ANALISI DEL TEMPO DI ESODO

STADI DI CALCIO

ALLIANZ STADIUM

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Politecnico di Torino

Relatore:
Prof. Ing. Fabio Manzone

Correlatori:
Ing. Matteo Del Giudice
Ing. Andrea Barbero

Candidato:
Laert Xhembulla

INDICE

ABSTRACT 2
1. NORMATIVE NAZIONALI E INTERNAZIONALI 3
1.1. Codice prevenzioni incendi (D.M. 3 agosto 2015) 4
1.2. Norme di sicurezza impianti sportivi (D.M. 18 marzo 1996) 9
1.3. Green Guide 2008 12
2. ESODO 19
2.1. Caratteristiche generali del sistema d'esodo 21
2.2. Progettazione delle vie d'esodo 25
3. LUOGHI, ELEMENTI E SISTEMI EDILI, STADI DI CALCIO 31
3.1. Arredi e impianti 32
3.2. Criteri di progettazione strutturale in caso di incendio 33
3.3. Procedura per il calcolo del carico di incendio specifico di progetto 34
4. ANALISI DEI TEMPI 36
4.1. Caratteristiche e comportamento della folla 37
4.2. Scenari di incendio per la progettazione prestazionale 40
5. CASO STUDIO: ALLIANZ STADIUM 44
5.1. Ubicazione e zonizzazione Stadium 45
5.2. Resistenza strutturale, dei materiali di arredo e impianti 50
5.3. Applicazione delle norme al caso studio: settore Ovest 52
6. ANALISI DEI PROGRAMMI (SOFTWARE) 57
6.1. Scelta del software di simulazione e interoperabilità con il software di modellazione 58
7. SIMULAZIONE 80
7.1. Calcolo del tempo di esodo secondo "Green Guide" 81
7.2. Simulazione Primo Anello Tribuna Ovest con MassMotion tramite modello BIM 90
7.3. Simulazione T100 tramite modello BIM 96
8. CONCLUSIONI 104
9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA 109
Riferimenti 111
ALLEGATI 112

ABSTRACT

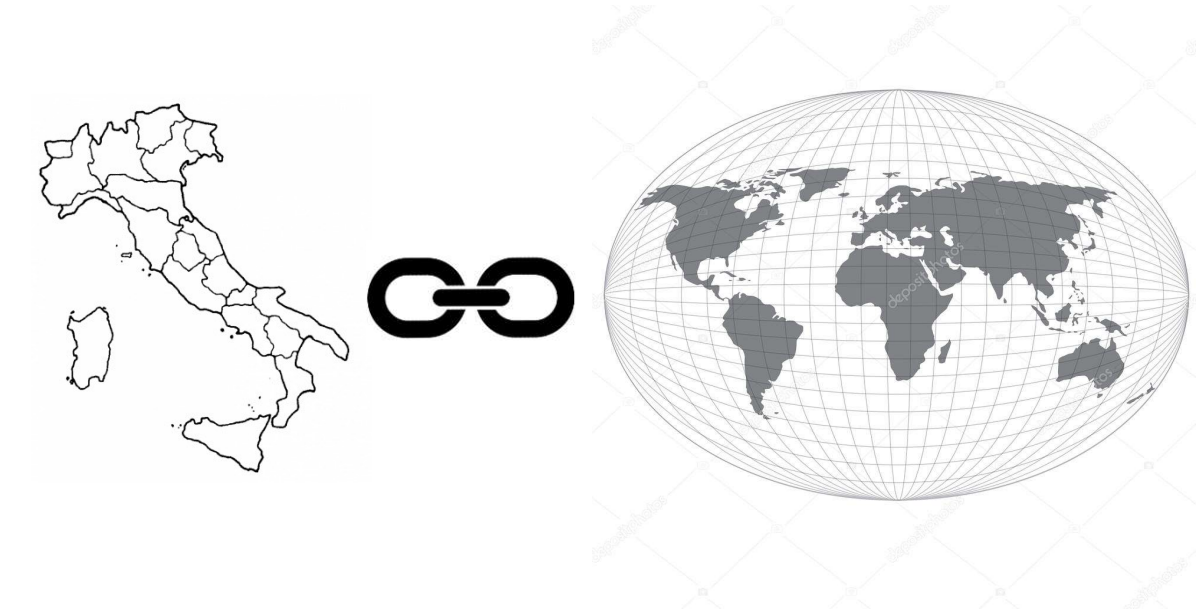
L'argomento su cui verterà questa tesi è l'analisi del tempo di esodo negli stadi di calcio, in particolare si prenderà come riferimento l'Allianz Stadium (Juventus Stadium), su cui verranno effettuate tutte le analisi del caso. Gli stadi sono delle opere che accolgono un numero considerevole di persone e ciò comporta un focus su come migliorare le prestazioni dello stesso durante l'evacuazione. Lo studio quantitativo della durata dell'esodo serve sia per l'analisi del progetto antincendio che per la pianificazione dell'emergenza.

Il primo approccio è stato quello di analizzare le normative vigenti, "Codice prevenzione incendi" e "Prevenzione incendi, impianti sportivi", e un regolamento britannico del nome "Guide to Safety at Sports Grounds – Green Guide" per cercare di capire come si sviluppa un progetto antincendio in uno stadio di calcio. L'argomento principe della tesi è stato quindi l'analisi dell'esodo di massa, argomento che mette in gioco i livelli di prestazione dei materiali usati nelle vie di esodo, il numero delle vie di esodo e soprattutto le larghezze e le lunghezze delle vie di esodo. Terminata l'analisi di tale aspetto, sono stati valutati i diversi sistemi edili e gli elementi che lo compongono. Questi scenari si vanno poi ad applicare ad uno software di simulazione. La simulazione si è riuscita a fare dopo che il modello BIM dello stadio (modellato su Autodesk Revit dal laboratorio Drawing to the Future) è stato testato e si è vista la sua interoperabilità con lo software MassMotion. Lo software usato è stato confrontato con un altro per individuare vantaggi e svantaggi di ciascuno. Il fine di tutto è analizzare il tempo e cercare di capire le criticità di uno stadio di calcio per ciò che riguarda i percorsi sia in un esodo normale che in emergenza.

The topic on which this thesis will focus is the analysis of the time of exodus in football stadiums, in particular the Allianz Stadium (Juventus Stadium) will be taken as a case study, on which all the analyzes of the case will be carried out. But what is the exodus time analysis for? The stadiums are bildings that accommodate a considerable number of people and this involves a focus on how to improve the performance of the same during the evacuation. The study of the duration of the exodus serves both for the analysis of the fire project and for the planning of the emergency.

The first approach was to analyze the current italian regulations, "Fire Prevention Code" and "Fire Prevention, Sports Facilities", and a British regulation called "Guide to Safety at Sports Grounds – Green Guide" to try to understand how to develop a fire project in a football stadium. The main topic of the thesis was the mass exodus, an argument that brings into play the levels of performance, materials used in the exodus routes, the number of exodus routes and above all, the widths and lengths of the exodus routes. Then you go and evaluate different building systems and the various elements that composes it. These scenarios are then applied to a simulation software. The simulation was successful after the stadium's BIM model (modeled on Autodesk Revit from the Drawing to the Future lab) was tested and its interoperability with the MassMotion software was verified. The software used in this thesis has been compared with another to identify the advantages and disadvantages of each. The aim is to analyze the time and try to understand the criticality of a football stadium for what concerns the routes both in a normal exodus and in an emergency.

1. NORMATIVE NAZIONALI E INTERNAZIONALI



Questo capitolo fa riferimento alle normative nazionali e internazionali nel progettare uno stadio da calcio, alle norme da usare nel caso di un'emergenza, come incendi, attacchi terroristici etc. Nello specifico si fa riferimento al "Codice di prevenzioni incendi", "Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi" e anche la "Green Guide – Regolamento britannico".

1.1. Codice prevenzioni incendi (D.M. 3 agosto 2015)

La prevenzione incendi è una funzione preminente di interesse pubblico diretta a conseguire, secondo criteri uniformi sul territorio italiano, gli obbiettivi di sicurezza della vita umana, di incolumità delle persone e di tutela dei beni e dell'ambiente attraverso la promozione, lo studio la predisposizione e la sperimentazione di norme, misure antincendio, provvedimenti, accorgimenti e modi di azione intesi ad evitare l'insorgenza di un incendio e degli eventi ad esso comunque connessi o a limitarne le conseguenze.

