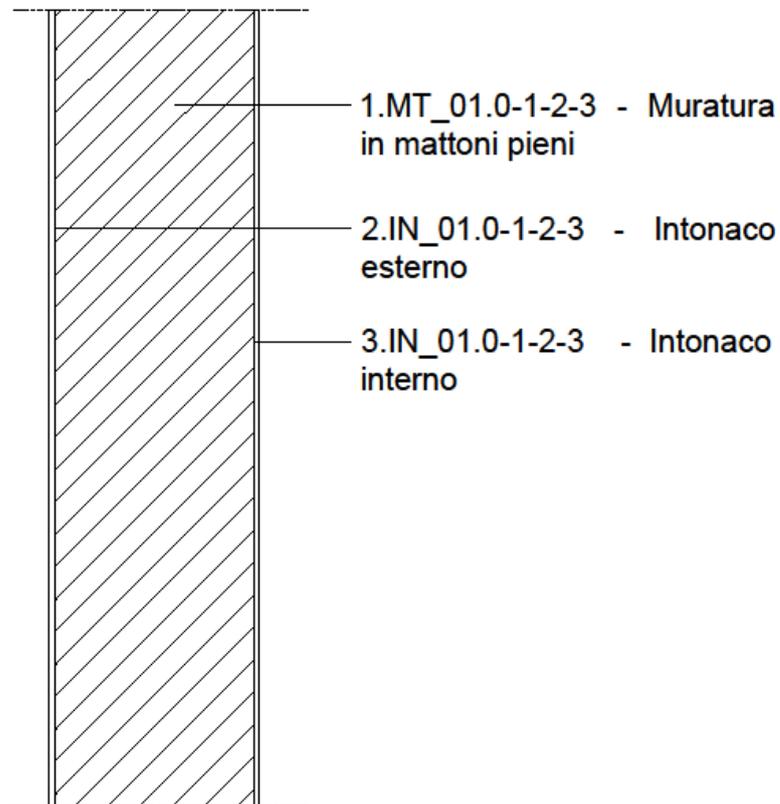


Figura 21. Stratigrafia parete in mattoni pieni

Il taglio delle pareti in mattoni pieni avverrà mediante martelli pneumatici. L'attrezzo sarà sollevato al piano per mezzo di un argano elettrico.

Le misure di sicurezza sono state analizzate nel paragrafo MA_01.4 a.

Misure di sicurezza

Le misure di sicurezza sono state analizzate nel paragrafo MA_01.4 a, tuttavia, si dovrà prestare attenzione durante il taglio per evitare che il blocco cada sull'operatore e garantire che cada in modo adeguato sul solaio. La rimozione avverrà dall'alto verso il basso con l'aiuto di un trabattello.

Codice: DEM. PIV_01.4 b

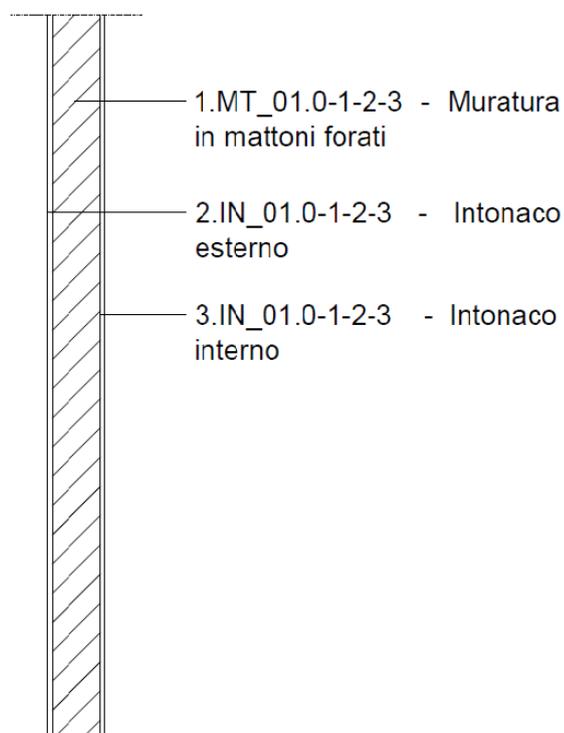


Figura 22. Stratigrafia parete in mattoni forati

I tramezzi presenti sono stati realizzati con mattoni forati e successivamente intonacati. La rimozione potrà essere effettuata mediante un martello pneumatico. Le modalità sono le stesse analizzate nel paragrafo DEM.PIV_01.4 a.

Demolizione copertura edificio C

Codice: DEM.CO_02

Descrizione

Anche per il fabbricato C è previsto il completo rifacimento del tetto. Le operazioni di rimozione sono le stesse analizzate per i fabbricati A e B.

L'accesso in copertura avverrà mediante l'utilizzo dell'ultimo implacato del ponteggio, dotato di un parapetto di sommità, realizzato in corrispondenza del prospetto di ingresso dell'edificio. In corrispondenza dei fronti adiacenti ad altri edifici, si dovranno predisporre dei parapetti di protezione.

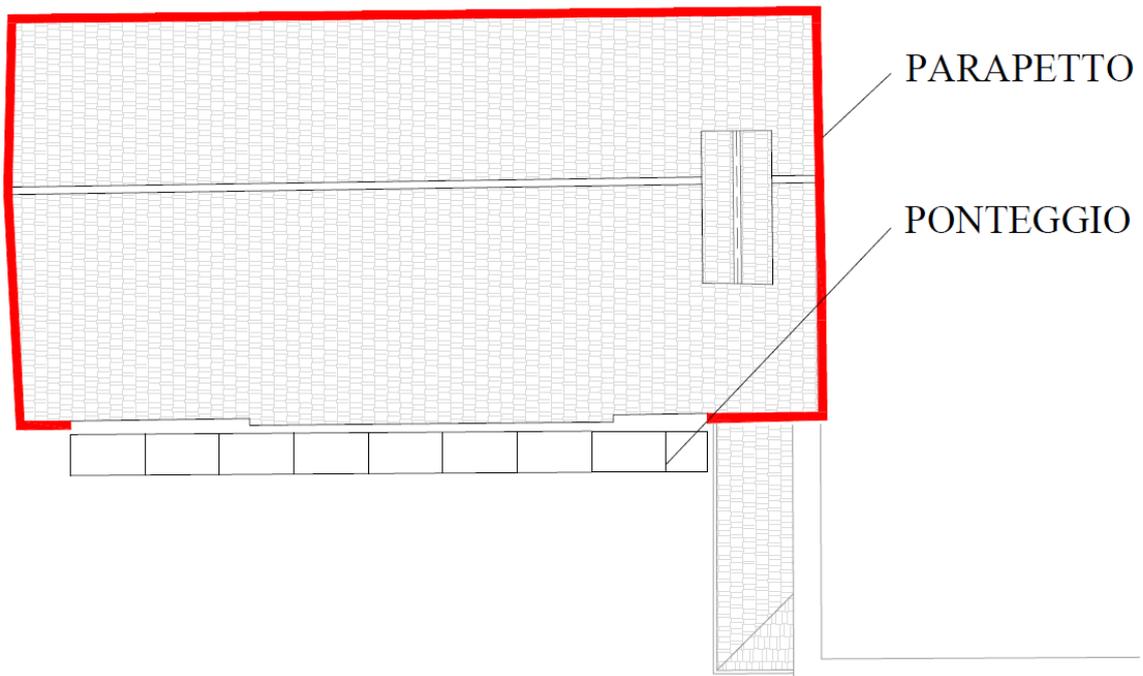


Figura 23. Posizionamento ponteggio e parapetti edificio C

Demolizione partizioni interne orizzontali edificio C

Codice: DEM. PIO_02. 1-2-3 a

Descrizione

I tre solai intermedi dell'edificio C saranno demoliti in quanto ammalorati e in condizioni di faticenza. I solai rilevati si presentano in putrelle e tavelle poggianti su volte in muratura che saranno anch'esse demolite.

Essendo stata già analizzata la demolizione dei solai in putrelle e tavelle in precedenza, si approfondirà la demolizione delle volte.

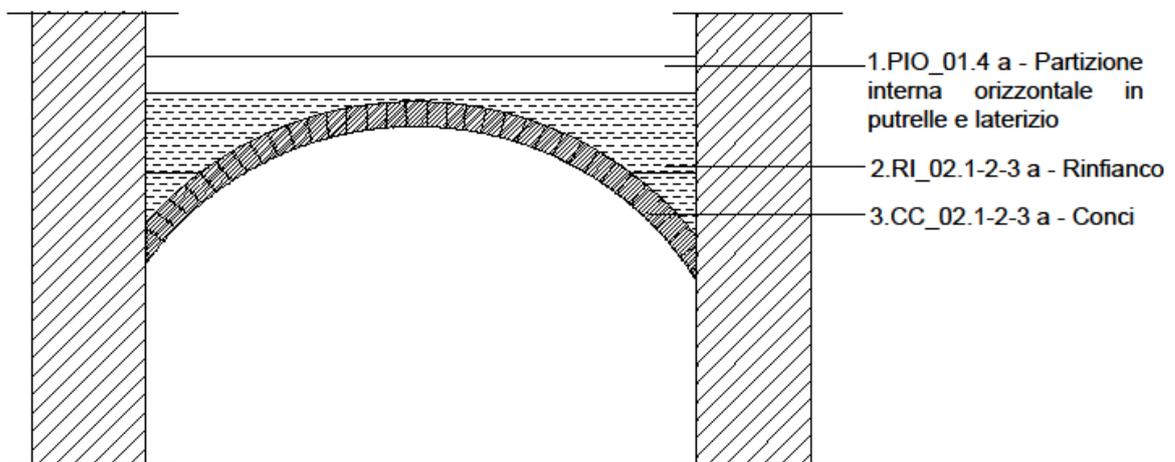


Figura 24. Stratigrafia solaio su volte

Misure di sicurezza

Dopo aver rimosso la pavimentazione e il solaio soprastante, si procederà con la demolizione della volta mediante seghe da parete. Prima di effettuare i lavori, sarà necessario puntellare le volte adiacenti per neutralizzare le spinte. È vietata la demolizione simultanea delle volte.

La demolizione dovrà essere effettuata per sezioni frontali lavorando in quota con l'ausilio di un impalcato sottostante (trabattello).

Le altre misure di sicurezza sono le stesse analizzate precedentemente in PII 01.3-4.

Demolizione vano scala edificio C

Codice: DEM. PII_02

Descrizione

Per la demolizione del vano scala si partirà dall'ultimo piano. L'operazione procederà per piani rispettando l'ordine di sequenza: prima solaio e in seguito rampa della scala. L'attrezzatura e le misure di sicurezze sono le stesse relative alla demolizione delle scale del sottotetto dei fabbricati A e B paragrafo PII 01.3-4.

Demolizione partizioni interne verticali edificio C

Codice: DEM. PIV_02 a-b

Descrizione

All'interno dell'edificio C saranno demolite diverse tramezzature, porzioni di muratura e muri di imposta delle volte.

Tutte le procedure sono state già analizzate nei paragrafi PIV 01.4 a e PIV 01.4 b.

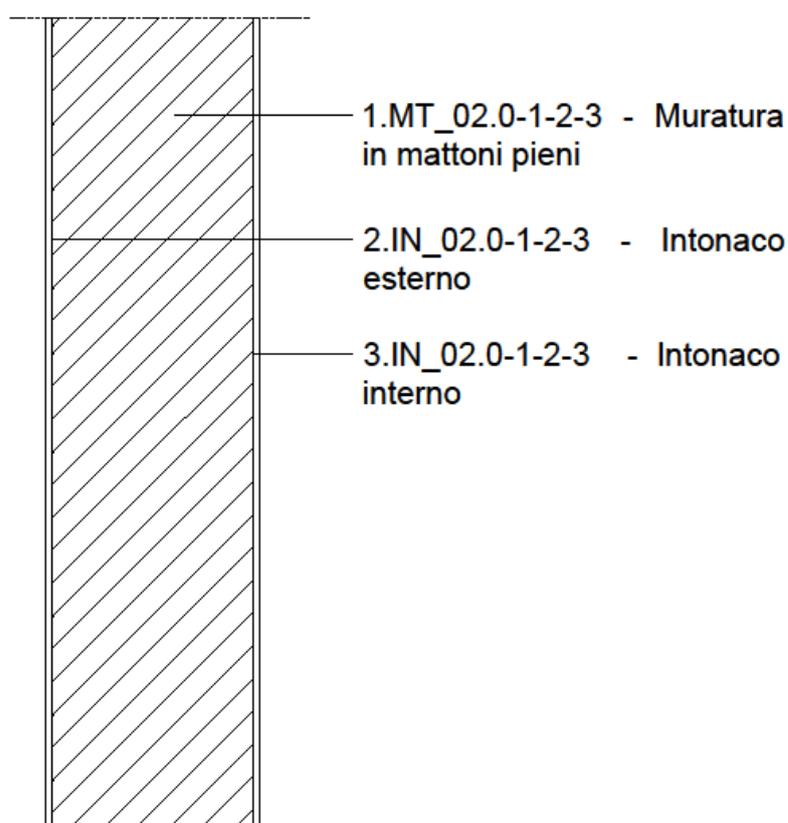


Figura 25. Stratigrafia parete in mattoni pieni

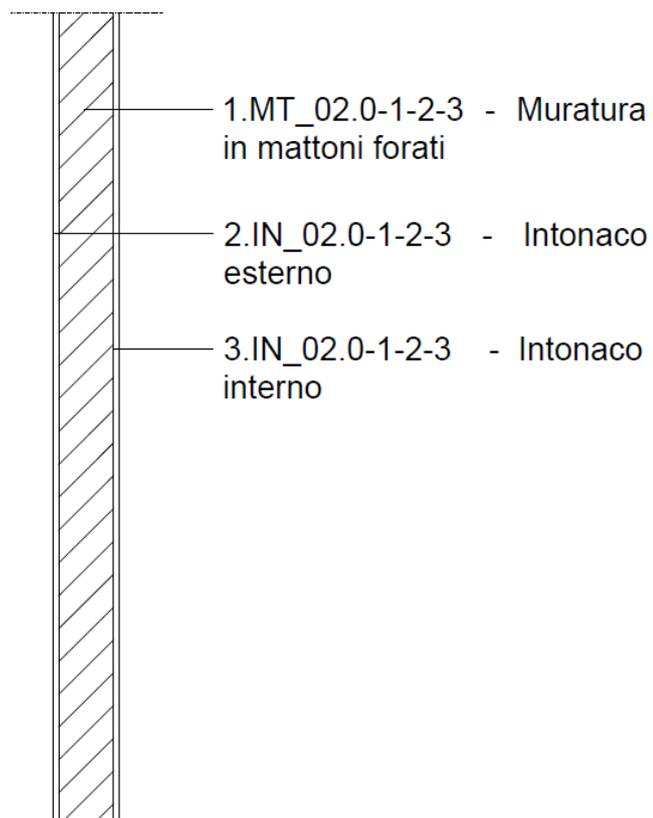


Figura 26. Stratigrafia parete in mattoni forati

6.6 Valutazione dei rischi

La valutazione dei rischi è un documento fondamentale che deve essere redatto dal datore di lavoro dell'impresa al fine di individuare tutti i rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori e, conseguentemente, tutte le misure di prevenzione e protezione da adottare. La suddetta valutazione deve essere costantemente aggiornata in relazione a cambiamenti del processo produttivo, delle tecniche o in caso di necessità.

Operazione preliminare, per la stesura di tale documento, è individuare i rischi afferenti ogni singola attività, attrezzatura e macchina.

In secondo luogo, è necessario stimare il rischio, attribuendone un valore.

È importante tener presente che il rischio è diverso dal pericolo: il pericolo è una proprietà intrinseca di un fattore avente il potenziale di causare danni, il rischio è la probabilità di raggiungimento del potenziale di danno in determinate condizioni di impiego o in combinazione di più fattori.

Il rischio, dunque, è il prodotto tra la probabilità di accadimento di un fatto dannoso per la sicurezza e/o salute dei lavoratori e la gravità del danno.

La scala delle probabilità (P) si può articolare in quattro valori, via via crescenti:

1. Non probabile;
2. Possibile;
3. Probabile;
4. Altamente probabile.

La scala della gravità del danno (D) si può articolare anch'essa in quattro valori, via via crescenti:

1. lieve;
2. modesto;
3. significativo;
4. grave.

Dopo aver associato alle due variabili (probabilità e danno) dei valori, il risultato finale della valutazione si esplica in una matrice 4x4 (ma potrebbe essere anche di un ordine superiore a seconda dell'analisi) all'interno della quale si può riconoscere l'entità del rischio.

Quest'ultimo può essere:

1. Basso, con valori compresi tra 1 e 2;
2. Accettabile, con valori compresi tra 3 e 4;
3. Notevole, con valori compresi tra 6 e 9;
4. Elevato, con valori compresi tra 12 e 16.

P - Probabilità	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		D - Danno			

Figura 27. Matrice di rischio

Per ogni attività di demolizione tradizionale sono stati individuati tutte le attrezzature e i rischi connessi ai quali è stato associato un valore, come mostrato nelle tabelle sottostanti.

Tra i rischi fisici presenti nel cantiere in esame riconosciamo:

- Caduta dall'alto;
- Urti, colpi;
- Impatti, lacerazioni;
- Tagli, abrasioni;
- Vibrazioni;
- Elettrocuzione;
- Incendio;
- Rumore;
- Caduta materiale dall'alto;
- Movimentazione manuale dei carichi.

Tra i rischi chimici presenti nel cantiere in esame riconosciamo:

- Polveri;
- Fumi;
- Proiezione di schegge.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Per il rischio rumore e il rischio polveri sono mostrati i risultati finali la cui elaborazione è stata ottenuta mediante procedure tabellate indicate nei paragrafi 8.2 e 8.3.

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.CO_01/DEM.CO_02				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Palanchino Smerigliatrice	Caduta dall'alto	2	4	Notevole
	Tagli, abrasioni	2	4	Notevole
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Caduta materiale dall'alto	3	4	Elevato
	Vibrazioni	3	3	Notevole
	Movimentazione manuale dei carichi	4	3	Elevato
	Rumore			Alto
	Polveri			Modesto

Figura 28. Valutazione dei rischi – Attività di demolizione coperture

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PIO_01.4 a/ DEM.PIO_02. 1-2-3 a				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Palanchino Martello demolitore Cannello ossiacetilenico	Impatti, lacerazioni	3	4	Elevato
	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Fumi	4	3	Elevato
	Vibrazioni	3	3	Notevole
	Proiezione di schegge	3	4	Elevato
	Ustioni	2	4	Notevole
	Incendio	2	4	Notevole
	Urti, colpi	3	3	Notevole
	Rumore			Alto
	Polveri			Modesto

Figura 29. Valutazione del rischi – Attività di demolizione dei solai in putrelle e tavelle

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PIO_01.4 b1-2-3-4				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Smerigliatrice Cesoia elettrica	Urti	2	4	Notevole
	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Proiezione di schegge	3	4	Elevato
	Vibrazioni	3	3	Notevole
	Movimentazione manuale dei carichi	4	3	Elevato
	Rumore			Alto
	Polveri			Modesto

Figura 30. Valutazione del rischi - Attività di demolizione dei solai in legno

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PIO_01.3 c				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Smerigliatrice Cesoya elettrica	Urti	2	4	Notevole
	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Proiezione di schegge	3	4	Elevato
	Vibrazioni	3	3	Notevole
	Movimentazione manuale dei carichi	4	3	Elevato
	Rumore			Alto
Polveri			Modesto	

Figura 31. Valutazione dei rischi - Attività di demolizione solai in legno con doppio controsoffitto

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PIO_01.3 d				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Smerigliatrice Cesoya elettrica Cannello ossiacetilenico Palanchino	Urti	2	4	Notevole
	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Proiezione di schegge	3	4	Elevato
	Vibrazioni	3	3	Notevole
	Movimentazione manuale dei carichi	4	3	Elevato
	Fumi	4	3	Elevato
	Incendio	2	4	Notevole
	Ustioni	2	4	Notevole
	Rumore			Alto
Polveri			Modesto	

Figura 32. Valutazione dei rischi - Attività di demolizione solai in legno rinforzati

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PIV_01 a-b/DEM.PIV_02 a-b				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Martello demolitore	Vibrazioni	3	4	Elevato
	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Urti, colpi	3	3	Notevole
	Rumore			Alto
	Polveri			Modesto

Figura 33. Valutazione dei rischi - Attività di demolizione partizioni interne verticali

Valutazione del rischio				
Attività: DEM.PII_01.3-4/ DEM.PII_02				
Attrezzature	Rischi	Probabilità	Danno	Valori di rischio
Sega da parete	Tagli, abrasioni	3	4	Elevato
	Elettrocuzione	2	4	Notevole
	Urti, colpi	3	3	Notevole
	Rumore	3	4	Elevato

Figura 34. Valutazione dei rischi - Attività di demolizione partizioni interne inclinate

6.7 Allontanamento materiale di demolizione e organizzazione dei rifiuti in cantiere

Come prescritto nell'articolo 153 del Testo Unico, il materiale di demolizione sarà idoneamente raccolto e convogliato in appositi cassoni all'interno dell'area di cantiere tramite dei canali. L'estremità inferiore di questi ultimi non deve risultare ad altezza maggiore di due metri dal livello del piano di raccolta. Inoltre, i tronchi dei canali devono essere ben collegati tra loro e i raccordi opportunamente rinforzati. È importante che le catene siano sempre tese e non allentate per permettere al peso del tubo di distribuirsi in modo omogeneo. Nel caso in cui le macerie siano pesanti o ingombranti, per evitare la rottura delle catene e il rischio di caduta dell'intera colonna, è necessario prevedere l'allontanamento con mezzi idonei.