Le opere soggette alla prevenzione incendi sono gli edifici e le opere civili ed industriali. L'uso previsto è fondamentale per capire come si andrà avanti con il progetto di prevenzioni incendi. I materiali costituenti le opere devono avere le prestazioni in relazione alle caratteristiche essenziali pertinenti, espressa in termini di livello, classe o mediante descrizione. Gli elementi chiave sono gli elementi dalla cui dipende la stabilità del rimanente aggregato strutturale. Il collasso di un elemento chiave determina un danneggiamento strutturale ritenuto sproporzionato. L'attitudine di una struttura a resistere ad azioni eccezionali (es. esplosioni, …) senza che si determinano danneggiamenti sproporzionati rispetto alla causa è chiamata robustezza. Per verificare se tutti i materiali rientrano nella norma, allora si fano le prove in laboratorio. Il laboratorio di per sé deve essere notificato alla *Commissione UE*. Effettua prove su prodotti aventi specifici requisiti, ai fini dell'apposizione della marcatura *CE*, in riferimento al *CPR*; i laboratori della *DCPST* e i laboratori italiani autorizzati ai sensi del decreto del Ministro dell'interno 26 marzo 1985; i laboratori di uno degli altri stati della Unione Europea o di uno degli Stati contraenti l'accordo *SEE* e la Turchia, cui viene riconosciuta l'indipendenza e la competenza previsti dalla norma *EN ISO/CEI 17025* o da equivalenti garanzie riconosciute in uno degli Stati stessi.

Resistenza, reazione, protezione attiva e presidi antincendio

In condizioni di incendio, la resistenza al fuoco è una delle misure antincendio di protezione da perseguire per garantire un adeguato livello di sicurezza. Essa riguarda la capacità portante in caso di incendio per una struttura, nonché la capacità di compartimentazione in caso di incendio e per gli elementi di separazione strutturali (es. muri, solai, …) e non strutturali (es. porte, divisori, …):

- l'attitudine della struttura a conservare la resistenza meccanica sotto l'azione del fuoco viene chiamata capacità portante;
- la capacita di compartimentazione in caso d'incendio è l'attitudine di un elemento costruttivo a conservare, sotto l'azione del fuoco, un sufficiente isolamento termico ed una sufficiente tenuta ai fumi e ai gas caldi della combustione;
- il carico d'incendio è il potenziale termico netto dei materiali combustibili contenuti in uno spazio, tenendo conto i parametri indicativi della partecipazione alla combustione dei singoli materiali. Il carico di incendio è espresso in MJ; convenzionalmente 1 MJ è assunto pari a 0,057 kg di legna equivalente;

- il carico d'incendio specifico è il carico di incendio riferito all'unità di superficie lorda di piano, espresso in MJ/m^2. Il carico d'incendio costituisce la grandezza di riferimento per le valutazioni della resistenza al fuoco delle opere da costruzione;
- la classe di resistenza al fuoco è quell'intervallo di tempo espresso in minuti, definito in base ai parametri indicatori del rischio di incendio del compartimento antincendio. Esso è la misura di riferimento per valutare la resistenza al fuoco delle opere da costruzione.

L'incendio convenzionale di progetto è definito attraverso una curva di incendio che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura media dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi costruttivi. La curva di incendio di progetto può essere:

a) nominale: curva adottata per la classificazione delle opere da costruzione e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale;
b) naturale: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento antincendio.

Gli elementi non portanti di opere da costruzione sono elementi strutturali che, nella combinazione di carico eccezionale per le verifiche strutturali antincendio, così come da *NTC*, sono sottoposti al solo peso proprio ed all'azione termica dovuta all'esposizione al fuoco. Fanno eccezione quegli elementi che concorrono alla definizione del metodo di analisi strutturale (es. controventi verticali nei telai a nodi fissi).

Gli elementi strutturali principali sono quelli elementi strutturali il cui cedimento per effetto dell'incendio comprometta almeno una delle seguenti capacità:

a) capacità portante degli altri elementi strutturali della costruzione in condizioni di incendio;
b) efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione;
c) funzionamento dei sistemi di protezione attiva;
d) esodo in sicurezza degli occupanti;
e) sicurezza dei soccorritori.

Gli elementi strutturali secondari sono tutti gli elementi strutturali non principali.

La reazione al fuoco è una delle misure di protezione da adottare per garantire un livello di sicurezza in condizione di incendio e soprattutto nella fase di prima propagazione dell'incendio (*pre-fleshover*). Esprime il comportamento di un materiale che partecipa al fuoco al quale è stato sottoposto.

La classe di reazione al fuoco è il grado di partecipazione di un materiale al fuoco. Un materiale incombustibile è un materiale che non partecipa o contribuisce in maniera non significativa all'incendio. Invece un materiale isolante è un manufatto commercializzato come tale, individuabile tramite la sua denominazione commerciale.

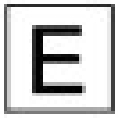
La protezione attiva contro l'incendio è l'impianto tramite il quale si riesce a rivelare l'incendio e a segnalare esso tramite l'allarme, gli impianti di estinzione o il controllo dell'incendio in modo automatico o manuale e l'impianto del controllo del fumo. L'impianto di rivelazione incendio e segnalazione allarme incendio (*IRAI*) è quel meccanismo che deve essere in grado di rivelare un incendio quanto prima

possibile e di lanciare l'allarme. Dopodiché, in automatico si avviano le misure antincendio tecniche (impianti automatici di controllo o estinzione dell'incendio, compartimentazione evacuazione dei fumi e del calore, …) e procedurali (piano e procedure di emergenza e di esodo) precedentemente progettate e programmate in relazione all'incendio.

Il sistema per l'evacuazione di fumo e calore (*SEFC*) è destinato ad assicurare, in caso di incendio, l'evacuazione dei fumi e dei gas caldi. La rete di idranti (*RI*) è un impianto di estinzione dell'incendio, a funzionamento manuale, progettato per contrastare gli effetti dell'incendio, in grado di erogare acqua da appositi apparecchi di erogazione.

Estintori d'incendio: l'estintore è un presidio, o strumento alle altre misure di protezione attiva e di sicurezza in caso d'incendio. La capacità estinguente di un estintore indica la prestazione antincendio convenzionale dello stesso. Ci sono altri aspetti che contraddistinguono gli estintori. Uno di questi è il peso o la capacità, connesse alla carica di estinguente. La carica degli estintori non può essere superiore a 6 kg o 6 litri.

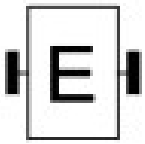
Immagine di un estintore



Simbolo grafico dell'estintore

Estintori d'incendio carrellati: gli estintori carrellati sono utilizzabili in aree ampie, prive di ostacoli alla movimentazione, in assenza di scalini e senza percorsi vincolati. Nell'attività dotata di estintore carrellato devono essere disponibili almeno due operatori antincendio addestrati all'utilizzo.

Immagine di un estintore carrellato



Simbolo grafico dell'estintore carrellato

Reti di idranti: Le reti di idranti (RI) comprendono i seguenti componenti principali: alimentazione idrica; rete di tubazioni fisse, preferibilmente chiuse ad anello, ad uso esclusivo; attacchi di mandata per autopompa; valvole; apparecchi erogatori. Le RI non devono essere installate nelle aree in cui il contatto con acqua possa costituire pericolo o presentare controindicazioni.

Nel caso dell'Allianz Stadium si sono utilizzati i seguenti strumenti per la RI:

- → Cassette UNI 45 completo di rubinetto idrante, manichetta 20mt, lancia multi effetto;
- → Attacco motopompa di mandata UNI100;
- → Idrante soprasuolo con due socchi UNI70 e attacco motopompa UNI100;
- → Idrante sottosuolo con sbocco UNI810;
- → Gruppo pressurizzazione antincendio mod. HYDRO FIRE;

→ Tubazioni interrate in PEAD PN16;
→ Tubazioni fuori terra in acciaio UNI EN 10216-1/02.

Ingegneria e progettazione della sicurezza antincendio

L'ingegneria della sicurezza antincendio oppure il metodo prestazionale, *fire safety engineering* – ***FSE***, è l'applicazione dei principi ingegneristici, basati sulla valutazione scientifica del fenomeno della combustione, degli effetti dell'incendio e del comportamento umano, finalizzati alla tutela della vita umana, alla protezione dei beni e dell'ambiente, alla quantificazione dei rischi di incendio e dei relativi effetti ed alla valutazione analitica delle misure antincendio ottimali, necessarie a limitare entro livelli prestabiliti le conseguenze dell'incendio. **Lo scenario** di incendio è la descrizione completa ed univoca dell'evoluzione dell'incendio in relazione ai suoi tre aspetti fondamentali: focolare, attività ed occupanti.

ASET (*available safe escape time*) è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui le condizioni ambientali nell'attività diventano tali da rendere gli occupanti *incapaci* di porsi in salvo raggiungendo o permanendo in un luogo sicuro.

RSET (*required safe escape time*) è l'intervallo di tempo calcolato tra l'innesco dell'incendio ed il momento in cui gli occupanti dell'attività raggiungono un luogo sicuro.