L'imboccatura superiore del canale deve essere realizzata in modo che non possano cadervi accidentalmente persone. Ad ogni piano è stato previsto un raccordo e in corrispondenza di questi, sono state poste delle tavole di legno per evitare la caduta delle persone e del materiale dall'alto durante l'operazione di convogliamento, come mostrato nell'immagine seguente.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio



Figura 35. Canale di convogliamento delle macerie



Figura 36. Estremità superiore del canale e tavole di legno di sicurezza

Per quanto concerne l'organizzazione del cantiere, devono essere necessariamente previste delle aree e degli spazi destinati allo stoccaggio di diverse tipologie di frazioni omogenee o di rifiuti e degli spazi di manovra dei mezzi addetti al trasporto e all'allontanamento dei cassoni, in modo tale che queste operazioni avvengano in sicurezza e nel minor tempo possibile per evitare contaminazioni e propagazione aerea di polveri di materiali. Si adopereranno inoltre teloni in PVC da porre come copertura dei cassoni scarrabili per evitare ulteriore dispersione di polveri in cantiere durante la fase di scarico macerie.

In prossimità dell'ingresso saranno collocati dei segnali di prescrizione che inviteranno i veicoli ad entrare e uscire adagio.

Internamente, è stata collocata anche una pedana inclinata realizzata con tavole di legno per facilitare lo scarico delle macerie utilizzando una carriola. Questa strategia risulta molto vantaggiosa al fine di ridurre il rischio di movimentazione manuale dei carichi da parte degli operatori, i quali, senza tale soluzione, sarebbero costretti a sollevare ingenti quantità di macerie con conseguenti danni al rachide.



Figura 37. Pedana di scarico detriti e tavole di legno di protezione

I materiali che devono essere accumulati in gruppi distinti sono: ferro, acciaio, legno, vetro, materiale plastico, calcestruzzo, laterizi e macerie miste.

In merito al materiale destinato al recupero devono essere previste aree separate per ferro, legno, acciaio, vetro, materiale plastico, calcestruzzo, laterizi e macerie miste. Alcune di queste aree non devono essere all'aperto per preservare l'integrità del materiale e garantirne il successivo riutilizzo. Tra questi materiali possiamo indicare:

- Tegole marsigliesi destinate al nuovo manto di copertura;
- Piastrelle in cemento e in cotto destinate ad alcune delle nuove pavimentazioni.

Lo stoccaggio in cantiere può essere definito come deposito temporaneo, atto alla raccolta dei materiali ai fini del trasporto dei rifiuti in un impianto di trattamento nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, ossia quell'area in cui si svolta l'attività che ha determinato la produzione di dei rifiuti. Questi ultimi devono essere recuperati o smaltiti secondo le modalità definite dal produttore, con cadenza almeno trimestrale indipendentemente dalla quantità in deposito. Quando il deposito raggiunge i 30 m³, di cui al massimo 10 m³ di rifiuti pericolosi, il deposito non può avere durata superiore a un anno.

Rifiuti pericolosi (mc in deposito)	Rifiuti non pericolosi (mc in deposito)	Volume complessivo (mc)	Conformità
0	< 30 mc	< 30	Conforme
< 10 mc	0	< 10	Conforme
< 10 mc	< 20 mc	< 30	Conforme
0	> 30 mc	> 30	Non conforme
> 10 mc	0	> 10	Non conforme
> 10 mc	> 20 mc	> 30	Non conforme
> 10 mc	< 20 mc	> 10 (pericolosi)	Non conforme

Figura 38. Criterio volumetrico per il conferimento in discarica

All'interno del cantiere sono stati previsti dei depositi temporanei all'aperto caratterizzati da dei cassoni scarrabili dotati di ruote, spostabili in base alle necessità e facilmente trasportabili.

Per ogni cassone deve essere indicata la tipologia di rifiuti che esso sarà destinato a contenere ed è importante, soprattutto ai fini delle valutazioni ambientali che tali cassoni siano recintati mediante barriere anti vento.

Le dimensioni dei cassoni sono 3,10x1,9x0,90 m per un volume di 5 m².



Figura 39. Depositi temporanei in cantiere

In merito al trasporto, durante le operazioni di trasporto è necessario effettuare un sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti. Per quanto il sistema sopra citato SISTRI, sia stato soppresso, in attesa di nuove direttive dal Ministero dell'ambiente, la tracciabilità dei rifiuti deve essere comunque garantita tramite i registri di carico e di scarico per via cartacea o per via digitale. All'interno di tali documenti devono essere inserite tutte le informazioni sulle caratteristiche qualitative e quantitative dei rifiuti prodotti e di quelli destinati ad attività di trattamento.

L'operazione di trasporto dei rifiuti (da parte di un trasportatore autorizzato) contempla altresì la redazione di un documento, il FIR⁵, all'interno del quale sono inserite tutte le informazioni concernenti il produttore, l'origine e la tipologia dei rifiuti, l'impianto di destinazione, il percorso da effettuare per l'allontanamento e il destinatario.

Come introdotto precedentemente nell'art. 193 la raccolta di rifiuti da parte di un unico raccoglitore o trasportatore presso più produttori o detentori svolta con lo stesso automezzo, deve essere effettuata nel più breve tempo tecnicamente possibile. Nelle schede del sistema di controllo della tracciabilità dei relative alla movimentazione dei rifiuti, e nei formulari di identificazione dei rifiuti devono essere indicate, nello spazio relativo al percorso, tutte le tappe intermedie previste. Nel caso in cui il percorso dovesse subire delle variazioni, nello spazio relativo alle annotazioni deve essere indicato a cura del trasportatore il percorso realmente effettuato.

⁵ Formulario di identificazione dei rifiuti contenuto all'interno del D.Lgs n.152 del 2006 "Norme in materia ambientale"

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Il materiale non recuperabile sarà trasportato in discarica tramite autocarri. È molto importante garantire il servizio di smaltimento rifiuti in orari consoni, con minor affluenza di macchine e che disturbino meno l'ambiente circostante. Si prescriverà una velocità non superiore ai 10 km/h.

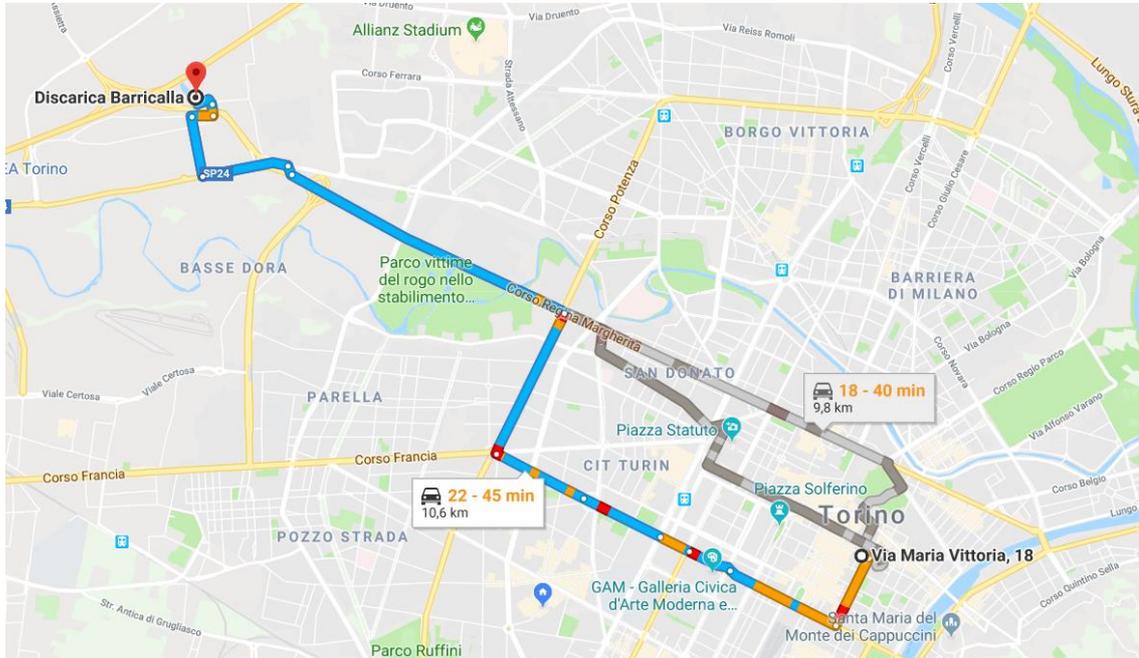


Figura 40. Percorso previsto per il trasporto

Sempre secondo il T.U.A⁶, lo smaltimento dei rifiuti deve essere effettuato in condizioni di sicurezza e costituisce la fase residuale della gestione dei rifiuti. La verifica dell'eventuale possibilità di recupero del materiale deve essere valutata sotto il profilo tecnico ed economico e dunque della possibilità di adottare le tecniche migliori previa considerazione dei costi e dei vantaggi.

I rifiuti da avviare allo smaltimento finale devono essere il più possibile ridotti sia in massa che in volume, potenziando la prevenzione e le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero e prevedendo, ove possibile, la priorità per quei rifiuti non recuperabili generati nell'ambito di attività di riciclaggio o di recupero.

Esistono diverse opzioni di destinazione ultima dei rifiuti presenti nell'Allegato B della parte IV del D.M. 2006

Per i rifiuti siti nel cantiere di via Maria Vittoria è stata scelta l'opzione D1-Deposito sul o nel suolo, con trasporto diretto per la discarica Barricalla distante dal cantiere circa 10 km.

⁶ Testo Unico in materia Ambientale o Norme in materia ambientale

6.8 Procedure di emergenza

Il datore di lavoro è tenuto a redigere un piano delle emergenze all'interno del quale saranno indicate, per ogni fase lavorativa, tutte le istruzioni operative da adottare in caso di emergenza.

Sarà necessario prevedere le dotazioni minime di primo soccorso e definire l'esatto posizionamento di queste ultime che dovranno essere collocate in un punto facilmente accessibile agli operatori.

Dovrà essere presente, inoltre, un piano di evacuazione all'interno del quale saranno indicati i nominativi relativi al responsabile e alla squadra di soccorso.

Qualora l'emergenza non possa essere gestita dal personale di cantiere designato, si procederà ad attingere ad un elenco di numeri precedentemente segnalati nell'apposito piano.

7. Attrezzature e macchine utilizzate in cantiere

Nei seguenti paragrafi si illustrano le macchine da cantiere e il loro funzionamento. Le attrezzature previste sono annoverate sia nel Piano di Demolizione sia nello studio della demolizione del solaio *PIO_01.4a* nel capitolo 8. Alcune di queste sono tipiche delle demolizioni tradizionali (basti pensare al martello demolitore), altre per le loro peculiarità possono essere definite “controllate”. Sono state ampiamente descritte prendendo come riferimento il libro “*Manuale della demolizione controllata*”.

7.1 Smerigliatrici

Le smerigliatrici sono macchine manuali dotate di motori elettrici che consentono di tagliare, lisciare, lucidare e modificare.

Le smerigliatrici si prestano bene per tagliare il legno mediante l'utilizzo di opportuni dischi abrasivi indeformabili a secco.

Il corpo della macchina è in materiale plastico, molto duro, all'interno del quale vi è il motore elettrico di potenza variabile a seconda delle prestazioni richieste, dotato di un doppio isolamento di sicurezza e un sistema di raffreddamento con ventilazione forzata. Questo tipo di ventilazione permette il passaggio del flusso d'aria dalla parte posteriore a quella anteriore del motore, favorendo una dispersione dei detriti prodotti dal disco.

I dischi di taglio utilizzati dalle smerigliatrici possono essere diamantati o a secco. In commercio se ne trovano di diversi diametri che variano da 100 mm a 230 mm con profondità che in genere non supera i 70 mm.

Il progresso tecnologico ha permesso di introdurre in commercio modelli più ergonomici con diversi sistemi di sicurezza. Alcuni presentano una doppia impugnatura con un sistema di bloccaggio e di protezione della mano, altri sono anche dotati di una imbottitura in grado di attutire le vibrazioni, altri ancora presentano dei sensori di sovraccarico che avvertono l'operatore di interrompere il lavoro.

Un'altra peculiarità introdotta è il sistema di aspirazione delle polveri collocato nel carter copridisco che permette di disperdere quantitativi di polvere contenuti, seppur dannosi per l'operatore e per l'ambiente circostante.

La buona prassi vuole che la smerigliatrice venga utilizzata premendo sul materiale con un andamento oscillante, variandone l'inclinazione e il piano di lavoro, in modo da non sollecitare e danneggiare troppo l'attrezzo.

7.2 Seghe da parete

Le seghe da parete sono macchine sulle quali è montato un disco diamantato che scorrono su una guida in grado di tagliare una struttura in modo molto preciso. Le guide sono dotate di cavalletti con basette fissate sulla struttura da tagliare. Particolarità di tali guide è il fatto che possono essere poste su superfici curve e irregolari.

Il motore delle seghe da parete può essere elettrico o idraulico. Nel secondo caso le centraline possono essere alimentate anche da motori a scoppio. Nella maggior parte dei casi, il motore è elettrico, sebbene ci siano dei modelli che possano montare indistintamente motori idraulici ed elettrici.

I motori elettrici presenti in commercio risultano essere leggeri, potenti e poco ingombranti. Altro fattore positivo rispetto ai modelli idraulici è il ridotto numero di cavi e tubi.

I dischi diamantati utilizzati nelle seghe da parete si prestano bene per il taglio delle murature e delle strutture in cemento.

I dischi sono dotati di tante piccole placche sulle quali sono saldati dei cristalli in grado di esercitare una forza di taglio per abrasione. Quando le placchette si assottigliano troppo, il disco diamantato deve essere necessariamente cambiato.

I diametri dei dischi oggi in commercio variano tra 600 mm e 1600 mm, il cui spessore può variare da 3,8 a 5 mm.

Quando l'attrezzatura è in funzione la temperatura del disco è molto elevata; per questo motivo, i dischi vengono raffreddati con acqua di rubinetto.

Tra gli accorgimenti per lavorare in sicurezza non manca il carter copridisco che consente di contenere gli schizzi di acqua e da contatti con la macchina in funzione.

Anche per le seghe da parete sono stati adottati degli accorgimenti per facilitarne il montaggio, l'impiego e lo smontaggio.

Sempre in un'ottica di predilezione della sicurezza, alcuni modelli possono essere comandati a distanza sebbene le potenze siano ancora limitate.

7.3 Cannello ossiacetilenico

Il cannello ossiacetilenico è un attrezzo utile per saldare e tagliare i metalli. Da tale cannello viene proiettata una fiamma ad alta temperatura data dalla miscelazione dell'ossigeno e dell'acetilene.

L'attrezzatura è costituita da un tubo in acciaio forato all'interno per consentire il passaggio dei gas.

L'attrezzatura è composta da un carrello con bombole (ossigeno e acetilene) entrambe con valvole di regolazione dei due gas. I riduttori presentano dei manometri per tenere

sotto controllo la pressione e dei dispositivi di sicurezza. Sono presenti, inoltre, altri dispositivi di sicurezza montati sulle tubazioni che si configurano come valvole.

È molto importante che le bombole siano lontane da fonti di calore, fiamme libere, gelo e agenti chimici e che siano mantenute in posizione verticale.

Per effettuare il taglio si deve premere una leva collocata sull'impugnatura del cannello che permette la fusione tra i gas che conseguentemente provoca il taglio del metallo.

7.4 Martello demolitore

Il martello demolitore è l'attrezzatura principe delle demolizioni. Ampiamente utilizzato in passato (ma anche oggi) per la sua capacità demolitiva.

Se ne riconoscono tre tipologie: scalpello, martello picconatore e i martelli demolitori veri e propri. Il primo è utilizzato principalmente per la rimozione di intonaci e pavimenti; il secondo, è simile al primo ma presenta una frequenza e una potenza maggiore; il terzo è utilizzato per la demolizione di strutture più importanti e di spessore maggiore.

I martelli demolitori sono caratterizzati da un corpo (o martello) e dal fioretto. Quest'ultimo rappresenterebbe la punta o lo scalpello, intercambiabile a seconda dell'utilizzo. L'attrezzo presenta inoltre un'impugnatura e un dispositivo di regolazione della velocità.

Il motore è collegato ad un mandrino il quale impone una forza allo scalpello che agisce su una superficie disgregandola. Tanto maggiore è la forza e la velocità dei colpi inflitti alla struttura, tanto maggiore e rapido sarà l'effetto disgregativo.

La capacità battente è misurata in numero di colpi e giri al minuto sulla superficie.

Negli anni sono stati prodotti martelli demolitori più performanti e più sicuri. In primo luogo, le impugnature risultano essere più ergonomiche e permettono agli operatori di tenere saldo l'attrezzo e di direzionare i colpi. In molti modelli è installato un sistema di riduzione delle vibrazioni indotte dallo scalpello, un blocco che stabilizza lo scalpello in caso di necessità.

L'utilizzo del martello deve essere effettuato solo da personale competente che abbia una presa stabile e che riesca a guidare e spingere il martello nella direzione della demolizione.

7.5 Sega a catena

La sega a catena è un utensile utilizzato per il taglio, azionato da un motore a scoppio o elettrico o ad aria compressa o da un motore idraulico attivato da una centralina oleodinamica. Il motore trasmette il moto ad una catena dentata di taglio montata su una barra porta lama in acciaio. Quest'ultima ha una punta leggermente arrotondata di spessore variabile tra i 5 e i 7 mm. È caratterizzata da una scanalatura che ha la funzione di guidare i settori metallici delle maglie della catena.

I denti della catena sono generalmente di acciaio o al carburo di tungsteno per tagliare materiali più duri. Per i materiali più teneri si può optare per una catena a secco che non presenta un vero e proprio fluido di raffreddamento, ma dell'olio atto a lubrificare il contatto tra la catena e la lama.