PTAT (*Pre-travel activity time*) è il tempo impiegato dagli occupanti per attività svolte prima di avviare il movimento d'esodo.

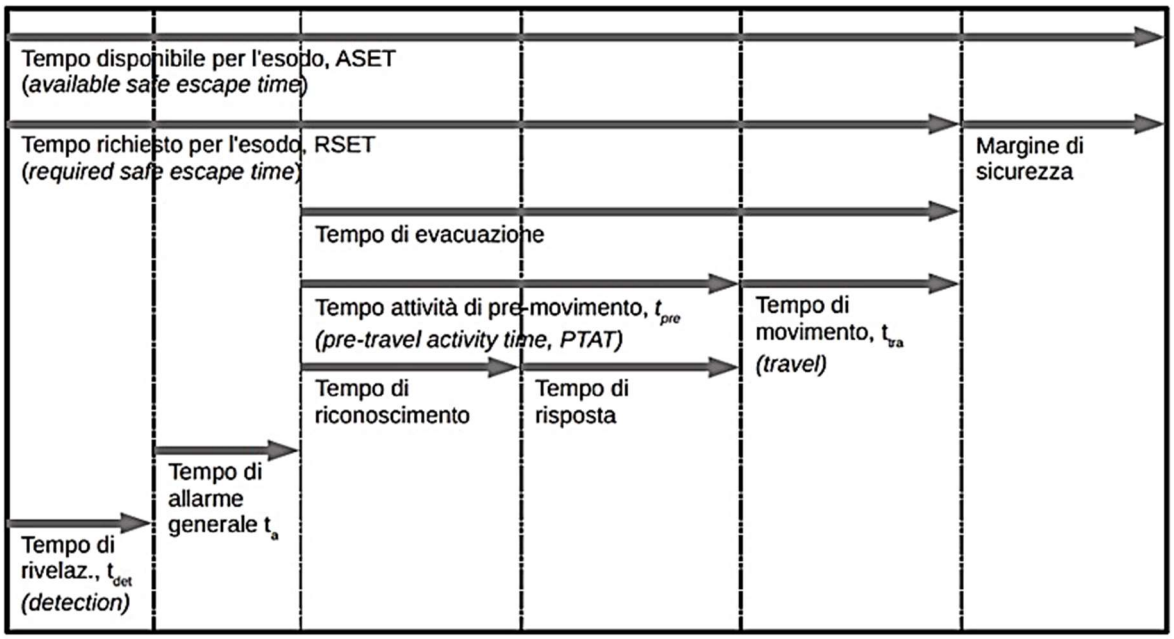


Figure 1.1. Diagramma ASET e RSET, forniti dalla normativa

I contenuti tecnici del presente documento sono basati sulle seguenti ipotesi fondamentali:

a) in condizioni ordinarie, l'incendio si avvierebbe da un solo punto di innesco.
b) il rischio di incendio di un'attività non può considerarsi ed essere ridotto a zero.

Le misure antincendio di prevenzione, di protezione e gestionali previste nel presente documento sono pertanto selezionate al fine di minimizzare il rischio di incendio, in termini di probabilità e di conseguenze, entro limiti considerati accettabili.

Progettare la sicurezza antincendio di un'attività significa individuare le soluzioni tecniche finalizzate al raggiungimento degli obbiettivi primari della prevenzione incendi, che sono:

a) sicurezza della vita umana,
b) incolumità delle persone,
c) tutela dei beni e dell'ambiente.

Il progettista valuta il rischio di incendio per l'attività e le attribuisce tre tipologie di profili di rischio:

- R_{vita}, profilo di rischio relativo alla salvaguardia della vita umana. È attribuito per compartimento in relazione ai seguenti fattori:
  δ_{occ} → caratteristiche prevalenti degli occupanti che si trovano nel compartimento antincendio;
  δ_{α} → velocità caratteristica prevalente di crescita dell'incendio riferita al tempo t_{α}, in secondi, impiegato dalla potenza termica per raggiungere il valore di 1000 kW.
- R_{beni}, profilo di rischio relativo alla salvaguardia dei beni economici. L'attribuzione del profilo di rischio è effettuata per l'intera attività in funzione del carattere strategico dell'opera da costruzione e dell'eventuale valore storico, culturale, architettonico o artistico della stessa e dei beni in essa contenuti. La tabella seguente guida il progettista nella determinazione del profilo di rischio R_{beni}:
- $R_{ambiente}$, profilo di rischio relativo alla tutela dell'ambiente dagli effetti dell'incendio.

Per ogni livello di prestazione di ciascuna misura antincendio sono previste diverse soluzioni progettuali. L'applicazione di una delle soluzioni progettuali deve garantire il raggiungimento del livello di prestazione richiesto. Sono definite tre tipologie di soluzioni progettuali:

a) soluzioni conformi,
b) soluzioni alternative,
c) soluzioni in deroga.

Ai fini della valutazione del progetto da parte del Corpo nazionale dei vigili del fuoco, secondo le procedure previste dalla vigente normativa, il progettista deve garantire tramite la documentazione progettuale:

a) l'appropriatezza degli obiettivi di sicurezza antincendio perseguiti, dalle ipotesi di base, dei dati di ingresso, dei metodi, dei modelli, degli strumenti normativi selezionati ed impiegati a supporto della progettazione antincendio;
b) la corrispondenza delle misure di prevenzione incendi agli obiettivi di sicurezza perseguiti secondo le indicazioni del presente documento;
c) la correttezza nell'applicazione dei metodi, modelli e strumenti normativi.

1.2. Norme di sicurezza impianti sportivi (D.M. 18 marzo 1996)

La seguente normativa fa riferimento solo agli impianti sportivi di nuova costruzione e quelli già esistenti dove è prevista la presenza di spettatori in numero superiore a 100. I suddetti impianti sportivi devono essere conformi oltre che alle presenti disposizioni anche ai regolamenti del C.O.N.I. e delle Federazioni sportive nazionali e internazionali.

Chi intende costruire un impianto destinato ad attività sportiva con presenza di spettatori in numero superiore a 100 deve presentare al comune, unitamente alla domanda di autorizzazione, la seguente documentazione:

1) una planimetria rappresentante l'impianto o il complesso sportivo, l'area di servizio annessa e la zona esterna;
2) piante ai vari livelli rappresentanti l'impianto sportivo con gli spazi o lo spazio di attività sportiva, la zona spettatori con disposizione e numero di posti, spazi e servizi accessori e di supporto, **dimensioni e caratteristiche del sistema di vie d'uscita, elementi di compartimentazione, impianti tecnici ed antincendio;**
3) sezioni longitudinali e trasversali dell'impianto sportivo;
4) documento da cui risulti che il proprietario dell'impianto ha diritto d'uso dell'area di servizio dell'impianto stesso;
5) dichiarazione legale del locatore dalla quale risulti l'impegno contrattuale a favore del richiedente, nonché un titolo che dimostri la proprietà dell'impianto da parte del locatore nel caso di domande presentate dal locatario.

Ubicazione

L'ubicazione dell'impianto o del complesso sportivo deve essere tale da consentire l'avvicinamento e la manovra dei mezzi di soccorso e la possibilità di sfollamento verso aree adiacenti. L'area per la realizzazione di un impianto, deve essere scelta in modo che la zona esterna garantisca, ai fini della sicurezza, il rapido sfollamento. A tal fine eventuali parcheggi e le zone di concentrazione dei mezzi pubblici devono essere situati in posizione tale da non costituire ostacolo al deflusso.

Nei complessi sportivi multifunzionali è consentita anche l'ubicazione delle attività, sia all'esterno del volume degli impianti che all'interno. In questo ultimo caso si applicano le condizioni come di seguito indicate:

a) i locali commerciali di esposizione e vendita devono essere protetti da impianti di spegnimento automatico e di rivelazione di fumo, nonché dotati di aerazione naturale in ragione di almeno 1/30 della relativa superficie in pianta, diffusa in maniera uniforme onde evitare zone con ventilazione ridotta o impedita;
b) il carico d'incendio degli esercizi commerciali deve essere limitato a 30 kg/mq di legna standard equivalente;
c) le superfici di aerazione naturale delle attività diverse da quella sportiva non devono sfociare in zone con presenza di persone e, comunque, devono essere ubicate in modo da evitare che possano determinare rischio per il pubblico e pregiudizio al complesso sportivo. Qualora detto requisito non fosse perseguibile, potrà procedersi alla compensazione mediante la realizzazione di sistemi di estrazione di fumo e calore di tipo meccanico.
d) gli accessi, le uscite, il sistema di vie d'uscita ed i servizi relativi ad ogni attività devono essere, in caso di concomitanza di esercizio

dell'impianto sportivo, tra loro funzionalmente indipendenti e separati.