La scelta di una o l'altra motorizzazione dipende dall'impiego e dalla potenza richiesta all'attrezzatura. I modelli manuali utilizzano motori elettrici che presentano potenze inferiori ed è necessario che la batteria sia sempre carica. Altri, sono attivati da motori idraulici con potenze che superano i 12 Kw. Nei modelli a scoppio, il motore è in genere a due tempi che viene raffreddato tramite un flusso generato da una ventola. L'alimentazione avviene tramite un carburatore che alimenta il motore in qualsiasi posizione di utilizzo della motosega. La pompa del carburatore aspira il carburante da un serbatoio posto nella parte posteriore del motore.

La scelta di una o l'altra motorizzazione dipende dall'impiego e dalla potenza richiesta all'attrezzatura. I modelli elettrici presentano potenze inferiori ed è necessario che la batteria sia sempre carica.

Per il raffreddamento del motore e la pulizia è necessario irrorare d'acqua l'attrezzatura.

Le ultime motoseghe presentano delle impugnature comode che permettono di gestire l'attrezzatura e di orientare facilmente il taglio nella direzione desiderata.

Tra le misure di sicurezza si può ritrovare il freno catena, un pulsante per il bloccaggio dell'accelerazione, interruttore avviamento-arresto, protezioni anteriori della mano e impugnature antivibranti e antiscivolo.

7.6 Cesoia elettrica

La cesoia elettrica è uno strumento portatile in grado di tagliare lamiera, rivestimenti o materiali di piccolo spessore.

È composto da una matrice collegata a due lame in grado di chiudersi a velocità molto elevate generando una forte pressione che permette di tagliare la lamiera. I tagli ottenuti sono dritti e precisi.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Il vantaggio di questa attrezzatura è il fatto che sia maneggevole, portatile e leggera grazie anche a impugnature posteriori alle lame. Questo utensile è dotato di un pulsante per permettere la sua accensione e il suo utilizzo.

8. Demolizione controllata e tradizionale di un solaio con putrelle e tavelle: due approcci a confronto

Come già sottolineato, la programmazione delle attività di demolizione è una fase molto delicata.

La scelta di adottare un approccio anziché un altro dipende da tante variabili: dalla struttura in esame, dai vincoli di contesto e dalle condizioni ambientali.

In generale, un approccio controllato presenta numerosi vantaggi sotto diversi punti di vista e rappresenta una valida alternativa a metodologie tradizionali.

Molto spesso la demolizione non interessa l'intero fabbricato, ma parte di esso, per cui si rende necessario adottare tecniche meno invasive che non compromettano la stabilità della struttura o di eventuali complessi adiacenti. In altre circostanze, invece, il ricorso ad un approccio tradizionale risulta inevitabile.

I cantieri di demolizione comportano diversi rischi in termini di rumore, polveri aerodisperse, e rischi ambientali in relazione ai rifiuti prodotti. Si analizzeranno nel dettaglio questi aspetti, effettuando un confronto tra demolizione tradizionale e controllata riferito a un solaio in putrelle e tavelle nel fabbricato B.

La decisione di analizzare il suddetto solaio è motivata dal fatto che sia collocato vicino al fronte strada (angolo via Maria Vittoria e via Bogino) e le lavorazioni potrebbero inficiare maggiormente sulla qualità acustica e sulla qualità dell'aria dell'ambiente esterno.

8.1 Cronoprogramma

Il cronoprogramma è un documento atto alla pianificazione delle attività con indicazione della loro durata. E' molto importante per la gestione delle risorse (economiche, materiali, mezzi d'opera), del tempo e per la pianificazione della sicurezza.

È stato redatto un cronoprogramma (allegato 2) relativo alla sola demolizione del solaio *PIO_01.4 a* come mostrato nell'immagine seguente.

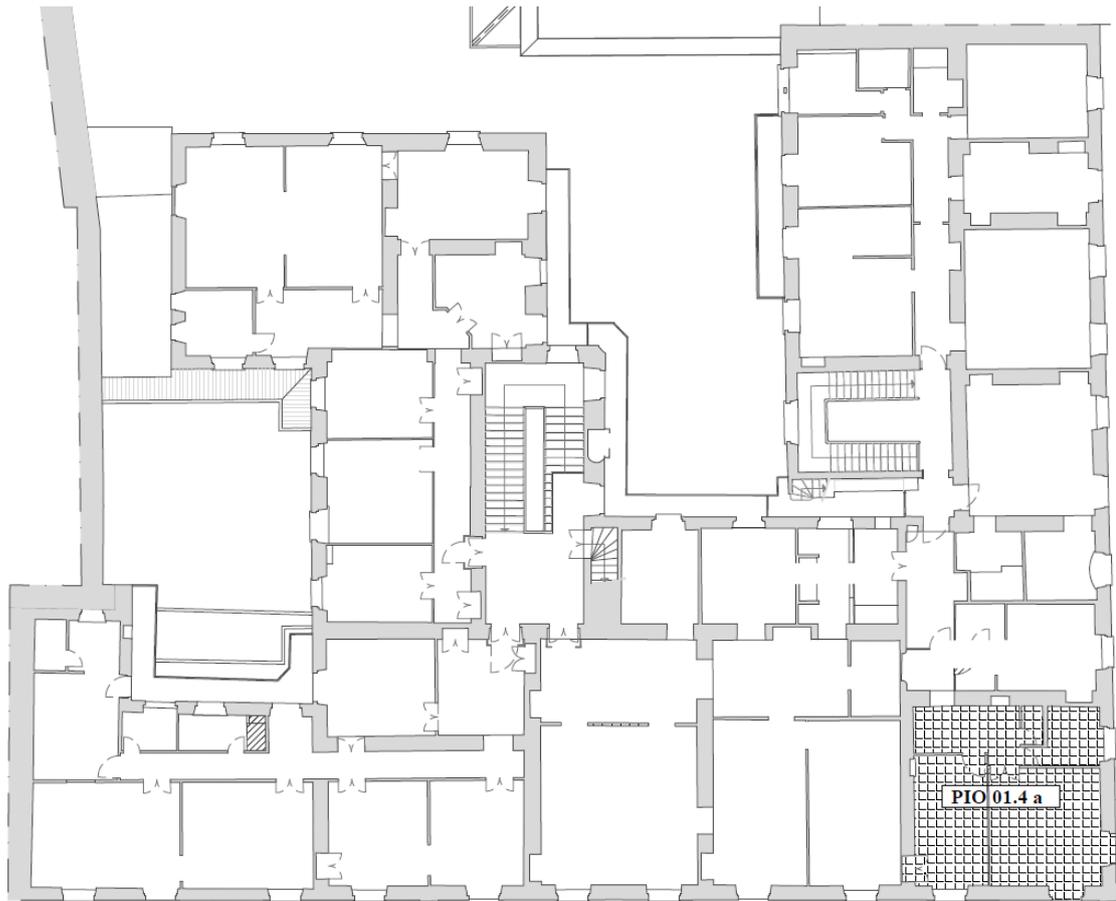


Figura 41. Stralcio della pianta del quarto piano con individuazione solaio considerato

La prospettiva di creare solo una piccola parte del cronoprogramma è individuabile nella finalità di questo capitolo: effettuare un confronto tra metodologia tradizionale e controllata.

La pianificazione delle lavorazioni è stata effettuata utilizzando il Diagramma di Gantt avvalendomi del software “Microsoft Project”.

L’attività in sé è stata articolata in diverse fasi e a ciascuna delle quali è stata attribuita una durata, considerando che le operazioni siano svolte da una squadra lavorativa di tre persone: due operai specializzati e uno comune. La durata delle fasi contempla tutte le operazioni relative al trasporto, al sollevamento al piano delle attrezzature e dei materiali, all’operazione in sé di rimozione e allo scarico delle macerie.

Le settimane lavorative sono state organizzate nel software in modo tale che gli operatori lavorino dal lunedì al venerdì con i seguenti orari:

- 08:00-13:00 e 14:00-18:00.

Le fasi in esame per la demolizione tradizionale sono le seguenti:

- Montaggio impalcato piano terzo della durata di cinque ore;
- *DEM.PI_01.4 a* e *DEM.MA_01.4 a* della durata di sei ore;

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

- *DEM.MT_01.4 a* della durata di cinque ore;
- *DEM.TI_01.4 a* della durata di otto ore.

Per arricchire il cronoprogramma e per renderlo fedele al reale andamento dei lavori in cantiere, sono state aggiunte interferenze al piano terzo e al primo.

Al piano terzo è prevista la ricucitura di una vecchia canna fumaria *RIC.CF_01.3* (figura 42), la cui durata è di otto ore; al primo piano la demolizione è riferita a una muratura nell'edificio *DEM.PIV_01.1*, per permettere l'accesso al nuovo ascensore, della durata di otto ore.



Figura 42. Ricucitura canna fumaria



Figura 43. Rimozione controsoffitto

Per quanto concerne la demolizione dello stesso solaio con tecniche controllate, si è scelto di optare per una sega da parete che possa tagliare l'intero pacchetto costruttivo della partizione orizzontale. Tale operazione sarà effettuata per piccole sezioni.

Le fasi ad essa inerenti sono le seguenti:

- Puntellamento *PIO_01.4 a* della durata di un giorno;
- *DEM.PI_01.4 a* della durata di tre ore;
- *DEM.PIO_01.4 a* della durata di quattordici ore;

Le interferenze previste sono le stesse analizzate nella demolizione tradizionale.

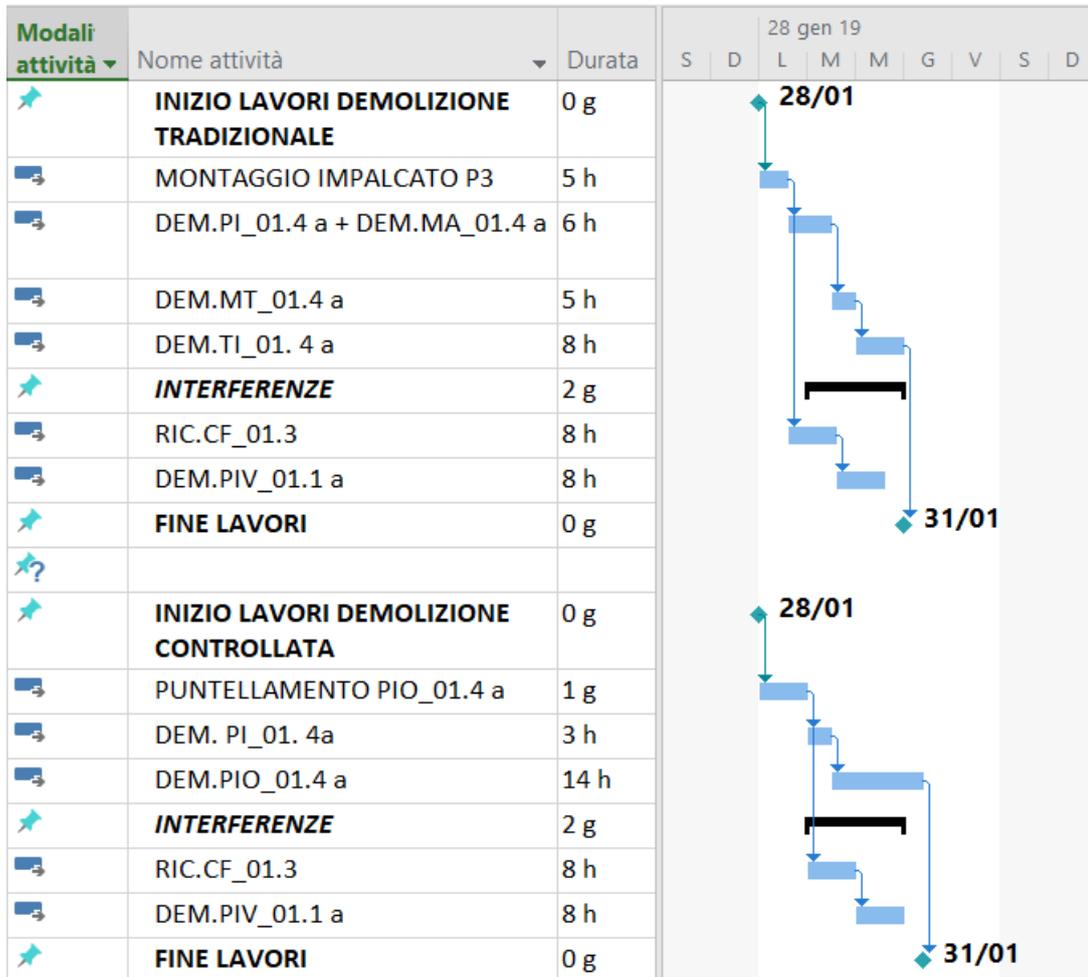


Figura 44. Diagramma di Gantt

Le attività preparatorie e di demolizione del solaio nel primo e nel secondo approccio sono state collegate con un vincolo di fine-inizio, in quanto, l'attività successiva non può cominciare se prima non è terminata la precedente.

Il vincolo di fine-inizio sussiste anche tra le due interferenze *RIC.CF_01.3* e *DEM.PIV_01.1*.

Come si evince dal Diagramma di Gantt, la differenza di durate per la sola demolizione del solaio è minima, in quanto, per la demolizione controllata occorrono poco più di tre giorni per il completamento dei lavori, mentre, la rimozione con attrezzature tradizionali necessita di due giorni e mezzo circa. La discriminante è rintracciabile nelle opere provvisorie da realizzare prima delle operazioni.

8.2 Rischio rumore

Le attività di demolizione devono essere costantemente monitorate in quanto possono causare danni non solo all'ambiente circostante, ma soprattutto ai lavoratori.

La prolungata esposizione al rumore da parte degli operatori può provocare gravi danni all'udito. Danni che possono diventare permanenti.

Obbligo del datore di lavoro è quello di individuare le zone rumorose, effettuare misurazioni del rumore per ogni attività determinando tutte le attrezzature utilizzate e il livello di potenza sonora di queste ultime, valutare l'esposizione personale al rumore, provvedere alla riduzione del rumore e mettere a disposizione i DPI.

Ai fini della valutazione del rischio è indispensabile individuare due indicatori: livello di esposizione e pressione di picco. È importante che l'esposizione quotidiana al rumore non superi gli 87 dB e che il livello sonoro di picco non oltrepassi i 140 dB in aggiunta ad opportuni sistemi di riduzione del rischio afferente a una determinata attività. Sebbene la norma faccia riferimento, come valore limite da non superare, esclusivamente a un'esposizione giornaliera di otto ore, ai fini delle valutazioni in loco, è possibile tener conto del livello di esposizione settimanale calcolato come media dei livelli di esposizione dei giorni di una settimana lavorativa (cinque giorni per otto ore).

A tali indicatori sono associate tre classi di rischio (bassa, media, alta) forniteci dal Testo Unico.

Classe di rischio	Livello di esposizione $L'_{EX,8h}$ dB(A)	Pressione di picco L'_{picco} dB(C)
"BASSA"	$L'_{EX,8h} \leq 80$	$L'_{picco} \leq 135$
"MEDIA"	$80 < L'_{EX,8h} \leq 85$	$135 < L'_{picco} \leq 137$
"ALTA"	$85 < L'_{EX,8h} \leq 87$	$137 < L'_{picco} \leq 140$

Figura 45. Classi di rischio rumore

La redazione del DVR⁷ è demandata al datore di lavoro per tutte le classi di rischio e i risultati di tale valutazione sono stati inseriti all'interno del Piano di Demolizione. Le modalità di prevenzione e protezione variano in base al livello di esposizione e di pressione di picco associate ad ogni classe.

Per valori superiori ad 87 dB non è ammissibile l'attività lavorativa, tuttavia, in presenza di rumori impulsivi, è possibile raggiungere pressioni di picco pari a 140 dB.

Per quanto riguarda la classe media e alta, è necessario formare e informare i lavoratori su:

- rischi presenti in cantiere;
- utilizzo dei DPI;
- risultati del DVR;
- valori di esposizione e di azione;

⁷ Documento valutazione del rischio

- procedure da attuare per ridurre i rischi al minimo e l'esposizione al rumore;
- sorveglianza sanitaria.

Per classe di rischio media la sorveglianza sanitaria è su richiesta del lavoratore o del medico competente, di contro, per la classe alta, è obbligatoria. Una ulteriore differenza tra queste ultime due classi riguarda l'uso corretto dei DPI, infatti, per valori di esposizione molto elevati è prescritto l'utilizzo di tali dispositivi, mentre, per valori medi sono messi a disposizione dei lavoratori.

Nel caso in cui si riscontri in cantiere il superamento dei valori superiori di azione, a seguito di misurazioni tramite fonometri, è necessario elaborare un programma di misure tecniche e organizzative. La predisposizione di una mappatura acustica in cantiere si configura uno strumento necessario al fine di attuare le strategie contenute nel P.A.R.E.⁸ che possano intervenire sulla sorgente, sulla propagazione e sulla fonte.

Secondo la normativa UNI 11347:2015 "*Acustica - Programmi aziendali di riduzione dell'esposizione a rumore nei luoghi di lavoro*" il P.A.R.E. deve contenere:

- "l'elenco dei macchinari, delle attività e dei lavoratori in relazione ai quali si è riscontrato, in sede di valutazione del rischio, il superamento dei valori superiori di azione;
- le misure tecniche e organizzative che si intendono adottare a mezzo di soluzioni tecniche, progetti, costi di ciascun intervento, ecc.;
- i risultati che si attendono dopo gli interventi, in termini di diminuzione dei livelli di esposizione $L_{EXE}/o L_{picco}$ (beneficio atteso);
- i tempi di esecuzione di ogni singolo intervento;
- la misura dei risultati ottenuti;
- l'identificazione dalla persona che nell'ambito dell'azienda (responsabile aziendale) si occuperà dell'attuazione dei singoli interventi;
- le modalità di verifica dei risultati acustici ottenuti a seguito dell'intervento, di controllo dell'efficienza acustica nel tempo, di manutenzione e di smaltimento, a fine vita, dell'intervento".

All'interno del Piano di demolizione, precisamente nelle schede di demolizione, sono stati individuati, per ogni attrezzatura, i livelli di potenze sonore corrispondenti. Tali livelli sono stati attinti dalla banca dati rumore realizzata da FSC⁹ di Torino.

Nel caso di demolizione tradizionale del solaio considerato, attrezzature come il martello demolitore emettono una potenza sonora elevata che raggiunge e può superare i 107 dB. Nel caso della controllata non è da trascurare la presenza della sega da parete la cui potenza sonora si aggira intorno ai 100 dB.

⁸ Programma aziendale per la riduzione dell'esposizione

⁹ Formazione Sicurezza Costruzioni- Ente Bilaterale del Settore Edile

Come previsto nel P.A.R.E., gli interventi sulla persona rimandano all'utilizzo di otoprotettori individuati nelle schede di demolizione e differenziati in base al livello di esposizione. In alcuni casi è sufficiente indossare degli inserti facilmente adattabili all'orecchio, in altri, l'uso di cuffie diventa indispensabile per garantire una maggiore protezione dal rumore. La distinzione tra l'una o l'altra protezione dipende dalla necessità di proteggere l'udito, ma anche dalla possibilità di permettere di recepire eventuali segnali d'allarme. È importante sottolineare che ogni DPI ha una propria efficienza che è differente dalla reale protezione della funzione uditiva, la quale dipende da un'adeguata formazione e consapevolezza del lavoratore connessa ad un corretto uso e manutenzione dell'otoprotettore.

L'attività di demolizione implica un aggravio dell'inquinamento acustico anche sull'ambiente circostante. La breve durata delle attività, la compresenza delle diverse attrezzature rendono difficoltosa la valutazione dell'impatto acustico, tuttavia, è possibile identificare le sorgenti principali di rumore nelle attrezzature da cantiere, quali macchine operatrici e macchine alimentate elettricamente. Inoltre, le emissioni sonore sono anche il risultato di tutte le operazioni di realizzazione di elementi edili.