***Area di servizio**: g*li impianti di capienza che superano i 2.000 spettatori devono avere un'area di servizio annessa all'impianto costituita da spazi scoperti delimitati in modo da risultare liberi da ostacoli al deflusso. Tali spazi devono essere in piano o con pendenza non superiore al 12% in corrispondenza delle uscite dall'impianto e di superficie tale da poter garantire una densità di affollamento di 2 persone a metro quadrato. La delimitazione dell'area di servizio deve essere distanziata almeno 6,00 metri dal perimetro dell'impianto e tale da consentire agevolmente il deflusso in sicurezza, nonché avere varchi di larghezza equivalente a quella delle uscite dall'impianto tenuto conto delle diverse capacità di deflusso tra le uscite sulla delimitazione esterna e quelle dallo stesso impianto; per le caratteristiche tecniche di tale delimitazione, si rimanda alla norma UNI 10121 EN o equivalenti; tutti i varchi devono essere mantenuti sgombri da ostacoli al regolare deflusso del pubblico.

Spazio riservato agli spettatori: la capienza dello spazio riservato agli spettatori è data dalla somma dei posti a sedere e dei posti in piedi; il numero dei posti in piedi si calcola in ragione di 35 spettatori ogni 10 metri quadrati di superficie all'uopo destinata; il numero dei posti a sedere è dato dal numero totale degli elementi di seduta con soluzione di continuità, così come definito dalla norma UNI 9931, oppure dallo sviluppo lineare in metri dei gradoni o delle panche diviso 0,48.

Tutti i posti a sedere devono essere chiaramente individuati e numerati e devono rispondere alle norme UNI 9931 e 9939. Per le determinazioni della capienza non si deve tener conto degli spazi destinati ai percorsi di smistamento degli spettatori, che dovranno essere mantenuti liberi durante le manifestazioni. Deve essere sempre garantita per ogni spettatore la visibilità dell'area destinata all'attività sportiva, conformemente alla norma UNI 9217.

Al fine di realizzare la separazione tra i sostenitori delle due squadre, gli impianti all'aperto con un numero di spettatori superiore a 10.000 devono avere lo spazio riservato agli spettatori suddiviso in settori, di cui uno appositamente dedicato agli ospiti, con ingressi, vie di uscita ed aree di parcheggio indipendenti e separate. La capienza di ciascun settore non può essere superiore a 10.000 spettatori per impianti all'aperto. Per ciascun settore devono essere permanentemente realizzati sistemi di separazione idonei a impedire che i sostenitori delle due compagini in gara vengano in contatto tra loro e che gli spettatori si spostino da un settore all'altro e permettere la realizzazione di una divisione all'interno di uno stesso settore, tra gruppi di spettatori, *fermo restando il rispetto delle disposizioni relative al sistema delle vie d'uscita*.

La divisione in settori deve coincidere alle regole imposte dal C.O.N.I. e dalle Federazioni Sportive Nazionali. Ogni settore deve essere dottato di almeno due uscite, i servizi e le vie di uscita devono essere indipendenti e chiaramente identificabili con segnaletica di sicurezza.

Spazio di attività sportiva: la capienza dello spazio di attività sportiva è pari al numero di praticanti e di addetti previsti in funzione delle attività sportive. Le dimensioni di uno stadio da calcio hanno le seguenti misure: in lunghezza il minimo è 90 m e il massimo è di 120 m, invece la larghezza minima è di 45 m e quella

massima di 90 m. Nelle attività internazionali cambiano, diventando in lunghezza tra 100 e 105 m, e in larghezza 64 e 75. Lo spazio di attività sportiva deve essere collegato agli spogliatoi ed all'esterno dell'area di servizio dell'impianto con percorsi separati da quelli degli spettatori. Lo spazio riservato agli spettatori deve essere delimitato rispetto a quello dell'attività sportiva e tale delimitazione deve essere conforme ai regolamenti del C.O.N.I. e delle Federazioni sportive nazionali e per i campi di calcio dovrà essere conforme alla norma UNI 10121.

Gestione della sicurezza antincendio

Il titolare dell'impianto o complesso sportivo, per gli impianti di capienza superiore ai 10.000 posti ove si disputino incontri di calcio, sono rispettivamente responsabili del mantenimento delle condizioni di sicurezza. Il titolare dell'impianto deve incaricare una persona che sarà responsabile degli eventi, che deve essere presente durante l'esercizio dell'attività sportiva e nelle fasi di afflusso e di deflusso degli spettatori. Per la gestione della sicurezza in caso di incendio o altri eventi straordinari, si deve avere un piano per garantire la sicurezza delle persone. Questo piano deve contenere un fascicolo con tutte le attività di controllo per la prevenzione incendi. Il personale addetto a tale attività deve essere in grado di eseguire il piano comunicando con gli spettatori e atleti direzionando loro verso le vie di esodo. Inoltre tale personale deve essere istruito in modo tale da saper utilizzare gli impianti anticendio presenti nello stadio e saper fornire assistenza ai Vigili del fuoco in caso di emergenza.

La segnaletica di sicurezza deve garantire la individuazione delle vie di uscita, dei servizi di supporto, dei posti di pronto soccorso, nonché dei mezzi e impianti antincendio. Questi cartelli devono indicare le prime misure di pronto soccorso. All'ingresso dell'impianto o complesso sportivo devono essere esposte, bene in vista, precise istruzioni relative al comportamento del personale e del pubblico in caso di sinistro ed una planimetria generale per le squadre di soccorso che indichi la posizione:

- delle scale e delle vie di esodo;
- dei mezzi e degli impianti di estinzione disponibili;
- dei dispositivi di arresto degli impianti di distribuzione del gas e dell'elettricità;
- del dispositivo di arresto del sistema di ventilazione;
- del quadro generale del sistema di rilevazione e di allarme;
- degli impianti e dei locali che presentano un rischio speciale;
- degli spazi calmi.

A ciascun piano deve essere esposta una planimetria di evacuazione, in prossimità delle vie di esodo. La posizione e la funzione degli spazi calmi deve essere adeguatamente segnalata. In prossimità dell'uscita dallo spazio riservato agli spettatori, precise istruzioni, esposte bene in vista, devono indicare il comportamento da tenere in caso di incendio e devono essere accompagnate da una planimetria semplificata del piano, che indichi schematicamente la posizione in cui sono esposte le istruzioni rispetto alle vie di esodo.

Al fine di creare condizioni ambientali ottimali per il regolare svolgimento dell'evento e la tutela dell'ordine e della sicurezza pubblica, in ciascun impianto di capienza superiore ai 10.000 posti ove si disputino incontri di calcio, a cura della

società utilizzatrice dell'impianto, in accordo con il titolare dello stesso, devono essere previsti:

- un locale con visibilità sullo spazio riservato agli spettatori e sullo spazio di attività sportiva;
- ambienti per attivare, in occasione degli eventi sportivi, un Posto di polizia con annessi locali idonei a consentire gli adempimenti di polizia giudiziaria;
- spazi idonei per l'informazione agli spettatori.

1.3. Green Guide 2008

La Guida alla sicurezza negli impianti sportivi è un documento consultivo che può essere utilizzato da persone competenti. La guida non ha forza statutaria, ma molte delle sue raccomandazioni sono diventate legali per motivi individuali mediante la loro inclusione nei certificati di sicurezza dei campi sportivi. Le informazioni contenute in questa guida hanno lo scopo di fornire indicazioni utili. La Guida si applica alla sicurezza degli spettatori in tutti i campi sportivi, indipendentemente dal fatto che sia in vigore o meno un certificato di sicurezza. La gestione di queste ha una responsabilità primaria per la sicurezza degli spettatori, e si dovrebbero quindi applicare le raccomandazioni della Guida al fine di raggiungere le condizioni di sicurezza.

L'obiettivo di questo documento è fornire una guida per la gestione dell'attività ai tecnici specialisti come architetti e ingegneri, e i rappresentanti di tutte le autorità, al fine di assisterli nella valutazione di quanti spettatori possono essere sistemati in modo sicuro all'interno di un campo sportivo. Quando si applicano le indicazioni e le raccomandazioni nella Guida, dovrebbe essere ricordato che l'obiettivo principale è "garantire una ragionevole sicurezza negli sport quando è in uso per l'attività specificata". Qualunque sia lo sport, dovrebbe anche essere riconosciuto che i problemi di sicurezza sono spesso direttamente in relazione alla natura di eventi specifici e al numero di spettatori presenti.

La guida intende garantire che la nuova costruzione porti a uno standard più elevato di sicurezza. La nuova costruzione dovrebbe anche, quando possibile, tenere conto degli attuali Standard Britannici. Anche se è anche raccomandato che, ove possibile, la ristrutturazione di esistenti strutture dovrebbero anche cercare di soddisfare gli standard più elevati. Tuttavia, tutti i lavori di ristrutturazione dovrebbero soddisfare almeno gli standard imposti nella Guida.

L'importanza del calcolo della capacità di sicurezza: l'obiettivo principale della Guida è fornire indicazioni sulla valutazione dell'affollamento massimo possibile all'interno dello spazio visivo (tribune) in un campo sportivo. Questa valutazione è il passo più importante verso il raggiungimento di una ragionevole sicurezza. Lo scopo è quello di delineare i principali fattori che devono essere considerati nella valutazione, portando a un calcolo della capacità di sicurezza finale di ogni sezione della costruzione. Tuttavia, i dettagli di ciascuna fase possono essere pienamente compresi solo a lettura completa di tutta la Guida. Il processo di valutazione e calcolo richiederà piani dettagliati dello stadio, dove i disegni saranno rappresentate su una scala di 1:200. Ovunque possibile le dimensioni fisiche dovrebbero essere verificate sul sito. Nella maggior parte dei campi sportivi, verranno aggiunte le capacità di ciascuna sezione la capacità finale del costruito nel suo complesso.

Applicando il calcolo della capacità: una volta determinata la capacità finale di una sezione o dell'intera costruzione, essa rappresenta il numero massimo di persone che possono accedere alla tribuna o all'area considerata, affinché in caso di emergenza tutti riescano a evacuare. Se la capacità finale è inferiore a quella richiesta, può essere aumentata solo dopo gli interventi correttivi, e la qualità della sicurezza per la gestione sia migliorata. Non deve essere riaperto agli spettatori per qualsiasi motivo, fino a quando il lavoro di riparazione non è stato completato nel rimuovere le carenze che hanno portato alla sua chiusura.

Fattori da tenere in considerazione: i fattori comuni che si applicano a entrambe le sistemazioni, sia seduti che in piedi, possono essere riassunti come segue:

a) capacità di ingresso, che è il numero delle persone che possono passare tutti i tornelli e altri punti di ingresso che servono il settore, entro un periodo di un'ora.
b) la capacità di contenimento della sezione, è il numero delle persone che possono essere accomodate senza rischi in ciascuna sezione o settore.
c) la capacità di uscita della sezione, è il numero delle persone che possono uscire senza rischi sotto condizioni normali.
d) la capacità di evacuazione in emergenza, è il numero delle persone che possono passare nelle vie di esodo in condizioni di sicurezza, arrivando nel luogo statico sicuro nel tempo imposto. Questa capacità è determinata dal tempo di evacuazione di emergenza, che si basa in gran parte sul livello di rischio della sezione e delle sue vie di esodo in emergenza.
e) la capacità finale, avendo stabilito tutte le caratteristiche sopra indicate, allora si va a scegliere lo scenario con il minor tempo di uscita.

La *Green Guide* ha introdotto dei fattori aggiuntivi per lo svolgimento dei calcoli. Nella guida vengono nominati **(P)** e **(S)**. Al fine di calcolare la capacità di contenimento, ogni settore dello stadio deve essere valutato secondo le sue condizioni fisiche. Questo valore verrà chiamato fattore (P). Allo stesso modo, ogni settore dello stadio deve essere valutato in base alla qualità della gestione della sicurezza. Questo valore è noto come fattore (S). Per l'assegnamento dei fattori (P) e (S), è consigliabile che a ciascuno gli si darebbe un valore numerico, compreso tra 0,00 e 1,00. Per alto livello di condizioni fisiche e qualità di gestione di sicurezza, i valori di (P) e (S) sono pari a 1,00. Invece dove le qualità non soddisfano i vincoli imposti, o comunque siano scarsi allora il valore da assegnare sarebbe pari a 0,00. Se fossimo nella media i valori dovrebbero essere compresi in un range tra 0,60-0,80. Pur riconoscendo che è difficile dare valori numerici specifici su tali valutazioni, è tuttavia essenziale e inevitabile che qualche forma di quantificazione va fatta. A causa dell'ampia varietà di condizioni e strutture che si possono trovare nei campi sportivi, la guida non cerca di posizionare valori specifici su nessuno degli elementi che potrebbero essere considerati nel valutare i fattori (P) e (S). Questo perché le valutazioni non dovrebbero mirare a creare un sistema di punteggio cumulativo in cui i valori per i singoli elementi siano semplicemente sommati. Invece, la valutazione dovrebbe riflettere un giudizio complessivo ponderato e ragionevole della condizione fisica o la gestione della sicurezza dell'area in questione, tenendo pienamente conto di tutte le circostanze.

Fattore (P): come indicato nella Guida (e in particolare nelle sezioni 2.4 e 12.1) la capacità di sicurezza di tutte le aree di sosta verranno valutati in base alla loro condizione fisica, cioè il fattore (P). Va notato, tuttavia, che il fattore (P) può essere applicato solo dopo aver stabilito il numero dei posti utilizzabili, che sono il numero effettivo di posti, meno quelli affetti da restrizioni vari e i posti inadeguati o danneggiati. Il fattore (P) viene quindi utilizzato per calcolare la capacità di tenuta dell'area, che a sua volta dà il suo contributo nel calcolo della capacità finale dell'area. Di seguito sono riportati alcuni dei principali requisiti che dovranno essere soddisfatti se il fattore (P) non deve essere ridotto.

a. condizione fisica: queste non coinvolge la condizione dei posti a sedere (poiché quelli danneggiati o inadeguati devono essere esclusi dal calcolo), ma le condizioni di tutte le passerelle, delle file dei posti a sedere, gradini e i corrimani;
b. strutture: la gestione dovrebbe garantire che qualsiasi struttura o parte di strutture su cui gli spettatori sono seduti o possono essere in contatto, devono essere sicure. Dove necessario, devono essere prese misure protettive per evitare eventuali lesioni;
c. curva di visibilità: se i punti di vista sono inadeguati, incoraggiando così gli spettatori a stare in piedi, una valutazione dovrebbe essere fatta anche del rischio per la sicurezza e, se necessario, il fattore (P) va ridotto di conseguenza.

Fattore (S): oltre ai fattori (P), il calcolo di una capacità di sicurezza per tutte le aree di seduta sarà basata su una valutazione della loro gestione della sicurezza, o il fattore (S). Esso viene utilizzato per calcolare la capacità di tenuta dell'area, che a sua volta dà il suo contributo nel calcolo della capacità finale dell'area. Di seguito sono riportati alcuni dei principali requisiti che dovranno essere soddisfatti se il fattore (S) non deve essere ridotto:

a. biglietti: la direzione dovrebbe garantire che i biglietti siano emessi solo per posti utilizzabili, e così via le informazioni sui biglietti corrispondono esattamente al numero e alla riga corretti. La direzione dovrebbe garantire anche che i biglietti per i posti con la visuale limitata siano contrassegnate di conseguenza e l'acquirente è stato avvertito in anticipo.
b. buona pulizia: le aree pulite e ordinate non sono solo più sicure, ma aiutano anche a promuovere un buon comportamento e un atteggiamento più favorevole tra gli spettatori nei confronti della struttura.
c. stewarding: gli steward devono avere familiarità con il layout di tutte le aree di sosta, le posizioni delle file e i posti a sedere, la posizione delle uscite, le uscite di emergenza e i servizi.
d. stare in piedi nelle aree di seduta: la presenza persistente di spettatori nelle tribune aumenta la sicurezza, la gestione della folla e le problematiche che sorgono nella cura del cliente e che sono in genere correlati. Dove questi è probabile che sorgano, i gestori dell'impianto dovrebbero preparare un piano per risolverli.

Posti a sedere – calcolo della capacità: uno dei fattori necessari per calcolare la capacità finale è la capacità di contenimento. Va notato che la capacità di contenimento di una zona seduta non sarà automaticamente corrispondente al numero di posti disponibili. Vano considerati i seguenti fattori:

- i posti che offrono una visione ristretta del terreno di gioco dovrebbero essere scontate dalla capacità di contenimento;
- i posti che superano i numeri consentiti tra le passerelle radiali in ogni fila non vanno calcolati nella capacità di contenimento;
- i sedili che sono danneggiati, non disponibili per l'uso o le cui dimensioni scendono al di sotto dei minimi specificati, non vanno considerati nel calcolo della capacità di contenimento.

Dopo aver stabilito il numero di posti utilizzabili, è necessario applicare i fattori (P) e (S). Avendo stabilito i valori per entrambi i fattori (P) e (S), la capacità di contenimento dell'area seduta può quindi essere calcolata come segue:

capacità di contenimento = numero di posti a sedere x (P) o (S)

Si sottolinea che i fattori (P) e (S) non devono essere moltiplicati l'uno con l'altro, ma nella formula dovrebbe essere applicato il fattore con il valore più basso.