Al fine di comprendere e valutare gli effetti del rumore sull'ambiente è importante tener presente due valori limite:

- Valori limite assoluto di emissione: valore massimo di rumore che può essere immesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- Valori limite di accettabilità/immissione: valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei recettori.

I valori di accettabilità si dividono in:

- Valori limite assoluti: determinati in relazione al livello equivalente di rumore ambientale.
- Valori limite differenziale: risultato della differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale (in presenza di tutte le sorgenti presenti) ed il rumore residuo (esclusa la sorgente disturbante).

La valutazione dello stato di inquinamento acustico è effettuata facendo riferimento ad un indice definito "livello sonoro continuo equivalente" riferibile generalmente a un intervallo di ventiquattro ore. La conoscenza di tale indice è indispensabile per identificare i valori di accettabilità relativi a ogni classe acustica.

La città di Torino è stata suddivisa in aree omogenee e, ad ognuna di esse, sono state attribuite delle classi acustiche. L'immobile in esame, avente classe acustica IV, corrisponde ad aree con intensa attività umana.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

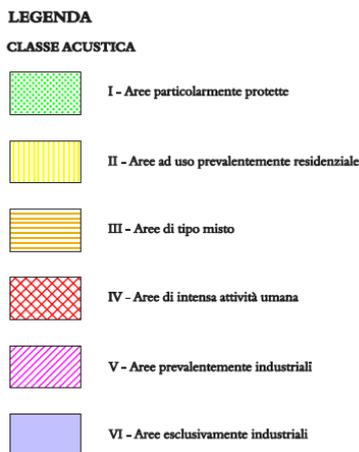
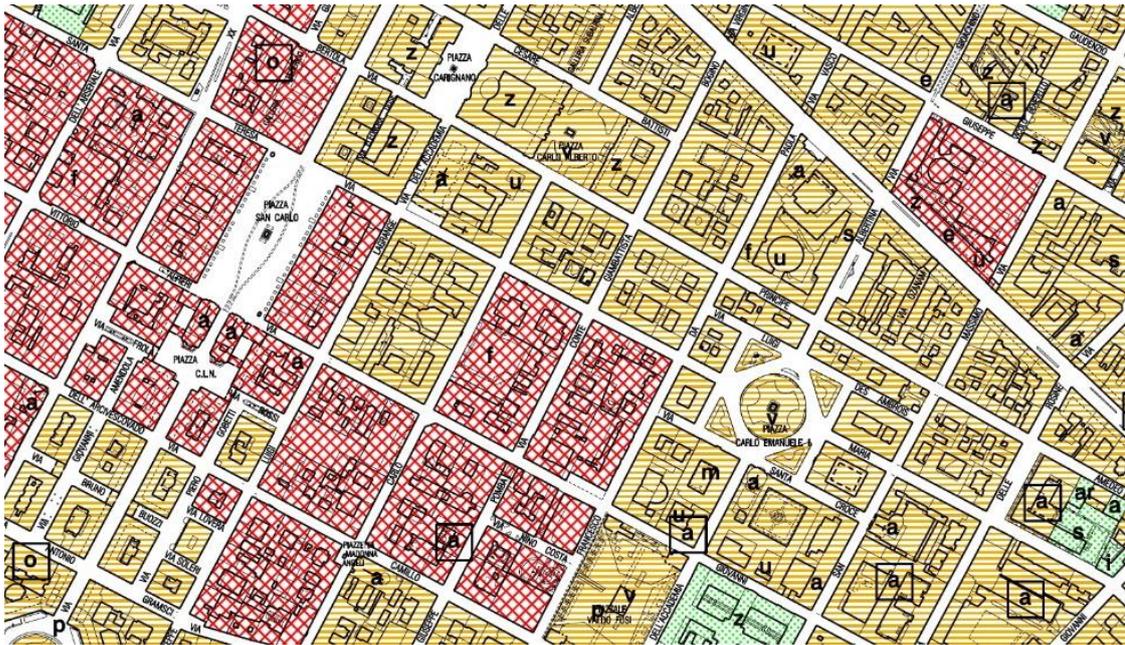


Figura 46. Piano di classificazione acustica di Torino (Geoportale)

I cantieri edili sono disciplinati dal “Regolamento comunale per la tutela dall’inquinamento acustico” della città di Torino, approvato dal Consiglio Comunale il 6 Marzo 2006.

In relazione ai valori limite di emissione e immissione, bisogna tener presente il D.P.C.M.¹⁰ 14/11/97, il quale fornisce i valori limite di rumore dei livelli sonori emessi dalle sorgenti e i valori massimi di rumore immessi dalle sorgenti nell’ambiente esterno.

¹⁰ Decreto del Presidente del Consiglio e dei Ministri 14/11/97: “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”

Valori limite di emissione – Leq in dB(A)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	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

Valori limite assoluti di immissione – Leq in dB(A)

Classi di destinazione d'uso del territorio	Tempi di riferimento	
	Diurno (06.00-22.00)	Notturmo (22.00-06.00)
I) aree particolarmente protette	50	40
II) aree prevalentemente residenziali	55	45
III) aree di tipo misto	60	50
IV) aree di intensa attività umana	65	55
V) aree prevalentemente industriali	70	60
VI) aree esclusivamente industriali	70	70

Poiché nella quasi totalità dei cantieri temporanei e mobili tali limiti sono superati, si può far riferimento al Titolo IV del Regolamento comunale sopra citato.

Il Titolo IV del suddetto regolamento prevede autorizzazioni comunali che derogano i limiti vigenti per le sorgenti sonore allegando un documento di autorizzazione allo svolgimento delle attività.

Come indicato dall'articolo 19, i limiti massimi di immissione sonora autorizzabili in deroga per le attività di cantiere, da verificarsi in facciata al ricettore più esposto, sono indicati in funzione della fascia oraria.

Giorni feriali:

- Leq= 75 dB(A) su qualsiasi intervallo di 1 ora nelle fasce orarie 8:00-12:00 e 14:00-20:00;
- Leq= 70 dB(A) su qualsiasi intervallo di 1 ora nella fascia oraria 12:00-14:00;
- Leq= 70 dB(A) mediato sull'intera fascia oraria 8:00-20:00;
- Leq= 65 dB(A) su qualsiasi intervallo di 15 minuti nella fascia oraria 20:00-8:00;
- Leq= 75 dB(A) mediato sull'intera fascia oraria 20:00-8:00;

Non si applicano i limiti differenziali di cui all'articolo 4 del D.P.C.M. 14 novembre 1997.

Giorni prefestivi:

- $L_{eq} = 75$ dB(A) su qualsiasi intervallo di 1 ora nella fascia oraria 8:00-12:00;
- $L_{eq} = 70$ dB(A) su qualsiasi intervallo di 1 ora nella fascia oraria 12:00-14:00;

Non si applicano i limiti differenziali di cui all'articolo 4 del D.P.C.M. 14 novembre 1997.

Particolare attenzione suscitano gli edifici sensibili quali scuole e ospedali i cui limiti sono ridotti di 5 dB(A).

In casi particolari i limiti sopra indicati possono essere modificati e la Città può autorizzare le attività di cantiere con limiti e orari differenti a patto che siano adottati tutti gli accorgimenti necessari per ridurre l'impatto acustico.

La valutazione previsionale dell'impatto acustico considera il livello equivalente di pressione sonora ponderato "A" risultato di tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo. Il rumore è ottenuto sommando le potenze sonore delle sorgenti presenti in cantiere e il rumore residuo. Quest'ultimo è il livello sonoro equivalente rilevato in assenza della specifica sorgente disturbata. Precisamente nel caso in esame, è riferibile al rumore introdotto dal traffico veicolare presente all'incrocio tra via Maria Vittoria e via Bogino. Sono state effettuate delle misurazioni in loco, da parte di un tecnico dell'acustica, che hanno evidenziato un livello ambientale complessivo di 65 dBA.

Per quanto riguarda le potenze sonore delle sorgenti, è necessario individuare tutte le macrocategorie delle lavorazioni e, per ognuna di esse, identificare le attrezzature corrispondenti.

Nel caso in esame, si è scelto di analizzare una porzione del cronoprogramma con riferimento alla demolizione del solaio PIO_01.4a, con attrezzature sia tradizionali sia controllate, in aggiunta ad altre lavorazioni presenti nello stesso piano e nei piani sottostanti come descritte nel paragrafo 8.1.

È stato possibile calcolare il livello di rumore post-operam tramite un foglio di calcolo di Excel, all'interno del quale sono stati inseriti i dati relativi alle potenze sonore delle macchine e la distanza dai ricettori (allegato 3).

I ricettori considerati sono edifici situati nelle immediate vicinanze dell'immobile B i a distanza di dodici, sedici e trentatré metri.



Figura 47. Individuazione ricettori

La somma dei livelli sonori espressi in decibel è stata ricavata con la seguente formula:

$$L_{eq,tot} = 10 * \log_{10}(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}})$$

Dove:

- L_1 rappresenta la somma dei livelli sonori delle sorgenti disturbanti;
- L_2 rappresenta il livello di rumore residuo.

Di seguito si riportano le tabelle inerenti alla valutazione di impatto ambientale (allegato 3) con la demolizione tradizionale e controllata.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Le polveri sono particelle solide aventi diverso diametro e, restando sospese nell'aria, penetrano facilmente nell'apparato respiratorio.

A seconda del diametro, le polveri sono classificate in PM10 E PM2,5. Le prime presentano diametri fino a 10 µm, le seconde fino a 2,5 µm. Di maggiore rilevanza è il particolato PM10 poiché penetra facilmente nelle vie respiratorie e gli effetti dannosi sono prolungati nel tempo.

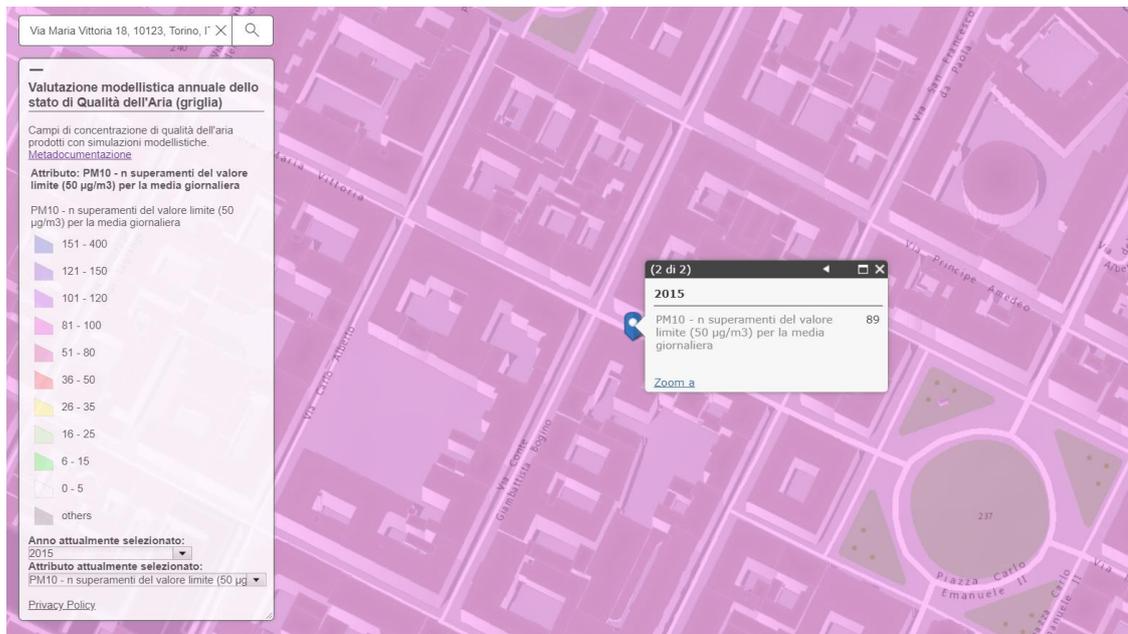


Figura 49. Valutazione dello stato di qualità dell'aria a Torino (Geoportale-Arpa Piemonte)

In riferimento all'attività *DEM.PIO_01.4 a*, la valutazione del rischio polvere, come previsto dal manuale del CPT Torino, deve tener conto delle proprietà delle sostanze: irritanti, corrosive, sensibilizzanti per via inalatoria e per via cutanea, nocive, tossiche, molto tossiche.

L'indicatore del rischio salute è ottenibile con la seguente formula:

$$R_S = G * D * E^*$$

Dove:

- *G* indica la gravità dell'agente considerato;
- *D* rappresenta la frequenza d'uso della sostanza o la durata;
- *E** definisce il livello di esposizione legato alla quantità di agente a cui il soggetto è esposto in aggiunta a fattori correttivi.

*E** è ricavabile dalla formula:

$$E^* = E \pm \text{fattori correttivi}$$

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Per ognuno di questi fattori è stato identificato l'indice corrispondente per entrambi gli approcci: riquadro rosso approccio tradizionale, riquadro azzurro approccio controllato.

CLASSE DI GRAVITÀ 3 (media) - Effetti sicuramente irreversibili		(*)
Le sostanze e/o i preparati con frasi di rischio		
R23	(Tossico per inalazione)	G = 3
R23/24	(Tossico per inalazione e contatto con la pelle)	
R23/24/25	(Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione)	
R23/25	(Tossico per inalazione e ingestione)	
R24	(Tossico a contatto con la pelle)	
R24/25	(Tossico a contatto con la pelle e per ingestione)	
R28	(Molto tossico per ingestione)	
R42	(Può provocare sensibilizzazione per inalazione)	
R42/43	(Può provocare sensibilizzazione per inalazione e contatto con la pelle)	

Figura 50. Classi di gravità rischio polveri

In entrambe le modalità di demolizione l'agente chimico corrispondente è R23.

FATTORE FREQUENZA D'USO / DURATA (D)		
Durata	Frequenza	Valore D attribuito
< 1% orario lavoro settimanale	Raramente	0,5
1-10% orario lavoro settimanale	Occasionalmente	1
11-25% orario lavoro settimanale	Frequentemente	2
26-50% orario lavoro settimanale	Abitualmente	3
51-100% orario lavoro settimanale	Sempre	4

Figura 51. Fattore di frequenza rischio polveri

Per quanto concerne il fattore durata, in riferimento al cronoprogramma all'interno del quale è stata considerata l'attività DEM.PIO_01.4 a ponderata in ore, si è optato per una durata variabile tra 26-50% per la prima tipologia di demolizione e 11 e 25% per la seconda.

FATTORE ESPOSIZIONE (E) - Rischio stimato ⁽¹⁾		
Quantità per settimana per addetto esposto (dm ³ , kg o litri)	Esposizione	Valore E attribuito
≤ 0,1	Trascurabile	0,5
> 0,1 ≤ 1	Lieve	1
> 1 ≤ 10	Modesta	2
> 10 ≤ 100	Media	3
> 100 ≤ 1000	Alta	4
> 1000	Molto Alta	5

Figura 52. Fattore di esposizione rischio polveri

Anche per il fattore di esposizione il range di quantità è stato ponderato sulla base della lavorazione esaminata nel cronoprogramma. Per quanto concerne l'approccio controllato

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

L'esposizione è lieve in quanto attribuibile principalmente alla produzione polveri per l'utilizzo del palanchino (per la schiodatura della pavimentazione), poiché l'uso della sega da parete per la demolizione del solaio garantisce la quasi assenza di polveri grazie alla presenza di un sistema di aspirazione delle stesse. In merito alla tradizionale l'esposizione è modesta poiché l'uso del martello demolitore comporta una produzione di polvere più elevata.

CATEGORIE	CONDIZIONI	FATTORI CORRETTIVI
STATO FISICO DELLA SOSTANZA	• gas	+ 1
	• liquido, in rapporto alla: - temperatura di ebollizione > 150°C - temperatura di ebollizione ≥ 50°C e ≤ 150°C - temperatura di ebollizione < 50°C	0 + 0,5 + 1
	• solido, in rapporto alla respirabilità: - non respirabile (granuli o scaglie)	0
	- respirabile	+ 1
	• "non valutabilità nel dettaglio dello stato fisico" (nel caso di contemporanea presenza di più sostanze/composti con stato fisico diverso)	+ 1
TIPOLOGIA DI IMPIANTO	• a ciclo confinato	- 3
	• a ciclo confinato ma con carico e scarico manuale	- 2
	• a ciclo confinato ma con periodici e limitati interventi manuali ⁽¹⁾	- 2
	• a ciclo confinato ma con carico/scarico manuali e con periodici e limitati interventi manuali ⁽¹⁾	- 1
	• processo con operatori efficacemente remotizzati	- 1
	• manuale	0
TIPO DI PROCESSO ⁽²⁾	• manuale in condizioni d'esercizio non adeguate	+ 1
	• in pressione	+ 0,5
	• con apporto di energia termica nel processo	+ 0,5
ESISTENZA DI DISPOSITIVI DI PROTEZIONE TECNICA ⁽²⁾	• con apporto di energia meccanica nel processo	+ 0,5
	• con piani di manutenzione programmata	- 1
POSSIBILITÀ DI CONTATTO CUTANEO ⁽³⁾	• strutturalmente idonea ma senza piani di manutenzione programmata	- 0,5
	• sostanza attiva per via cutanea o a livello cutaneo	+ 1
	• sostanza non attiva per via cutanea o a livello cutaneo	0

Figura 53. Fattori correttivi rischio polveri

In riferimento ai fattori correttivi si possono effettuare alcune considerazioni. Alla voce "stato fisico della sostanza" è stato considerato il valore 1 poiché le polveri generate in cantiere sono solidi respirabili per entrambi gli approcci. In relazione alla tipologia di impianto è stato individuato: "ciclo confinato ma con carico e scarico manuali e con limitati interventi manuali" per la controllata, "manuale" per la tradizionale.

Un altro fattore da considerare è il dispositivo di protezione tecnica che è presente in entrambi i casi ed è dotato di piani di manutenzione controllata. In riferimento alla possibilità di contatto cutaneo si è potuto affermare che la sostanza non è attiva per via cutanea o a livello cutaneo.

Per quanto riguarda il tipo di processo, non è stato preso in considerazione nessun fattore in quanto non sussistono le condizioni indicate in tabella.

Dopo la determinazione di tutti i fattori, è stato possibile ricavare, tramite la formula sopra evidenziata, l'indicatore di rischio per salute nei due casi analizzati.

La classe di rischio ottenuta è rispettivamente modesta e bassa, avendo ottenuto:

- $R_S = 18$ per la demolizione tradizionale;
- $R_S = 3$ per la demolizione controllata.

$R_s = G \times D \times E^*$	CLASSI DI RISCHIO	I.A.	D.Lgs. 81/2008
$0 < R_s \leq 10$	BASSO	1 o 2	rischio irrilevante per la salute
$10 < R_s \leq 25$	MODESTO	3	rischio non irrilevante per la salute
$25 < R_s \leq 50$	MEDIO	4	
$50 < R_s \leq 75$	ALTO	5	
$75 < R_s \leq 100$	MOLTO ALTO		

Figura 54. Classificazione del rischio per la salute

Una particolare attenzione deve essere posta ai risultati delle classi di rischio.

Il fattore esposizione è stato determinante circa l'esito della valutazione. Infatti, "E*" nel caso della tradizionale è 2, nella controllata è pari a 0. Tuttavia, il manuale di valutazione del rischio redatto da CPT di Torino e dall'Inail, suggerisce l'attribuzione di un valore almeno pari a 0,5 nel caso di risultato nullo o negativo. Ed è proprio questo il motivo per il quale, effettuando tutti i calcoli, la classe di rischio per la demolizione controllata è uguale a 3.

Sulla base della valutazione dei rischi e di tutte le prescrizioni contenute nelle schede di demolizione, i DPI da utilizzare sono delle mascherine antipolvere FFP2 e per l'approccio tradizionale deve essere attivata la sorveglianza sanitaria.

8.4 Misure di mitigazione

La necessità di ricorrere a sistemi di prevenzione, contenimento e abbattimento delle polveri emesse e del rumore è indispensabile non solo per salvaguardare l'ambiente circostante, ma anche per tutelare i lavoratori esposti a tali rischi.

8.4.1 Rumore

Dai risultati ottenuti dalla valutazione di impatto acustico si può notare che alcuni valori superano i limiti consentiti per questo motivo, sono proposte delle azioni correttive al fine di minimizzare l'esposizione agli agenti fisici. Il fine è quello di ridurre l'impatto acustico nei confronti dei ricettori sensibili e della popolazione esposta e di contenere le emissioni sonore delle attrezzature e delle lavorazioni nei confronti dei lavoratori.

Il primo obiettivo può essere perseguito installando delle barriere acustiche sul ponteggio che sarà a servizio dei lavori in copertura, ma potrà essere utilizzato per l'applicazione dei pannelli fonoassorbenti. Tali pannelli permettono un'attenuazione sonora circa di 30 dB. In questo modo si potranno contenere le immissioni sonore nei confronti dei quattro ricevitori individuati. Ulteriore accorgimento potrebbe essere quello di concentrare le attività rumorose nelle fasce orarie di per sé impattanti dovute al traffico veicolare ossia tra le 10:00-13:00 e le 16:00 e le 18:00.

Un altro suggerimento riguarda l'ottimizzazione del lavoro dei mezzi di carico e scarico in modo da ridurre i percorsi.

Di non minor importanza è il mantenimento in ottimo stato di tutte le attrezzature utilizzate che devono essere rigorosamente marcate CE¹¹. L'uso di attrezzature elettriche sarebbe da preferire a quelle azionate da motori a scoppio.

Per valutare l'efficacia o meno delle misure di mitigazione si potranno allestire delle postazioni fisse di rilevamento rumore in prossimità dei ricettori sensibili con lo scopo di effettuare un monitoraggio ambientale.

Il secondo obiettivo può essere raggiunto formando e informando i lavoratori sui rischi correlati alle attività e sul corretto utilizzo delle macchine e dei DPI. Qualora i dispositivi di protezione individuale non siano mantenuti in buono stato, il datore di lavoro dovrà provvedere all'acquisto di nuovi.

8.4.2 Polveri

Durante le attività di cantiere si devono adottare tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione di polveri.

Tra le tecniche di abbattimento si riportano alcune prescrizioni connesse alla fase preparatoria dell'attività in esame, alla fase stessa e all'allontanamento dei detriti.

In primo luogo è necessario predisporre le aree relative all'immagazzinamento di cumoli di macerie. Tutte le azioni di stoccaggio devono essere effettuate in presenza di poco vento, predisponendo dei recinti vicino tali aree ed eventualmente anche dei teli di copertura su di esse.

¹¹ Marchio di Conformità Europea secondo la decisione 768/2008/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa a un "quadro comune per la commercializzazione dei prodotti".

In riferimento alle azioni di trattamento dei materiali e dei sistemi di trasferimento è necessario evitare di far cadere i materiali durante la fase di trasporto da un'area all'altra, ridurre lo svolgimento di tali attività nel corso di giornate ventose e utilizzare barriere frangivento che hanno lo scopo di trattenere le polveri.

Inoltre, è importante stabilire delle regole per l'arrivo dei mezzi che giungeranno in cantiere. Si prescriverà una velocità non superiore ai 10 km/h.

In secondo luogo, l'attività di demolizione deve essere condotta secondo tutte le prescrizioni in materia di sicurezza previste nel PSC. Bisognerà:

- evitare l'allontanamento dei detriti da altezze troppo elevate;
- predisporre i canali per portar via dall'immobile dei materiali;
- recintare gli scivoli e i cassoni delle macerie;
- utilizzare delle barriere per prevenire le dispersioni;
- irrorare d'acqua le superfici e i materiali;
- provvedere a un sistema di aspirazione dei detriti;
- controllare l'adozione di comportamenti di buona pratica per rimuovere i detriti;
- evitare di protrarre per lungo tempo l'immagazzinamento dei residui e rottami;
- adottare preferibilmente attrezzature con dispositivi di contenimento delle polveri;

In ultima analisi, un'attenzione particolare deve essere posta anche ai motori dei mezzi di cantiere in quanto favoriscono la dispersione di polveri e gas nell'ambiente. I veicoli dovrebbero essere dotati di particolari filtri per i particolari, effettuare manutenzioni periodiche ai motori, minimizzare le perdite di gas e particelle, (usare carburanti alternativi) ove sia possibile.

I mezzi non entreranno direttamente nell'area di cantiere, ma potranno sostare per brevi periodi davanti l'ingresso principale su via Maria Vittoria o transitare su via Bogino per lo scarico di materiale che sarà portato in cantiere attraverso un accesso secondario collocato su tale via.

8.5 Rifiuti e loro gestione

La normativa in materia di rifiuti e gestione di essi è molto vasta. Nel corso degli anni sono stati emanati diversi decreti, di cui alcuni articoli sono stati abrogati, altri implementati e aggiornati.

A tale proposito, il complesso di norme di riferimento è il Testo Unico in materia ambientale, emanato con il D.Lgs. 3 Aprile 2006 n.152. In particolare, nella parte IV sono inseriti tutti i decreti relativi alla gestione dei rifiuti e dei siti inquinati.

Secondo il decreto per rifiuto si intende qualsiasi sostanza od oggetto di cui il detentore si disfi o abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsi.

I rifiuti sono classificati secondo l'origine, in urbani e speciali e secondo le caratteristiche di pericolosità, in pericolosi e non pericolosi.

La gestione dei rifiuti è un obiettivo che deve essere perseguito non solo da chi produce il rifiuto ma da chiunque sviluppi, fabbrichi, trasformi, tratti o venda prodotti.

La gestione dei rifiuti deve avvenire nel rispetto della seguente gerarchia:

- Prevenzione.
- Preparazione per il riutilizzo.
- Riciclaggio.
- Recupero di altro tipo.
- Smaltimento.

La norma suggerisce di optare per la migliore opzione ambientale prevedendo il miglior risultato complessivo, tenendo conto degli impatti sanitari, sociali ed economici compresa la fattibilità tecnica e la praticabilità economica.

La priorità nell'ordine di gestione dei rifiuti potrebbe essere suscettibile di cambiamenti nel caso in cui, dopo una specifica analisi degli impatti complessivi, sia più conveniente adottare altre strategie.

In merito al primo punto della gerarchia, la prevenzione e la riduzione della nocività dei rifiuti deve riguardare tutte le iniziative di promozione di strumenti economici, eco-bilanci, sistemi di certificazione ambientale, di utilizzo delle migliori tecniche disponibili, di analisi del ciclo di vita dei prodotti, azioni di informazione e sensibilizzazione dei consumatori e l'uso di sistemi di qualità. Inoltre, le suddette iniziative devono elogiare protocolli di intesi finalizzati alla prevenzione e alla riduzione della quantità e della pericolosità dei rifiuti.

Per il secondo criterio le ultime integrazioni all'articolo suggeriscono alle Pubbliche Amministrazioni di favorire iniziative atte a favorire il riutilizzo dei prodotti e la preparazione per il riutilizzo dei rifiuti.

Per quanto concerne il riciclaggio e il recupero dei rifiuti, le regioni stabiliscono i criteri con i quali i comuni provvedono a realizzare la raccolta differenziata, in particolare, nel comma b) sono indicate tutte le misure necessarie per adempiere entro il 2020, agli obiettivi di preparazione per il riutilizzo, di riciclaggio, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi.

In ultima analisi, lo smaltimento dei rifiuti deve essere effettuato in condizioni di sicurezza sotto la vigilanza dell'autorità competente circa l'impossibilità tecnica ed economica di esperire le operazioni di recupero. I rifiuti da avviare in discarica devono essere il più possibile ridotti sia in massa sia in volume, potenziando la prevenzione e le attività di riutilizzo, di riciclaggio e di recupero, prevedendo la priorità per quei rifiuti non recuperabili generati nell'ambito di attività di riciclaggio o di recupero.

8.5.1 Rifiuti edili

I rifiuti derivanti dalle attività di demolizione possono essere identificati come rifiuti speciali non pericolosi (ad eccezione di alcuni materiali come l'amianto).

Secondo i dati di Isprambiente la produzione totale di rifiuti speciali non pericolosi rispetto al 2015 è incrementata di oltre 2,1 milioni di tonnellate, tuttavia, il settore delle costruzioni e demolizioni ha registrato un aumento più contenuto nel biennio 2015-2016, di circa dell'1%, rispetto ai dati rilevati nel biennio 2014-2015 del 5,5%.

Tipologia	Quantitativo annuale (t/a)		
	2014	2015	2016
Rifiuti speciali non pericolosi esclusi i rifiuti stimati (dati MUD)	66.145.766 ^a	66.120.949 ^a	67.618.351 ^a
Rifiuti speciali non pericolosi esclusi i rifiuti stimati da costruzione e demolizione (dati stimati)	4.152.828	4.220.392	4.360.822
Rifiuti speciali non pericolosi da costruzione e demolizione C&D (Capitolo EER 17 dati stimati)	50.214.864	52.978.023	53.492.199
Rifiuti speciali non pericolosi con attività ISTAT non determinata (dati MUD)	4.873	11.712	5.384
Totale non pericolosi (RS NP)	120.518.331	123.331.076	125.476.756
Rifiuti speciali pericolosi (dati MUD)	7.696.966	7.854.452	8.296.624
Rifiuti speciali pericolosi (dati stimati)	-	2.117	2.216
Veicoli fuori uso	1.095.592	1.239.829	1.308.488
Rifiuti speciali pericolosi con attività ISTAT non determinata (dati MUD)	1.312	717	1.728
Totale pericolosi (RS P)	8.793.870	9.097.115	9.609.056
Rifiuti speciali con codice EER non determinato (dati MUD)	2.000	691	134
Totale rifiuti speciali	129.314.201	132.428.882	135.085.946

Figura 55. Produzione nazionale di rifiuti speciali, anni 2014-2016 (Isprambiente)

Come si evince dalla tabella, ad eccezione dei rifiuti speciali non pericolosi esclusi quelli stimati, la produzione maggiore di rifiuti proviene dal settore delle costruzioni e demolizioni.

Se si volesse effettuare un'analisi a livello di macroaree geografiche si potrebbe dire che i rifiuti derivanti dalle attività di costruzione e demolizione nel 2016 si attestano al 41,3% della totalità dei rifiuti prodotti al nord. A livello regionale invece, il Piemonte produce circa 4,5 milioni di tonnellate di rifiuti, il 14,5% del Nord Italia.

Lo strumento per classificare un rifiuto è dato dall'Elenco Europeo dei Rifiuti con il conseguente riconoscimento del codice CER. Si possono individuare tre categorie:

- Rifiuti propri dell'attività di demolizione e costruzione, escluso il materiale scavato, aventi codice CER 17 XX XX;
- Rifiuti dall'attività di escavazione aventi codici CER 17 XX XX
- Rifiuti prodotti nel cantiere connessi con l'attività svolta, come i rifiuti da imballaggio, aventi codici CER 15 XX XX.

Altri componenti non possono essere classificati come rifiuti in quanto possono essere riutilizzabili (travi, tegole, coppi, arredi). Infatti secondo l'articolo 184-ter, un rifiuto

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

cessa di essere tale quando è stato sottoposto a un'operazione di recupero, incluso il riciclaggio e la preparazione per il riutilizzo e soddisfa alcuni criteri:

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

17	RIFIUTI DELLE OPERAZIONI DI COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE (COMPRESO IL TERRENO PROVENIENTE DA SITI CONTAMINATI)
17 01	cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche
170101	cemento
170102	mattoni
170103	mattonelle e ceramiche
170106*	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, contenenti sostanze pericolose
170107	miscugli o frazioni separate di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 17 01 06
17 02	legno, vetro e plastica
170201	legno
170202	vetro
170203	plastica
170204*	vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati
17 03	miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
170301*	miscele bituminose contenenti catrame di carbone
170302	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 17 03 01
170303*	catrame di carbone e prodotti contenenti catrame
17 04	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 17 04 10
17 05	terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio
170503*	terra e rocce, contenenti sostanze pericolose
170504	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 17 05 03
170505*	fanghi di dragaggio, contenente sostanze pericolose
170506	fanghi di dragaggio, diversa da quella di cui alla voce 17 05 05
170507*	pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose
170508	pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 17 05 07
17 06	materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto
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 17 06 01 e 17 06 03
170605*	materiali da costruzione contenenti amianto
17 08	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 17 08 01
17 09	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione
170901*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti mercurio
170902*	rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione, contenenti PCB (ad esempio sigillanti contenenti PCB, pavimentazioni a base di resina contenenti PCB, elementi stagni in vetro contenenti PCB, condensatori contenenti PCB)
170903*	altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione (compresi rifiuti misti) contenenti sostanze pericolose
170904	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

Alcuni materiali sono stati catalogati con i codici 17 08 02 e 17 09 04 poiché i suddetti rifiuti non sono riconducibili ad un processo produttivo codificato o a un singolo codice che possa descriverli in modo corretto. Infatti molte voci presenti nel CER sono generiche e possono essere attribuite a varie casistiche.

A tale proposito è opportuno caratterizzare il rifiuto determinandone le caratteristiche attraverso tutti gli accorgimenti per lo smaltimento finale in condizioni di sicurezza come suggerito dal D.M. 27/09/10. Questa attività deve evidenziare le azioni della caratterizzazione di base al fine di descrivere le materie prime che compongono il rifiuto, il processo che lo origina e le sostanze con cui potrebbe essere entrato in contatto. Questo iter è molto importante non solo per identificare il metodo di gestione più consono, ma anche per definire la destinazione ultima del rifiuto.

8.5.2 Rifiuti derivanti dall'approccio tradizionale e controllato

In relazione alla lavorazione *DEM.PIO_01.4 a* si possono rilevare produzioni differenti di rifiuti. In entrambi i casi, le modalità di smaltimento dei rifiuti prevedono il conferimento in discarica da parte di mezzi autorizzati.

Nel caso della demolizione tradizionale la rimozione di *PIO_01.4 a* avviene per elementi costruttivi, nonché per fasi, (opposte a quelle della costruzione) prevedendo attività manuali e l'uso di diverse attrezzature. La produzione di rifiuti sarà già settorializzata per componenti, abbattendo i tempi e i costi di trasporto.

Nel caso della demolizione controllata la rimozione di *PIO_01.4 a* avverrà tramite seghe da parete, le cui porzioni rimosse non sono già in partenza separate in parti omogenee, ma costituiscono un unico blocco di elementi posti tutti insieme. In questa circostanza, la produzione dei rifiuti sarebbe maggiore, dovendo allontanare le macerie in un unico cassone destinate ai rifiuti misti.

9. Progettazione e gestione BIM con simulazione 4D

Lo studio della sicurezza nel cantiere oggetto di analisi è stato condotto non solo con le tecniche di progettazione e gestione tradizionali, come analizzato nei precedenti capitoli, ma anche con l'utilizzo di un software di modellazione BIM.

La metodologia BIM, acronimo di "Building Information Modeling" offre la possibilità di implementare e ottimizzare la pianificazione, aggiungendo e combinando dati a partire da un modello realizzato in tre dimensioni e di gestire e monitorare il flusso di lavoro in modo molto agevole e puntuale. Peculiarità di questa tecnologia è la possibilità di ricostruire virtualmente un progetto con l'impiego di elementi equivalenti a quelli reali. Ognuno di questi componenti è dotato di una sorta di "carta di identità" all'interno della quale sono definite tutte le caratteristiche ad essi associate: materiali di cui è composto l'oggetto e le loro funzioni, la trasmittanza, il modello, il produttore, la resistenza al fuoco, il costo e tanti altri. Un altro aspetto interessante è il fatto che la creazione di un oggetto non riguarda la mera rappresentazione geometrica in uno spazio, ma il componente è solidale con tutti gli altri elementi ed è in grado di interagire con gli stessi.

La suddetta metodologia conferisce una maggiore consapevolezza in chi lavora, potendo orientare le scelte progettuali in base a ciò che si necessita.

La finalità di questo capitolo è quella di spiegare l'utilizzo di questo processo e gli obiettivi che si sono voluti perseguire partendo da una rappresentazione tridimensionale dettagliata del fabbricato C e di massima degli altri due edifici per ricreare l'area di cantiere. In seguito, grazie alla redazione di un apposito cronoprogramma delle attività di demolizione del blocco C, tutte le informazioni geometriche presenti nel 3D sono state trasferite e importate in un programma di simulazione 4D al fine di valutare ed effettuare un confronto nel tempo tra demolizione tradizionale e controllata.

9.1 Creazione del modello tridimensionale

La realizzazione del modello è stata effettuata mediante l'utilizzo del software Autodesk Revit. Il primo passo è stato quello di fissare le quote altimetriche di ogni piano del progetto attraverso dei "livelli", i quali, sono utili per generare dei piani orizzontali su cui sono state collocate le piante da CAD. Al fine di facilitare l'importazione dei disegni da Autocad e l'elaborazione del 3D, i modelli bidimensionali sono stati orientati e disposti in corrispondenza dell'origine degli assi e successivamente riordinati per rimuovere gli oggetti superflui e non necessari.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

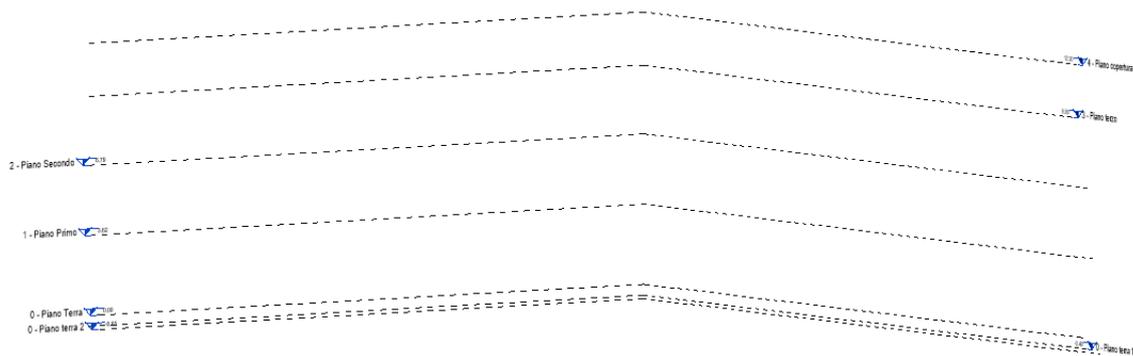


Figura 56. Livelli di riferimento per la creazione del modello finale – Fabbricato C

Una volta fissati i riferimenti è stato possibile, a partire dalle piante, inserire i componenti architettonici caratterizzanti il progetto. In prima analisi sono stati collocati i muri su ogni livello con l'apposito comando “muro” presente nella scheda “architettura”. Per ogni chiusura esterna e partizione presenti, sono state create diverse tipologie di muro e, per ognuna di esse, sono stati definiti gli strati e i materiali corrispondenti. In particolar modo, sono stati rinominati con uno specifico codice (già individuato in precedenza e visibile nell'allegato 1), tutti quegli elementi oggetto di demolizione e i singoli componenti che li caratterizzano.