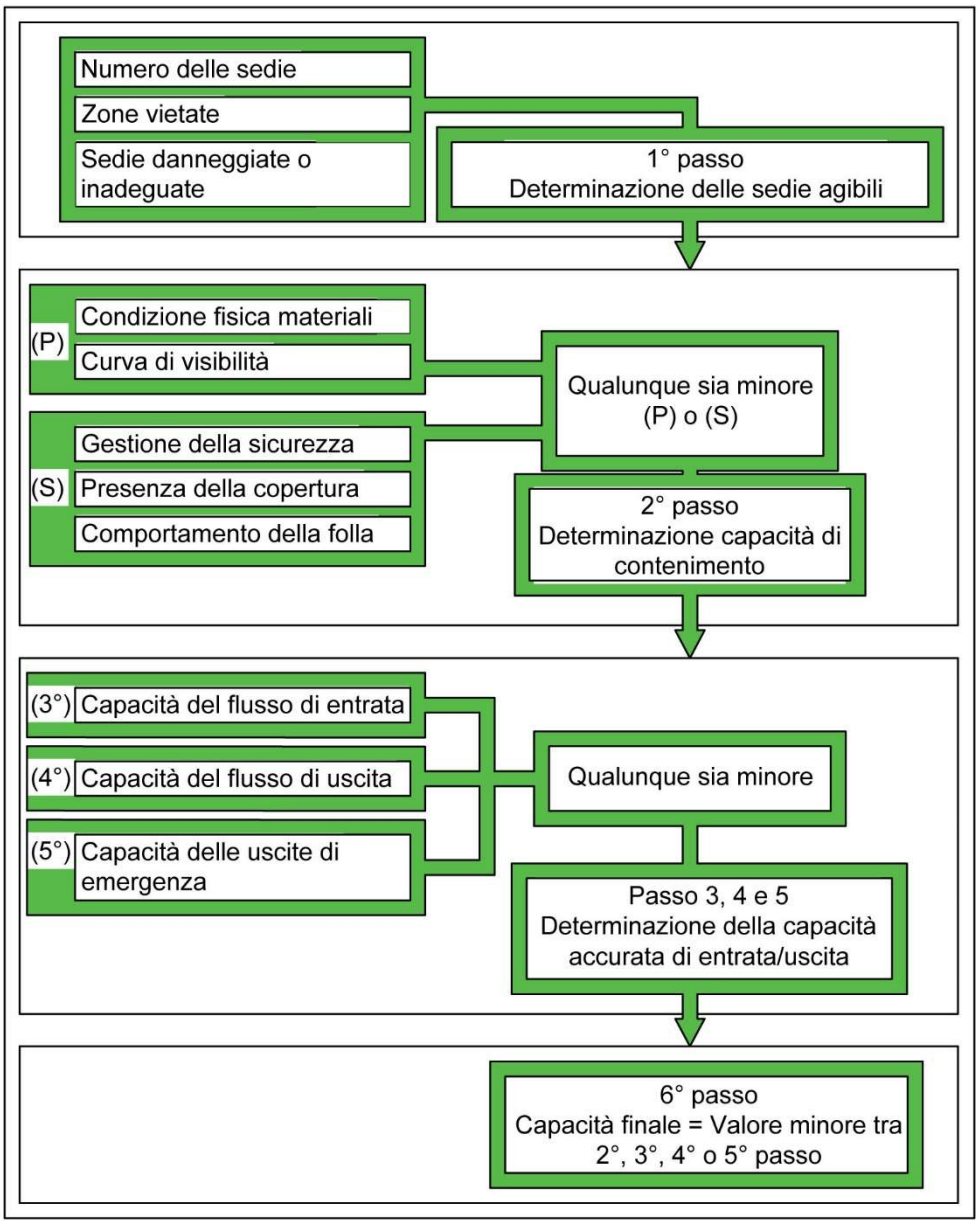


Diagramma 1. 1.Calcolo della capacità dei posti a sedere, capacità di entrata e uscita

Pianificazione della circolazione secondo “Green Guide”

Le vie di circolazione forniscono agli spettatori i mezzi per muoversi dentro, fuori e attorno all’impianto, in condizioni normali e di emergenza. Come funzione necessaria di un campo sportivo, i percorsi di circolazione devono essere pianificati e gestiti in sicurezza. La circolazione sicura è ottenuta da diversi fattori, cui i più importanti sono la progettazione accurata secondo le norme tecniche e la segnaletica. Un ruolo di elevata importanza spetta anche agli gestori dell’impianto, steward, manutentori e gli addetti alla pulizia. Tutto ciò, fa sì che gli spettatori abbiano maggiore comodità e divertimento dentro lo stadio. Le categorie di spettatori presenti allo stadio influiscono notevolmente nella progettazione dell’esodo, che siano bambini, adulti o persone disabili. Ove possibile, e in caso di nuova costruzione, gestori e designer, dovrebbero tener conto i mezzi di fuga per i disabili. Sebbene i punti di ingresso per gli utenti con le sedie a rotelle dovrebbero essere tenuti separati. I percorsi di circolazione verticale devono essere chiaramente definiti e i progettisti dovrebbero garantire che, le vie orizzontali di circolazione possono essere condivise, senza compromettere la sicurezza dei disabili.

Progettazione e zonizzazione delle vie di circolazione: le vie e le aree di circolazione dovrebbero essere mantenute libere dove c'è un movimento rettilineo degli spettatori, essere liberi da rischi di inciampo e avere pavimenti resistenti allo scivolamento. Le vie e le aree di circolazione dovrebbero essere progettate per essere prive di ostacoli e rischio di incendio. Per le nuove costruzioni: le vie di circolazione (comprese le scale e le passerelle) dovrebbero avere un minimo di larghezza pari a 1,2 metri. Invece per le costruzioni esistenti, i percorsi di circolazione (comprese scale e passerelle) dovrebbero essere larghe almeno 1,1 m.

Nella figura sottostante si vede l’illustrazione della zonizzazione di un impianto sportivo, dove ciascuno ha le caratteristiche conformi alle regolamentazioni e le norme in vigore.

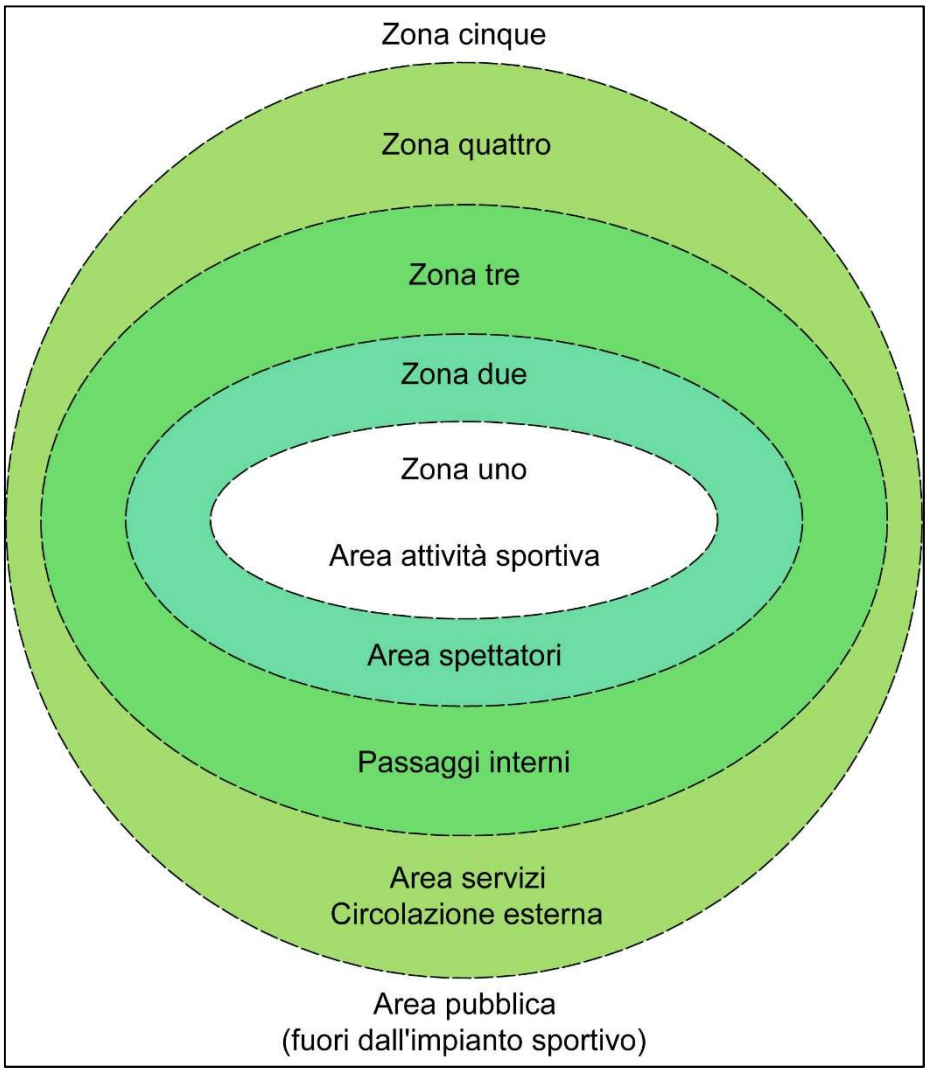


Diagramma 1. 2.Zonizzazione impianto sportivo

Zona uno: area di attività sportiva. Questo può essere considerato un luogo di ragionevole sicurezza, a cui gli spettatori possono essere evacuati prima di utilizzare altre uscite di emergenza. Anche dove sarebbe protetta dalla Zona due, la Zona uno dovrebbe essere accessibile a spettatori attraverso eventuali cancelli o aperture.