Modifica | Muri

<p>Proprietà</p> <p>Muro di base PIV_02.0b</p> <p>Muri (1)</p> <p>Vincoli</p> <p>Linea di ubicazione</p> <p>Vincolo di base</p> <p>Offset base</p> <p>La base è associata</p> <p>Distanza estensione base</p> <p>Vincolo parte superiore</p> <p>Altezza non collegata</p> <p>Offset superiore</p>	<p>Modifica assieme</p> <p>Famiglia: Muro di base</p> <p>Tipo: PIV_02.0b — Codice assegnato</p> <p>Spessore totale: 0.1500</p> <p>Resistenza (R): 0.0000 (m²·K)/W</p> <p>Massa termica: 0.00 kJ/K</p> <p>Strati</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3"></th> <th>LATO ESTERNO</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Funzione</th> <th>Materiale</th> <th>Spessore</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Contorno del nucleo</td> <td>Strati sopra ripiegatura</td> <td>0.0000</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Finitura 1 [4]</td> <td>MV Intonaco</td> <td>0.0150</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Struttura [1]</td> <td>MV muratura forata</td> <td>0.1200</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Finitura 2 [5]</td> <td>MV Intonaco</td> <td>0.0150</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Contorno del nucleo</td> <td>Strati sotto ripiegatura</td> <td>0.0000</td> </tr> </tbody> </table>				LATO ESTERNO		Funzione	Materiale	Spessore	1	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0.0000	2	Finitura 1 [4]	MV Intonaco	0.0150	3	Struttura [1]	MV muratura forata	0.1200	4	Finitura 2 [5]	MV Intonaco	0.0150	5	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0.0000
			LATO ESTERNO																										
	Funzione	Materiale	Spessore																										
1	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0.0000																										
2	Finitura 1 [4]	MV Intonaco	0.0150																										
3	Struttura [1]	MV muratura forata	0.1200																										
4	Finitura 2 [5]	MV Intonaco	0.0150																										
5	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0.0000																										

Figura 57. Esempio di muro personalizzato

La fase successiva ha riguardato la creazione dei pavimenti con la definizione di un contorno a partire dalla selezione dei muri presenti e delimitanti i pavimenti stessi. Anche in questo caso è stata attuata la personalizzazione di tale famiglia con lo scopo di riprodurre fedelmente lo stato di fatto dei solai in putrelle e tavole presenti nel manufatto C.

Il disegno dei solai non può prescindere dagli aspetti strutturali, per questo motivo, sono stati inseriti dei sistemi travi a partire dalle viste di pianta. Analoghe considerazioni

possono essere effettuate per il disegno dell'orditura in quanto Revit consente, come per il pavimento, di distribuire le travi lungo un perimetro e di settare i parametri in base alle proprie esigenze.

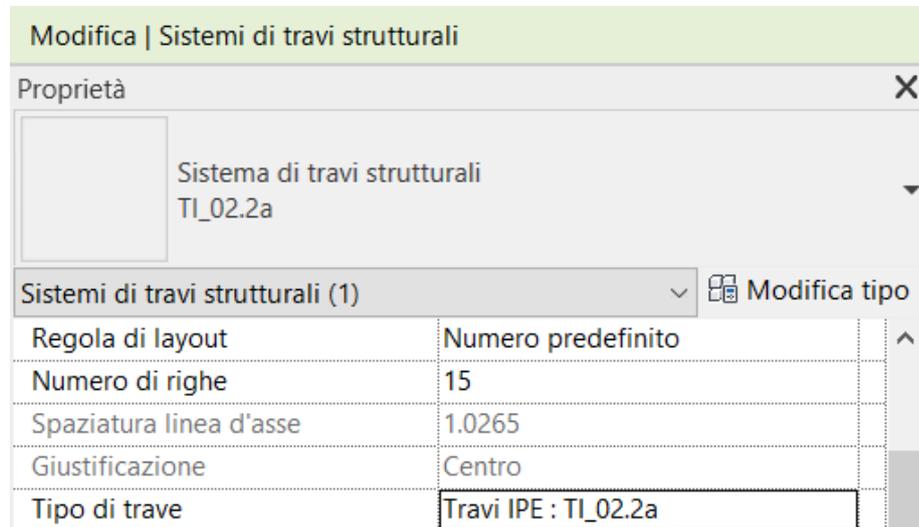


Figura 58. Esempio di sistema di travi personalizzato

Fase successiva è stata la realizzazione della copertura avvenuta in diverse tappe, in base agli elementi che la compongono: manto di copertura, piccola orditura, grande orditura e trave di colmo. Anche per il tetto, le regole per la creazione sono state le stesse definite per i pavimenti attraverso il comando "tetto da perimetro". È stato indispensabile inserire i valori di inclinazione delle due falde e successivamente, un valore per la sporgenza.

La costruzione degli elementi strutturali ha comportato l'inserimento di un sistema di travi a partire da un piano di riferimento disegnato lungo l'intradosso delle falde. Infine, per rendere la chiusura più veritiera possibile, è stata caricata una famiglia di tegole opportunamente collocata lungo le falde.

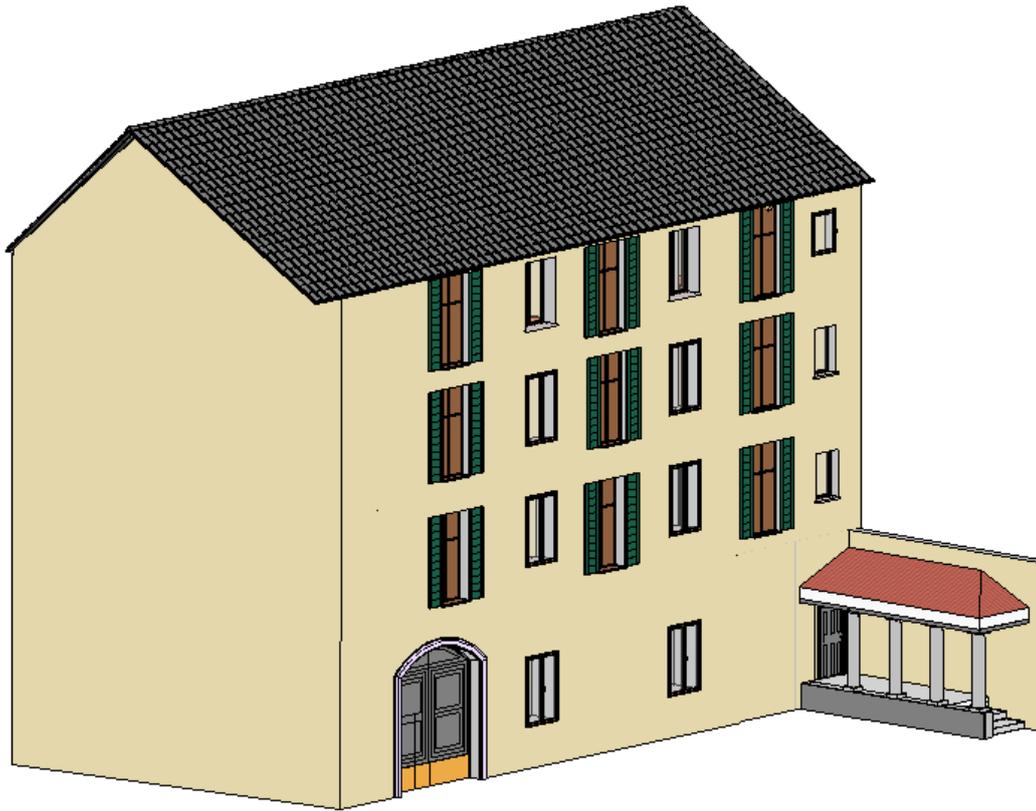


Figura 59. Vista 3D dell'edificio C con l'inserimento del manto di copertura

Lo step seguente ha interessato il collegamento verticale di tutti i piani con l'ausilio della famiglia di sistema "scala", situata sempre nella scheda "architettura" del programma. Per la costruzione delle partizioni interne inclinate presenti nel fabbricato è stata creata una rampa di accesso per il piano primo e due scale a servizio del secondo e del terzo piano caratterizzate dalle rampe e dai pianerottoli.

Il passo consecutivo, dopo il completamento dell'immobile C, ha riguardato l'inserimento degli elementi a servizio del cantiere: gru, ponteggio e parapetti provvisori. Il ponteggio è stato costruito in corrispondenza del prospetto di ingresso, assemblando componenti già realizzati esternamente per consentire l'accesso ai lavoratori in copertura. Sempre in relazione ai dispositivi di protezione collettiva, sono stati posti dei parapetti provvisori in copertura, come indicato nelle schede di demolizione, opportunamente agganciati alla struttura portante in muratura. Il ricorso a parapetti di protezione è stato inevitabile, dettato dall'impossibilità di costruire il ponteggio sugli altri tre fronti del fabbricato.



Figura 60. Prospetto con l'inserimento del ponteggio e dei parapetti

Prima dell'introduzione della gru nell'area di cantiere sono stati modellati gli edifici A e B con l'unico scopo di fornire un contesto all'immobile C.

L'apparecchio di sollevamento è stato posizionato caricando la famiglia all'interno del progetto e successivamente collocato nel cortile vicino lo stabile A in modo che possa essere a servizio di tutto il cantiere. A differenza del ponteggio non si è provveduto al montaggio degli elementi della gru ma è bastato inserire la famiglia e sceglierne il tipo.

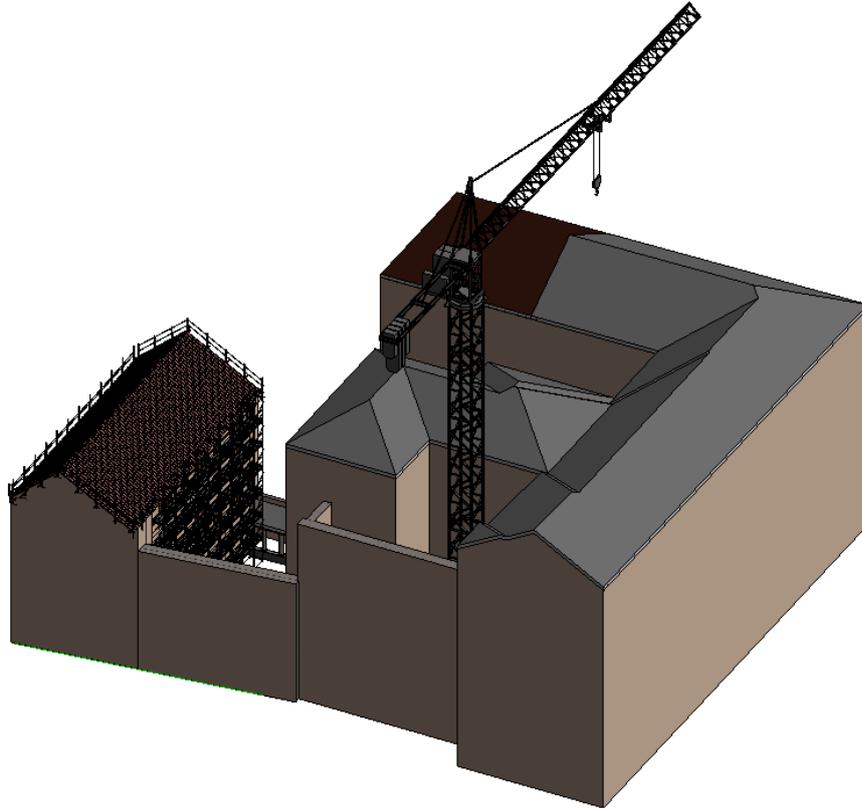


Figura 61. Vista realistica dell'area di cantiere

9.2 Fasi di lavoro

Il fulcro della progettazione BIM del caso studio analizzato è rappresentato proprio dalle fasi di lavoro poiché è possibile, attraverso la definizione di queste ultime, pianificare e gestire gli interventi da eseguire.

Con questa funzionalità si possono rendere più efficaci le informazioni contenute nel Piano di Demolizione (relative all'ordine di demolizione prestabilito e le modalità con le quali avverranno le attività), valutando in un preciso istante lo stato di avanzamento dei lavori. Ciò è stato fondamentale per creare delle tavole di smontaggio per le schede di demolizione. Sebbene queste ultime siano riferite alla metodologia pressoché tradizionale di demolizione è necessario sottolineare che le fasi di smontaggio siano le stesse a prescindere dalla tecnologia di rimozione utilizzata.

Il modello realizzato evidenzia lo stato di fatto mentre tutti gli interventi che saranno effettuati rappresenteranno lo "stato di progetto" e, ognuno di essi, potrà essere associato ad una precisa fase.

Tutti gli elementi costruiti presentano due proprietà: fase di creazione e fase di demolizione. La prima rappresenta proprio lo stato di fatto, la seconda invece, è riferita a un preciso istante in cui un elemento è rimosso.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

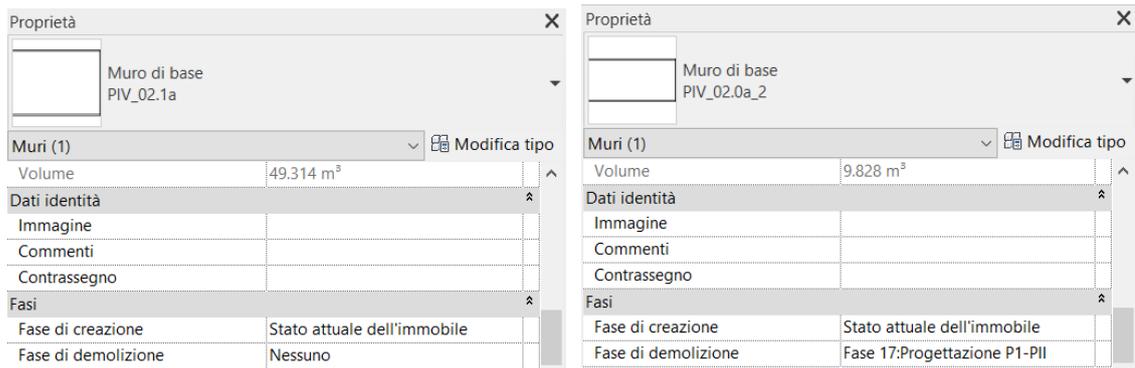


Figure 62-63. Identificazione delle fasi dal pannello proprietà di due tipologie di muro

Nelle due immagini soprastanti la fase di creazione è uguale per entrambi i muri ma emerge subito una differenza sostanziale nella fase di demolizione: per la partizione *PIV_02.1a* nella casella è indicato “nessuno” mentre per *PIV_02.0a_2* è riportato il numero della fase. Questo può far già dedurre che il muro dell’immagine di sinistra non sarà oggetto di intervento, al contrario, quello di destra sarà abbattuto in una precisa fase già fissata.

La definizione delle fasi su Revit è un’operazione che si è snodata in diverse tappe. In primo luogo sono state trascritte tutte le fasi di lavoro previste in fase di progettazione tramite l’apposito comando “gestisci” e “fasi”.

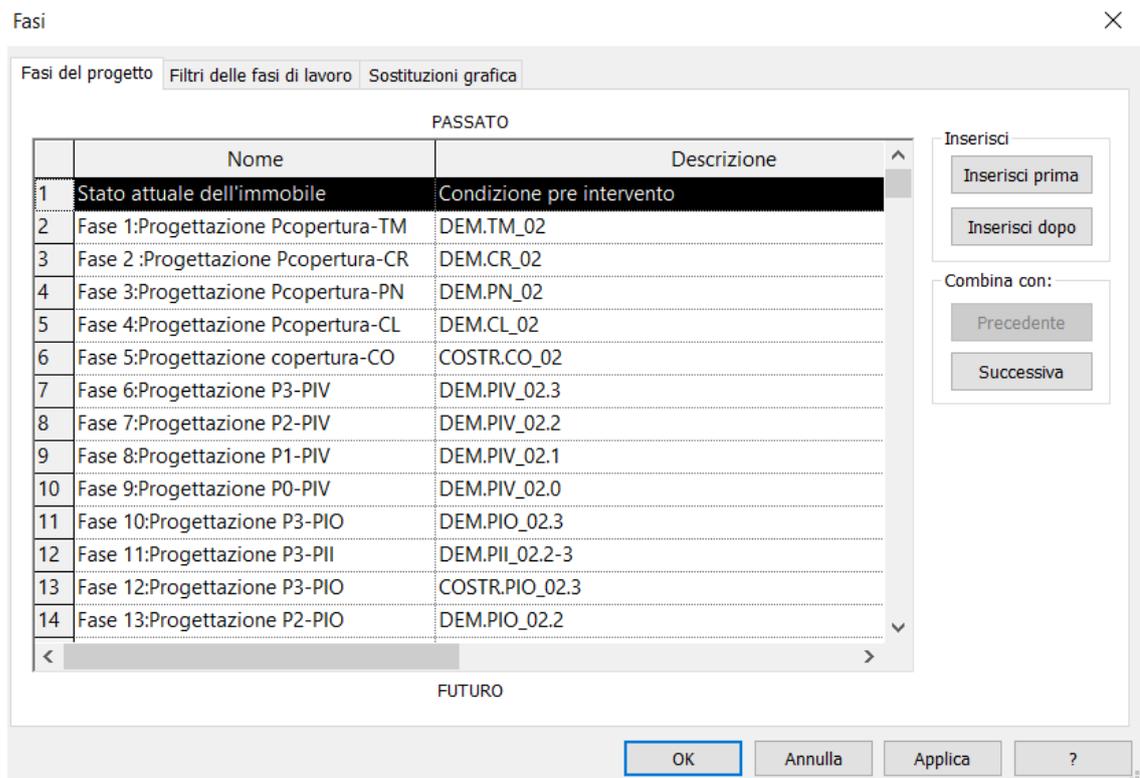


Figura 64. Stralcio delle fasi di lavoro

La prima riga indica lo stato di fatto dell'immobile mentre tutte le altre lo stato di progetto corrispondente a una determinata fase.

In secondo luogo sono stati definiti i filtri per ogni fase, Revit ne indica quattro:

- Comparativa;
- Esistente;
- Mostra tutto;
- Stato di progetto.

Nel caso in esame, al filtro "esistente" sono stati impostati i valori "per categoria" alle righe *Nuovo* e *Esistente* in modo tale che lo stato di fatto rimanga inalterato.

In terza analisi sono state impostate le sostituzioni grafiche agli oggetti per conferire il colore giallo nel caso di elementi demoliti e rosso nel caso di costruiti.

Per poter creare dei confronti tra lo stato di fatto e gli interventi futuri è stato sufficiente duplicare la vista dello stato attuale dell'immobile, e, impostando correttamente il filtro delle fasi in "stato di progetto" e la fase di demolizione interessata, sono stati eliminati tutti gli elementi oggetto di demolizione nella fase stabilita. In seguito, duplicando ulteriormente la vista è stato possibile creare la vista comparativa corrispondente.

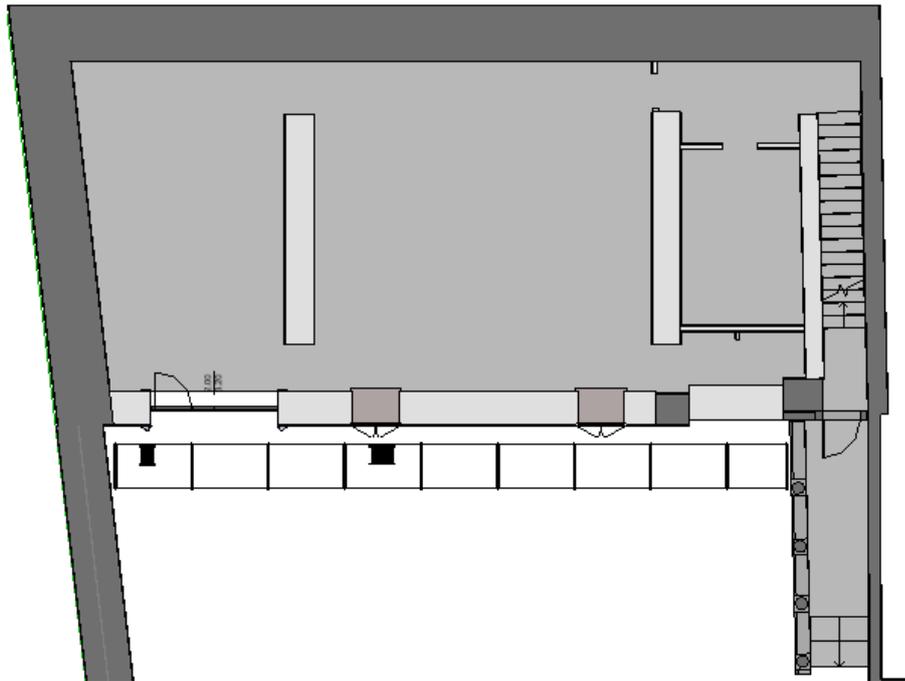


Figura 65. Vista dello stato di fatto del piano terra

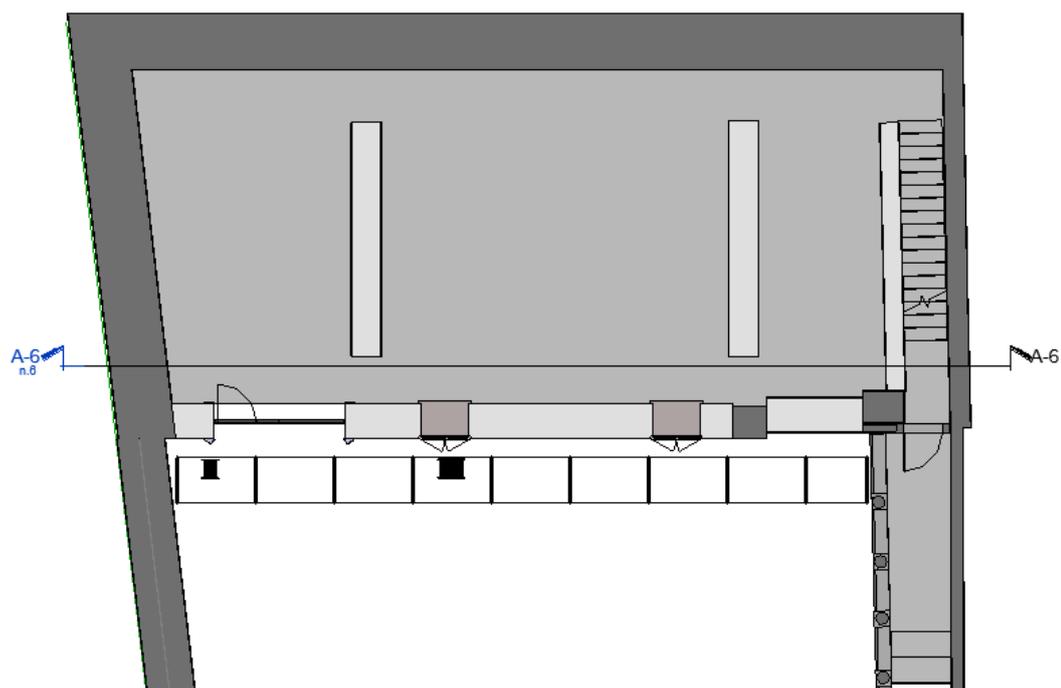


Figura 66. Vista di progetto inerente alla demolizione delle partizioni interne al piano terra

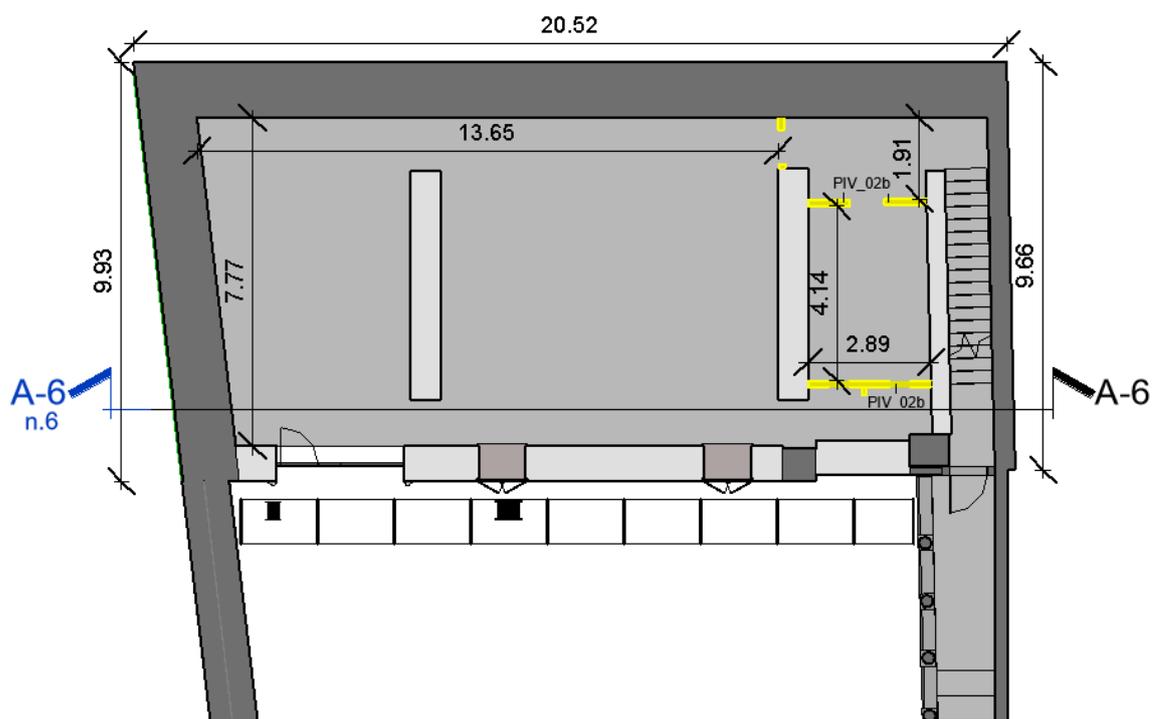
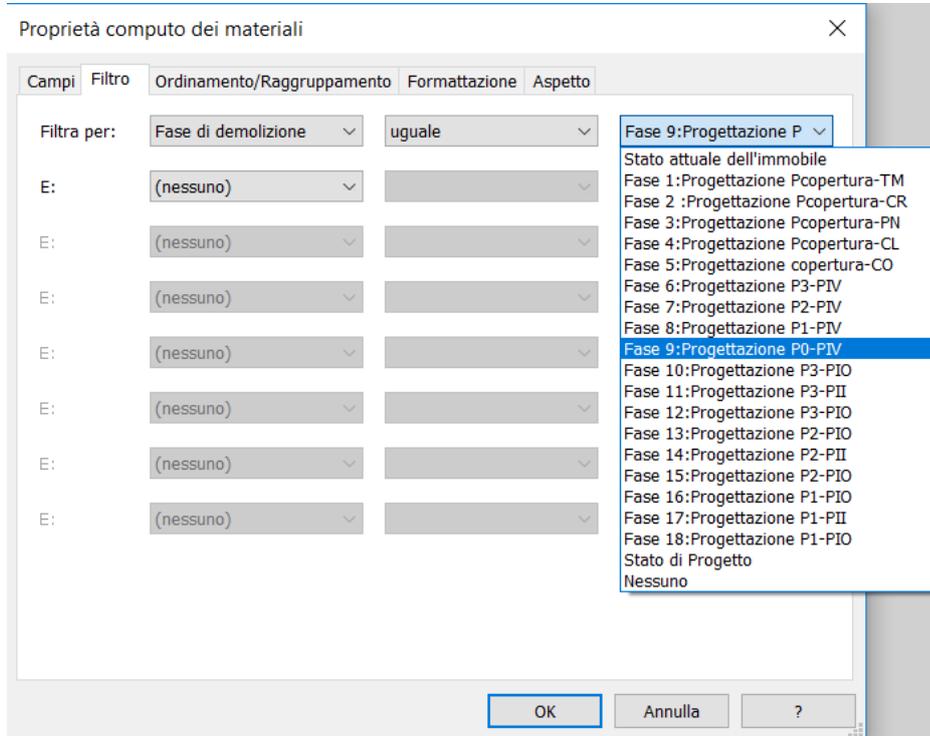


Figura 67. Vista comparativa delle demolizioni delle partizioni al piano terra

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Un enorme vantaggio nell'utilizzo delle fasi di lavoro consiste nella creazione di abachi connessi alle varie fasi, infatti per ogni stadio di demolizione è possibile conoscere la quantità di materiale demolito operando tramite il comando "Filtro".



Inoltre, avendo settato in partenza i campi dell'abaco, non solo si possono rilevare i metri cubi di materiale rimosso, ma anche associare a tali elementi il codice CER corrispondente.

Computo dei rifiuti- Partizioni interne verticali PIV_02.0					
Famiglia e tipo	Materiale: Nome	Materiale	Codice CER	Materiale: Volume	Materiale: Area
Muro di base: PIV_02.0b	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.1 m ³	8.1 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.1 m ³	8.1 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.4 m ³	23.7 m ²
Muro di base: PIV_02.0b_1	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.0 m ³	1.5 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.0 m ³	0.8 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV Intonaco	Calce e gesso	170107	0.0 m ³	2.3 m ²
MV Intonaco: 6				0.7 m ³	44.5 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV muratura forata	Laterizio	170102	0.5 m ³	4.1 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV muratura forata	Laterizio	170102	0.5 m ³	4.0 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV muratura forata	Laterizio	170102	1.4 m ³	11.9 m ²
Muro di base: PIV_02.0b_1	MV muratura forata	Laterizio	170102	0.1 m ³	0.7 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV muratura forata	Laterizio	170102	0.0 m ³	0.4 m ²
Muro di base: PIV_02.0b	MV muratura forata	Laterizio	170102	0.1 m ³	1.2 m ²
MV muratura forata: 6				2.6 m ³	22.3 m ²

Figura 68. Esempio di computo delle partizioni interne verticali al piano terra

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

Questa operazione è stata effettuata per tutte le fasi di lavoro (allegato 4) in modo da poter avere un resoconto dettagliato del materiale da conferire in discarica e per poter gestire al meglio le modalità di allontanamento e il numero di mezzi di trasporto occorrenti per ogni fase.

9.3 Simulazione BIM 4D del fabbricato C con metodologia tradizionale e controllata

Realizzato il modello e definite le fasi di lavoro su Revit, l'obiettivo successivo è stato quello di ottenere una rappresentazione quadridimensionale e di effettuare un confronto tra le attività di demolizione eseguite con la tecnologia tradizionale e controllata. Operazione preliminare è stata l'elaborazione di due cronoprogrammi (allegato 5) per l'edificio C riferiti alle due tecnologie che contemplano, come già sottolineato in precedenza, le stesse sequenze operative di demolizione aventi però durate diverse.

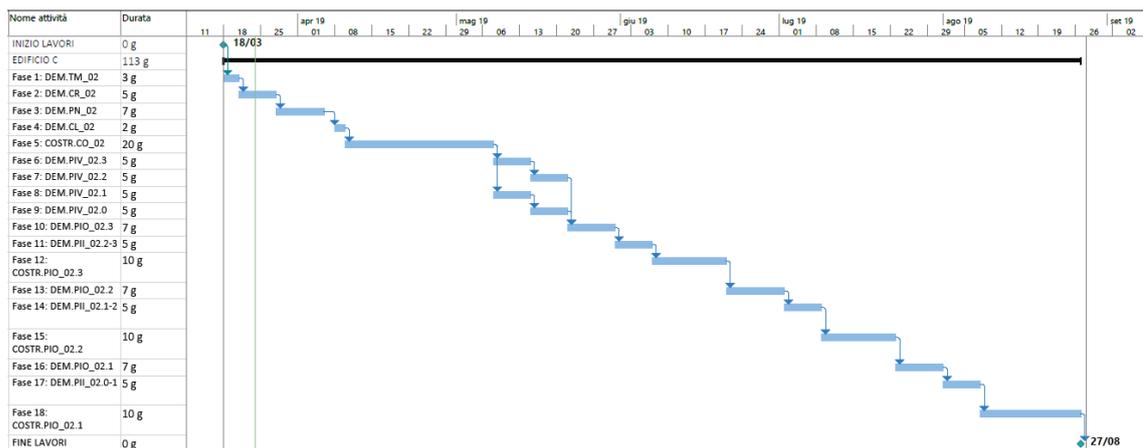


Figura 69. Cronoprogramma delle attività eseguite con la tecnologia tradizionale

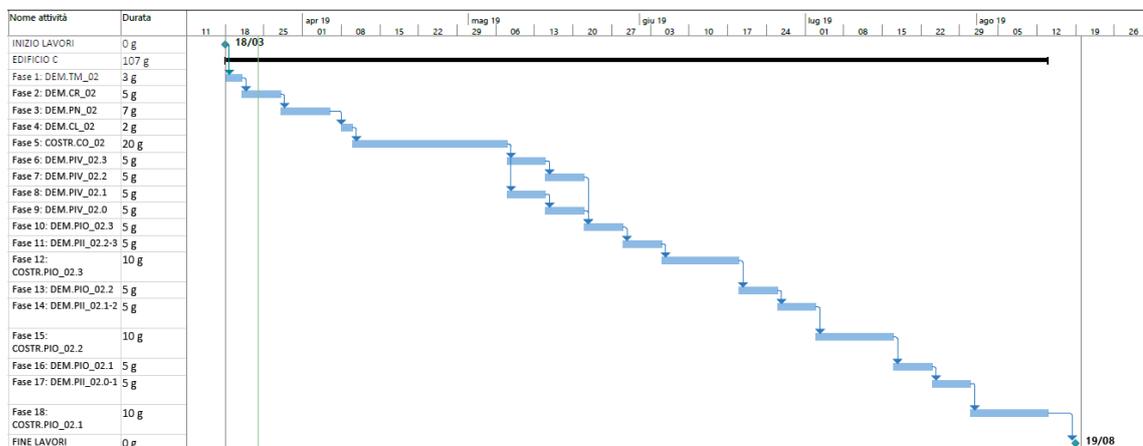


Figura 70. Cronoprogramma delle attività eseguite con la tecnologia controllata

Il motivo per il quale la durata complessiva dei lavori nel caso della controllata sia leggermente inferiore rispetto alla tradizionale è riferibile principalmente alla demolizione dei solai interpiano, ottenuta mediante seghe da parete (in grado di tagliare l'intera partizione orizzontale) per la demolizione controllata e con palanchini, martelli demolitori e cannelli ossiacetilenici per la demolizione tradizionale. È noto come le seghe da parete presentino il vantaggio di tagliare anche a filo le strutture con estrema facilità e rapidità, per questo motivo, la demolizione di ogni solaio avviene in cinque giorni e non sette come previsto nel metodo tradizionale.

Per la simulazione delle attività di cantiere si è optato per l'utilizzo del software Navisworks partendo dal modello 3D creato con Revit.

In prima analisi, si è proceduto con l'importazione del modello su tale programma, il quale viene poi convertito dal software stesso in file del tipo "nwf". Questa operazione è stata effettuata due volte in file diversi, dovendo effettuare il confronto tra i due approcci.



Figura 71. Modello 3D importato su Navisworks

La fase successiva ha interessato l'inserimento dei cronoprogrammi redatti con Microsoft Project su Navisworks per ottenere l'elenco delle attività. Il programma consente anche di riportare manualmente le fasi lavorative, ma sarebbe stata un'operazione piuttosto laboriosa e si è scelto di sfruttare le potenzialità del software inserendo in automatico il file di Microsoft Project tramite l'apposito comando "origini dati", situato all'interno della scheda "Time Liner".

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

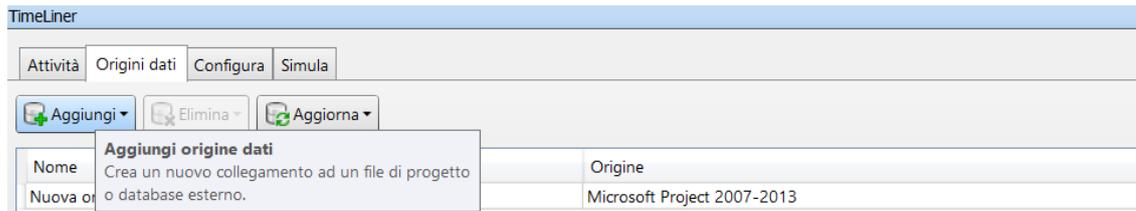


Figura 72. Inserimento del cronoprogramma su Navisworks

Dopo l’inserimento del cronoprogramma su Navisworks è stato necessario definire per ogni fase il tipo di attività prevista, il programma infatti ne riporta tre: demolizione, costruzione, temporaneo.

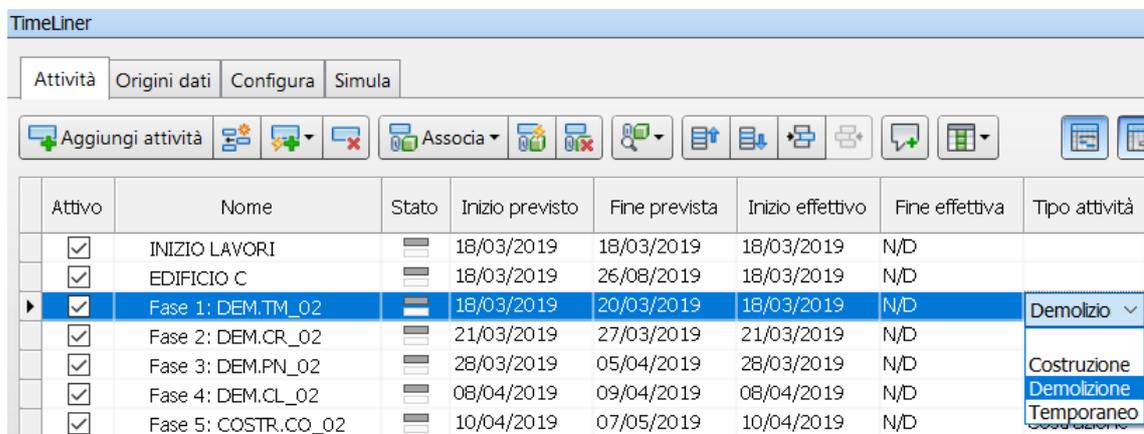


Figura 73. Procedura di definizione del tipo di attività

Il passo successivo ha riguardato l’associazione degli elementi a ogni fase di lavoro. Questa operazione è avvenuta manualmente tuttavia, nel selezionare un elemento Navisworks consente di evidenziare tutti gli altri appartenenti alla stessa fase lavorativa tramite un apposito comando nella scheda *Inizio* “seleziona oggetti con la stessa proprietà”. All’interno di quest’ultimo è proprio presente “seleziona stesso/a fase di demolizione”. Questo può far capire che anche con la semplice importazione del modello, Navisworks riconosce le fasi di lavoro impostate su Revit e gli elementi appartenenti ad esse.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

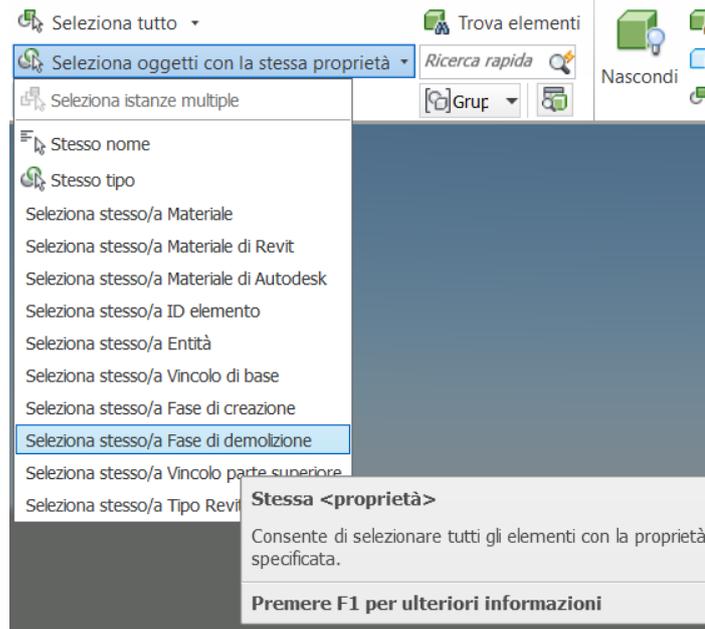


Figura 74. Modalità di selezione oggetti nel programma

Ai fini della simulazione il programma permette di definire l'aspetto generale degli elementi che compariranno nel video. È stato assegnato il colore giallo alle entità che saranno demolite e rosso per quelle costruite. Inoltre, per facilitare l'identificazione iniziale dei componenti che saranno rimossi è stato definito tramite lo specifico colore l'aspetto iniziale, come indicato nella figura sottostante.