Zona due: area spettatori.

Zona Tre: passaggi interni e area di ospitalità. Se quest'area deve essere evacuata durante un'emergenza, dovrebbe preferibilmente essere alla Zona quattro.

Zona quattro: l'area di circolazione esterna. Le Zone tre e quattro possono, in determinate situazioni, essere considerate luoghi di ragionevole sicurezza, a cui gli spettatori si possono evacuare prima di uscire dalla Zona cinque. In termini di progetto (pianificazione), la Zona quattro può servire come area di accesso per l'emergenza e i veicoli di servizio, senza interrompere la circolazione nella zona due.

Zona cinque: una zona cuscino esterna al perimetro del campo sportivo, utilizzata per il pubblico prima dell'ingresso e per i collegamenti ai parcheggi e ai trasporti pubblici. Il pubblico dovrebbe essere in grado di circumnavigare il perimetro in questa zona, al fine di trovare un punto di accesso appropriato. La Zona cinque dovrebbe essere il luogo progettato alla sicurezza in caso di emergenza.

Ottenere la sicurezza dal fuoco: dovendo fare la valutazione del rischio, allora si dovrebbe considerare la strategia antincendio tenendo presente una serie di parametri. Adottare misure per andare a ridurre al minimo il rischio di incendio e assicurare che vengano prese misure per limitare il tasso di crescita precoce del fuoco e la propagazione dell'incendio. Le rotte di evacuazione devono essere sufficienti in caso di incendio, protette da esso e lungo tale rotte non deve mancare il sistema di rilevamento e segnalazione d'incendi. Una volta che le misure di cui sopra sono state prese, e il livello di rischio di incendio è stato ridotto, è quindi possibile determinare i tempi appropriati sia per l'uscita normale che per l'evacuazione in emergenza per ogni area dell'impianto dove appunto sostano gli spettatori. Quando si considera la sicurezza antincendio, si dovrebbe notare che la distanza massima per gli spettatori seduti, dal sedile all'uscita più vicina alla tribuna, è di 30 m. Tuttavia, va sottolineato, piuttosto che fare affidamento al fatto di trovare il più breve tempo per l'evacuazione, la gestione dovrebbe sempre mirare a introdurre misure che minimizzino l'accensione e l'espandersi del fuoco.

2. ESODO

Il sistema d'esodo è un insieme di misure anticendio di salvaguardia della vita che consentono agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro in caso d'incendio, dove per luogo sicuro si intende un luogo esterno alle costruzioni nel quale non esiste pericolo per gli occupanti in caso di incendio e deve essere idoneo a contenere gli occupanti che lo impiegano durante l'esodo. La superficie lorda del luogo sicuro è calcolata tenendo in considerazione le superfici minime per occupante. Per luogo sicuro temporaneo è inteso un luogo interno o esterno alle costruzioni nel quale non esiste pericolo imminente per gli occupanti che si trovano o transitano in caso di incendio. La superficie lorda del luogo sicuro temporaneo è calcolata tenendo in considerazione, le superfici minime per occupante di tabella *S.4-14* (Codice prevenzione incendi). Si considera luogo sicuro temporaneo per un'attività almeno un compartimento adiacente a quelli da cui avviene l'esodo o uno spazio scoperto. Da ogni luogo sicuro temporaneo gli occupanti devono poter raggiungere un luogo sicuro. Lo spazio calmo invece è un luogo sicuro temporaneo ove gli occupanti possono attendere assistenza per completare l'esodo verso il luogo sicuro. Con affollamento in questo caso si intende il numero massimo ipotizzabile di occupanti e la densità di affollamento è il numero massimo di occupanti assunto per unità di superficie lorda dell'ambito di riferimento (persone/m^2).

Le vie d'esodo sono i percorsi senza ostacoli al deflusso appartenente al sistema d'esodo, che consente agli occupanti di raggiungere un luogo sicuro dal luogo in cui si trovano. Le vie d'esodo orizzontali sono le porzioni di vie d'esodo a quota costante o con pendenza non superiore al 5%. *Il corridoio cieco* è una porzione di via d'esodo da cui è possibile l'esodo in una direzione, e termina nel punto in cui diventa possibile l'esodo in più di una direzione, indipendentemente dai luoghi sicuri temporanei eventualmente attraversati dalla via d'esodo. Nelle vie d'esodo possono far parte anche altri elementi strutturali come la scala d'esodo, la rampa d'esodo (anche carrabile*). L'uscita finale* è il varco del sistema d'esodo che immette in **luogo sicuro**. *La lunghezza d'esodo* è la distanza che ciascun occupante deve percorrere lungo una via d'esodo dal luogo in cui si trova fino ad un luogo sicuro. Essa è valutata con il metodo del filo teso senza tenere conto degli arredi mobili. Invece la larghezza minima della via d'esodo, dal piano di calpestio fino all'altezza di 2 m, misurata deducendo l'ingombro di eventuali elementi sporgenti con esclusione degli estintori e valutata lungo tutto il percorso. La larghezza unitaria delle vie d'esodo è l'indice quantitativo della potenzialità di una via d'esodo in relazione al profilo di rischio R_{vita} dell'attività. È convenzionalmente espressa dalla larghezza in millimetri necessaria all'esodo di un singolo occupante (mm/persona).

La finalità del sistema d'esodo è di assicurare che gli occupanti dell'attività possano raggiungere o sostare in un luogo sicuro, a prescindere dall'intervento dei Vigili del fuoco. Le procedure ammesse per l'esodo sono tra le seguenti: *l'esodo simultaneo*, è la modalità che prevede il contemporaneo spostamento degli occupanti fino ad un luogo sicuro; *l'esodo per fasi*, si intende una struttura organizzata non solo con uno ma diversi compartimenti, in cui l'evacuazione fino a luogo sicuro avviene in successione dopo l'evacuazione del compartimento di primo innesco; *l'esodo orizzontale progressivo*, in cui lo spostamento degli occupanti è previsto dal compartimento di primo innesco in un compartimento capace di contenerli e proteggerli fino a quando l'incendio non sia spento; *protezione sul posto*, in questa modalità è prevista la protezione degli occupanti nel compartimento in cui si trovano.

2.1. Caratteristiche generali del sistema d'esodo

Vie d'esodo: l'altezza minima delle vie di esodo è di 2 m. Non devono essere considerati ai fini del calcolo delle vie d'esodo i seguenti elementi costruttivi seguenti: le scale smontabili; gli ascensori e porta carichi; e le rampe avente una pendenza superiore all'8%. Il sistema d'esodo deve essere concepito tenendo conto che, in caso di emergenza gli occupanti che non hanno familiarità con l'attività tendono solitamente ad uscire percorrendo in senso inverso la stessa via che hanno impiegato per entrare. In questo caso è necessario considerare i seguenti requisiti:

a) il posizionamento dei percorsi d'esodo - per l'ingresso generale, uscita o accesso ai servizi igienici o punti di ristoro - dovrebbero essere determinati e non dovrebbero creare flussi incrociati; questo perché, le persone che si spostano lungo l'atrio non dovrebbero essere ostacolati da altre persone che attraversano il loro percorso;
b) allo stesso modo, il posizionamento dei punti di ristoro e dei servizi igienici dovrebbe essere tale da non impedire la circolazione delle persone lungo tali atrii.

Tutte le superfici di calpestio delle vie d'esodo devono essere non sdrucciolevoli. Il fumo e il calore dell'incendio smaltiti o evacuati dall'attività non devono interferire con il sistema delle vie d'esodo.