The screenshot shows a window titled "timeliner" with tabs for "Attività", "Origini dati", "Configura", and "Simula". Below the tabs are buttons for "Aggiungi" and "Elimina", and a "Definizioni aspetto..." button. The main area contains a table with the following data:

Nome	Aspetto iniziale	Aspetto finale	Aspetto se in anticipo	Aspetto se in ritardo	Aspetto iniziale simulazione
Costruzione	Rosso	Rosso	Nessuno	Nessuno	Nessuno
Demolizione	Giallo	Nascondi	Nessuno	Nessuno	Aspetto modello
Temporaneo	Giallo (90% trasparente)	Nascondi	Nessuno	Nessuno	Nessuno

Figura 75. Schema di definizione della configurazione della simulazione

Tra le ultime operazioni, prima di generare la simulazione, è stata attivata una sezione dalla scheda *Fermo immagine* per consentire la visione degli elementi demoliti (e di alcuni ricostruiti) all'interno del fabbricato. Il piano di sezione è dotato di tre frecce relative ai tre assi in modo da poter adattare, in base alle proprie esigenze, il piano di sezione.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

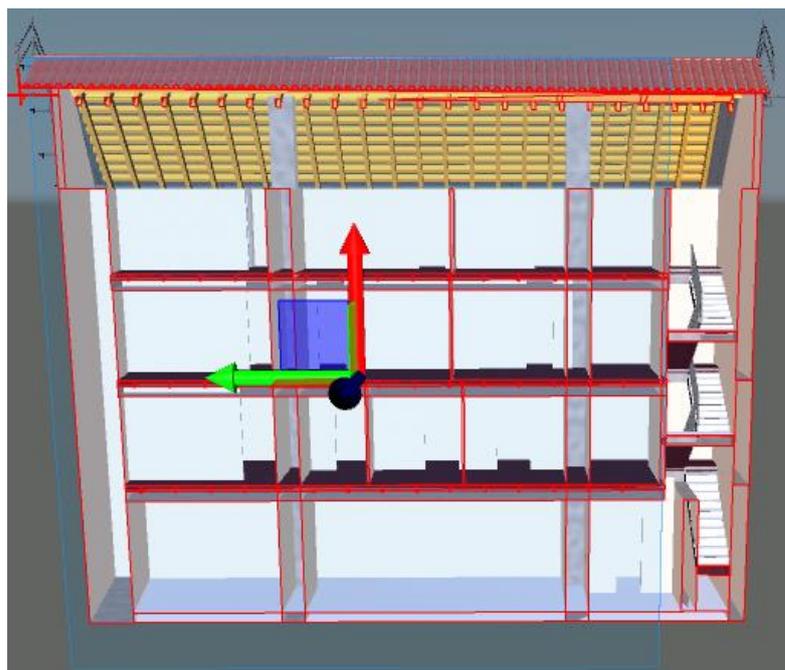


Figura 76. Screen del modello sezionato su Navisworks

Effettuate tutte queste operazioni è stato possibile generare e successivamente esportare il video cliccando su simula. Questo iter è stato seguito per entrambi i file per poter eseguire il confronto tra i due.

Progettazione della sicurezza in un cantiere di demolizioni con simulazione BIM 4D: confronto tra demolizione tradizionale e controllata applicata a un caso studio

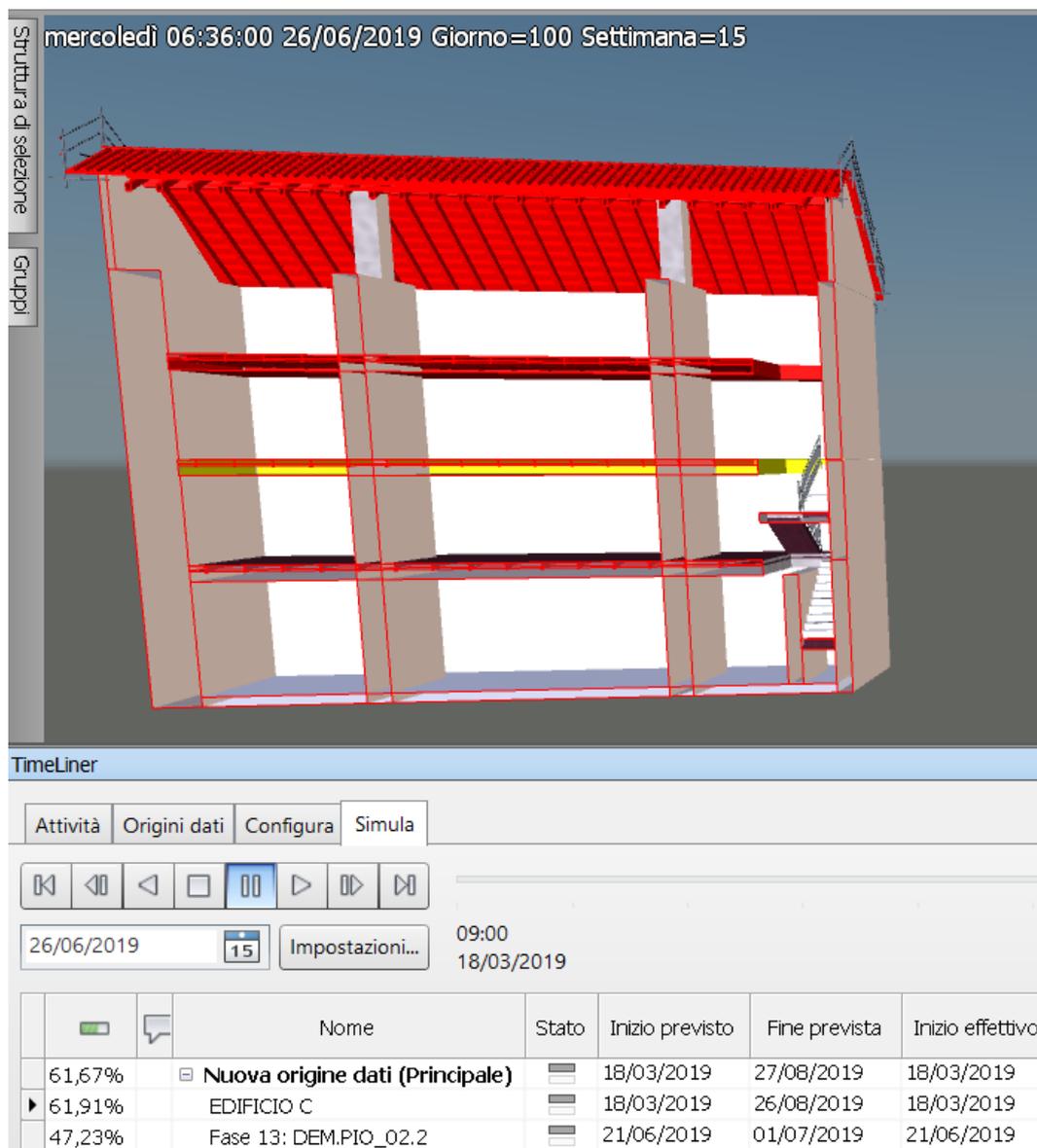


Figura 77. Screen della simulazione di demolizione tradizionale

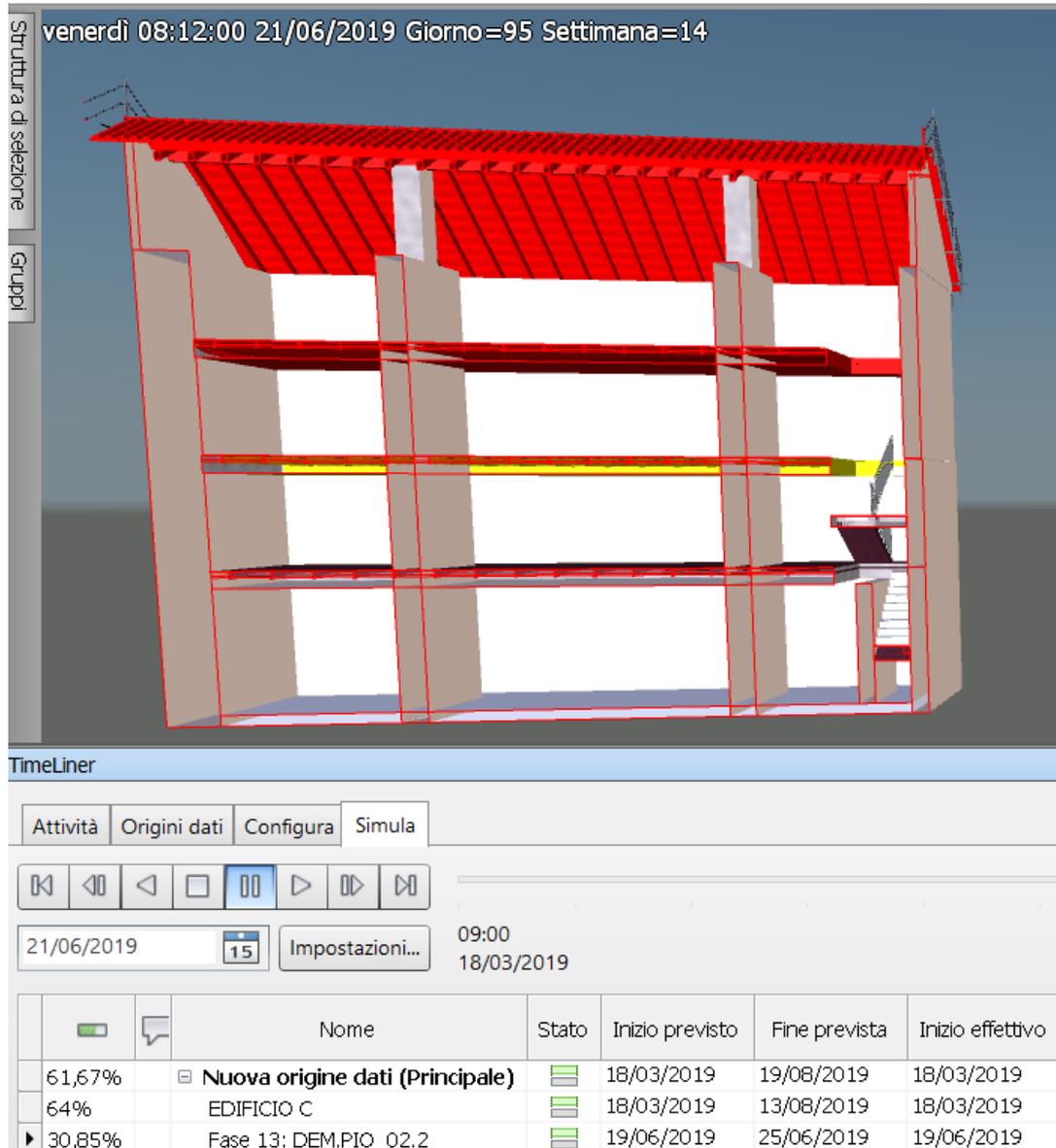


Figura 78. Screen della simulazione della demolizione controllata

Dalle immagini precedenti “scattate” durante la riproduzione del video emerge chiaramente la differenza di tempistiche tra demolizione tradizionale e controllata. Per la prima infatti, la demolizione del solaio richiede una settimana di lavoro a fronte dei cinque giorni per la controllata.

10 Conclusioni

L'obiettivo di questo lavoro di tesi è stato la progettazione della sicurezza di un cantiere di demolizioni sito in Torino analizzando due tecniche di demolizione: tradizionale e controllata.

Le ragioni che mi hanno portato a considerare tale argomento nascono dalla volontà di accostarmi a metodologie da parte mia non pienamente conosciute prima d'ora che possano non solo ottimizzare i processi produttivi ma soprattutto tutelare e salvaguardare la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente circostante.

La prima parte del confronto ha interessato la demolizione di un solaio in putrelle e tavelle, ubicato nel fabbricato B, effettuata con i due metodi per quanto concerne la durata dell'operazione, il rischio rumore, il rischio polveri e i rifiuti prodotti.

In merito alla durata dei lavori non vi sono particolari differenze poiché le tempistiche sono pressoché simili. La tecnologia controllata però richiede un'operazione preliminare di puntellamento pari a giorno a differenza della demolizione tradizionale che comporta la sola realizzazione di un impalcato sottostante effettuata in mezza giornata.

In secondo luogo è stato analizzato il rischio rumore dapprima in riferimento alla salute dei lavoratori e in seguito in riferimento all'ambiente circostante.

Per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori, l'utilizzo di un martello demolitore o di una sega parete non comporta differenze poiché per entrambe il rischio rumore è elevato ed è prescritto l'uso rigorosamente di cuffie protettive. Per quanto concerne la propagazione del rumore nell'ambiente circostante è stato possibile constatare come, mediate risultati ottenuti con procedure di calcolo, i livelli sonori post operam per le due metodologie siano molto alti e superano le soglie consentite dai regolamenti; per questo motivo, ai fini della qualità acustica l'uso di una metodologia o dell'altra è influente in quanto bisognerà procedere necessariamente con la richiesta di deroga e ricorrere a misure di mitigazione.

Successivamente è stata effettuata una valutazione del rischio polveri tramite procedure di calcolo tabellate dalle quali è emerso che tale rischio è irrilevante per la salute umana nel caso di approccio controllato e rilevante per la salute per la tradizionale. Nel primo caso sarebbe sufficiente attuare le misure generali di tutela, nel secondo caso il datore di lavoro deve provvedere ad attuare misure specifiche di prevenzione e protezione e applicare la sorveglianza sanitaria.

Nell'ultima fase è stata analizzata la quantità di macerie prodotte dall'attività di demolizione del solaio mediante i due approcci. La demolizione tradizionale favorisce operazioni di demolizione selettiva poiché lo smontaggio del pacchetto costruttivo, permette di separare in origine le varie tipologie di componenti che possono essere poi riutilizzate. La demolizione controllata non permette ciò, non essendo il solaio in esame monolitico, precludendo così la possibilità al materiale rimosso di essere riutilizzato.

Inoltre, i quantitativi di macerie risultano essere maggiori, richiedendo un ulteriore numero di veicoli per il conferimento in discarica degli stessi.

La seconda parte del confronto è stata incentrata sul fabbricato C, questa volta però con un tipo di progettazione 3D e 4D. La creazione di un modello tridimensionale e successivamente quadridimensionale ha permesso di avere una maggiore cognizione di quanto impostato nella fase precedente e ha messo in luce sin da subito i vantaggi e le criticità riscontrate nei due approcci. In questa parte oggetto di valutazione sono stati la durata delle lavorazioni, la squadra operativa e i rifiuti, tenendo presente che le sequenze operative di demolizione sono le stesse.

Dal modello 3D oltre alla creazione delle fasi di lavoro per ogni attività di demolizione è stato possibile estrapolare i computi dei materiali da rimuovere. Questa funzionalità valorizzerebbe l'utilizzo della procedura tradizionale potendo conoscere fase per fase il volume di ogni materiale da conferire in discarica, ottimizzando le tempistiche di trasporto. Questa informazione è molto utile anche ai fini dell'organizzazione del cantiere stesso, potendo di volta in volta spostare, in base alle esigenze, le zone di stoccaggio rifiuti. Di contro, le tecniche tradizionali richiedono squadre operative più numerose e un maggiore dispendio di tempo in relazione alla demolizione dei solai, come è trapelato dalla simulazione 4D.

Dopo un'attenta analisi dei risultati riscontrati è possibile affermare che, per quanto la tecnologia controllata presenti diversi vantaggi, nel caso studio la soluzione più consona è la demolizione tradizionale. I motivi sono attribuibili al fatto che l'edificio sia antico in muratura portante e che le macchine controllate si prestano bene a essere utilizzate su strutture in calcestruzzo armato. In relazione a ciò gli elementi presenti in cantiere, non essendo monolitici, con la demolizione controllata non sarebbero separati in parti omogenee, comportando un maggiore dispendio di energie e di risorse. Ne consegue che il conferimento di un rifiuto misto implica costi nettamente maggiori di uno già separato in partenza.

Per quanto riguarda l'impatto acustico l'uso di un'attrezzatura controllata o di una tradizionale non implica grandi differenze perché bisognerebbe richiedere una deroga per il superamento dei valori limite in entrambi i casi. Ciò che potrebbe inficiare sull'inquinamento acustico è il maggiore numero di mezzi che giungono in cantiere per smaltire i rifiuti, accrescendo l'inquinamento dettato dal traffico veicolare. Un altro svantaggio per la demolizione controllata sarebbe la maggiore dispersione di polveri durante le fasi di scarico e carico rifiuti non solo in cantiere ma anche nell'ambiente circostante.

Le motivazioni sopra descritte avvalorano il ricorso alla tecnologia tradizionale nell'ottica di salvaguardare la sicurezza dei lavoratori e dell'ambiente e di ottimizzare i costi del processo produttivo.

Bibliografia

Mordà N., *Demolizioni civili e industriali: tecniche, statica, rischi specifici e interferenti, misure, piano di manutenzione, gestione rifiuti*, EPC Editore, Roma, 2011

Biffani, M., *Manuale della demolizione controllata: analisi delle tecniche controllate ed ecologiche alternative al martello demolitore per forare, tagliare e demolire il cemento armato, la roccia e la muratura*, EPC Editore, Roma, 2012

Brandimarti G., Giacchetti R., *Ingegneria delle demolizioni: principali tecniche di demolizione civile*, Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008

Longo D., *Decostruzione e riuso: procedure e tecniche di valorizzazione dei residui edilizi in Italia*, Alinea Editrice, Firenze, 2007

Rocco L., *Fondamenti di acustica*, Alinea, 1984

Scarzella P., Zerbinatti M., *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Alinea Editrice, Firenze, 2009

Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n.81, *Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro*, revisione Maggio 2018

Inail, *La progettazione della sicurezza nel cantiere*, Tipolitografia INAIL, Milano, 2015

C.P.T. Torino, *La valutazione dei rischi nelle costruzioni edili*, Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello, 2009

Ispira, *Rapporto Rifiuti Speciali*, Pubblicazione online, 2018

UNI 11347 Febbraio 2015, *Acustica: programmi aziendali di riduzione dell'esposizione al rumore nei luoghi di lavoro*

Decreto del Presidente del Consiglio e dei Ministri Novembre 1997, *Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore*

Decreto Legislativo n. 152, 3 Aprile 2006, *Norme in materia ambientale*

Allegati

Allegato 1: Abaco degli elementi

Allegato 2: Cronoprogramma della demolizione di un solaio in putrelle e tavelle

Allegato 3: Analisi acustiche del livello ambientale post operam

Allegato 4: Fasi di lavoro delle demolizioni del fabbricato C

Allegato 5: Cronoprogrammi delle demolizioni del fabbricato C

Ringraziamenti

Desidero ringraziare il professor Lauria per l'impegno profuso e la premurosa attenzione accordatami con puntualità e rigore.

Ringrazio la prof.ssa Valentina Villa per la sua disponibilità e precisione.

Ringrazio inoltre Fabio Turra, il tecnico, per la sua gentilezza e disponibilità nel supportarmi a sviluppare la parte di acustica.