Scale d'esodo: quando un pavimento inclinato immette in una scala d'esodo la pendenza deve interrompersi almeno ad una distanza dalla scala pari alla larghezza della stessa. Le scale d'esodo devono essere dotate di corrimano laterale. Non devono presentare larghezza maggiore di 1,8 m; la larghezza raccomandata dalla *Green Guide* è 1,2 m; la larghezza minima sarebbe di 1,1 m, ma solo nel caso di una struttura già esistente. Le scale esistenti che sono più larghe di 2,2 m devono essere divisi in rampe diverse al fine di soddisfare i requisiti di larghezze raccomandate. Inoltre devono consentire l'esodo senza inciampo degli occupanti. A tal fine: i gradini devono avere alzata e pedata costanti, devono essere interrotte da pianerottoli di sosta e devono essere antiscivolo, avere bordi durevoli e un drenaggio adeguato.

Controllo del flusso alla "testa" delle scale: al fine di garantire un flusso libero di persone ed evitare la pressione della folla che si accumula, la "testa" di ogni scala dovrebbe essere progettata in modo tale che il flusso sulla scala sia uniforme in tutta la sua larghezza. Allo stesso modo, dove una scala è divisa in rampe diverse, l'approccio progettuale dovrebbe garantire un flusso uniforme in tutta la sua larghezza. La progettazione della "testa" di ciascuna scala dovrebbe soddisfare quanto i seguenti requisiti:

a) dovrebbe essere progettato in modo che le persone possano avvicinarsi alla scala solo camminando verso la direzione delle scale, e / o dai suoi lati ma non in diagonale;
b) le larghezze delle rampe non devono essere inferiori a 1200 mm;
c) dove la larghezza della rampa è maggiore di 3 m, il flusso degli spettatori deve essere controllato dalle barriere, così come si vede nella figura seguente.

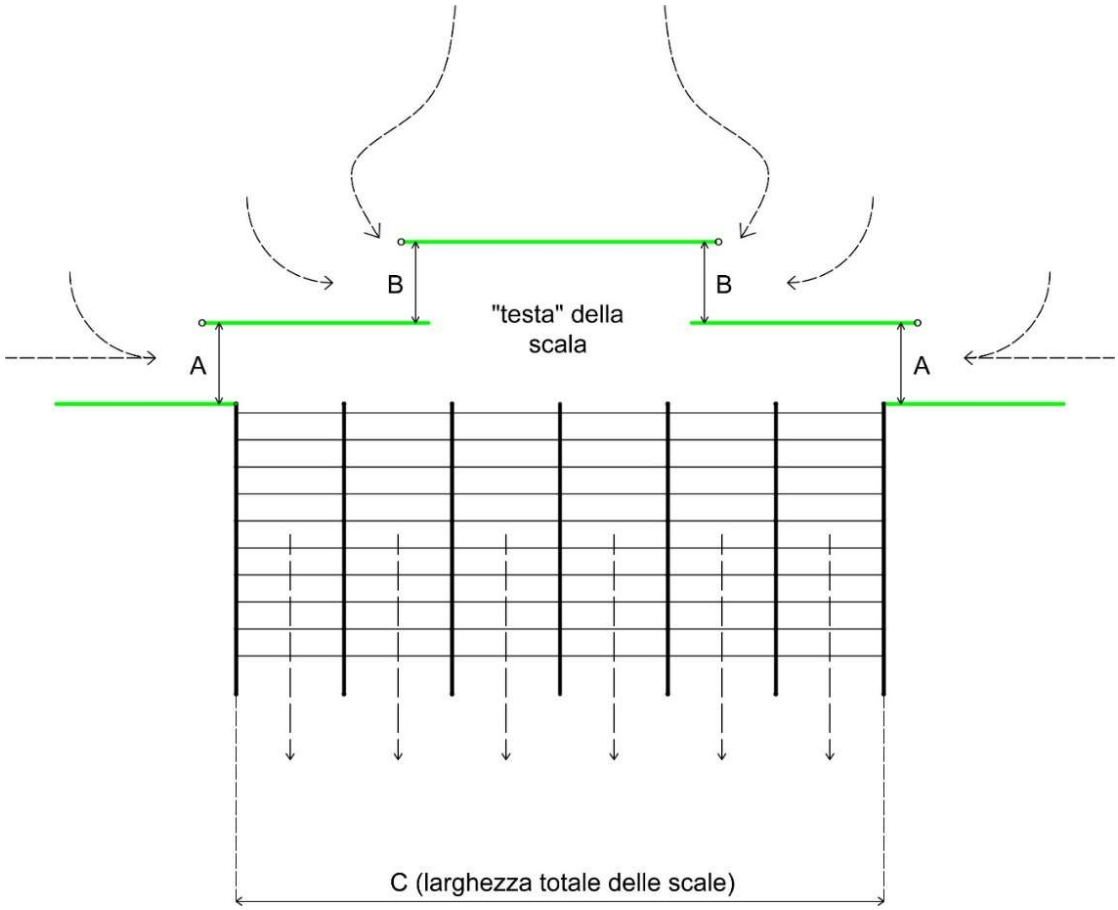


Figura 2. 1. Organizzazione scale, larghezze e divisori

Al fine di controllare il flusso degli spettatori mentre si avvicinano alla testa di una scala, è necessario posizionare le barriere come mostrato sopra. Le barriere dovrebbero essere progettate sulla definizione seguente: la larghezza minima di A o B dovrebbe essere di 1,1 m (1,2 m per nuova costruzione), ma la larghezza complessiva di A + B su un lato della scala non deve superare i 3 metri. Per stabilire le larghezze corrette per A e B, è necessario utilizzare il seguente calcolo, dove C è la larghezza totale della scala:

$$(A+B)=\frac{C}{3}$$

Da questo calcolo, si può vedere che le scale più larghe di 9 m richiederebbero l'aggiunta di più barriere alla testa della scala.

Le rampe d'esodo devono prevedere pianerottoli di dimensioni minime pari alla larghezza della rampa almeno ogni 10 m di lunghezza ed in presenza di accessi o uscite.

Le porte lungo le vie d'esodo devono essere facilmente identificabili ed apribili da parte di tutti gli occupanti. L'apertura delle porte non deve ostacolare il deflusso degli occupanti lungo le vie d'esodo. Le porte devono aprirsi su aree facilmente praticabili, di profondità almeno pari alla larghezza complessiva del varco.

Le uscite finali devono avere le seguenti caratteristiche:

a. devono essere posizionate in modo da garantire l'evacuazione rapida degli occupanti verso il luogo sicuro;

b. devono essere sempre disponibili, anche durante un incendio in attività limitrofe.

Segnaletica d'esodo ed orientamento: il sistema d'esodo deve essere facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti grazie alla segnaletica di sicurezza mesa a disposizione degli spettatori, ma anche degli addetti al lavoro. La segnaletica d'esodo deve essere adeguata alla complessità dell'attività e consentire l'orientamento degli occupanti (*wayfinding*). A tal fine devono essere installate in ogni piano dell'attività apposite planimetrie semplificate, correttamente orientate, in cui sia indicata la posizione del lettore (es. "Voi siete qui") ed il *layout* del sistema d'esodo.

Layout dei posti a sedere fissi e mobili: i posti a sedere (sedili) devono essere raggruppati in *settori* separati l'uno dall'altro mediante *passaggi tra i settori* longitudinali e trasversali. Tali passaggi tra i settori devono essere dimensionati come vie d'esodo. *I passaggi tra le file di sedili* di ciascun settore costituiscono la prima porzione della via d'esodo e devono essere compresi nel computo della *lunghezza d'esodo e corridoio cieco*.

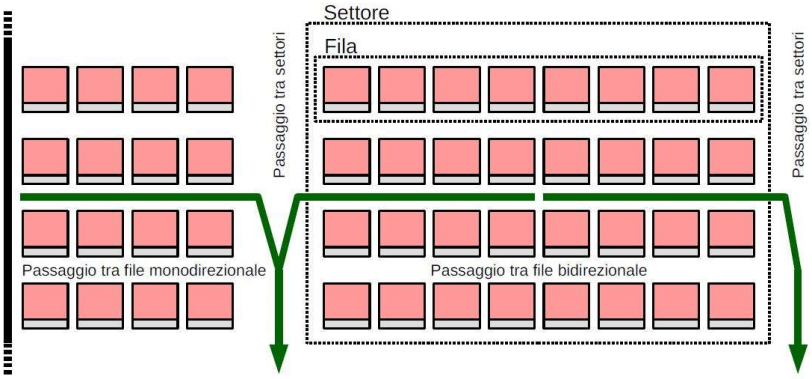


Figura 2. 2 Disposizione dei posti a sedere in settori e file, in pianta

La larghezza dei passaggi tra le file di sedili deve consentire il movimento in modo facile in uscita degli occupanti. Tale larghezza è misurata tra le massime sporgenze dei sedili. Posti a sedere fissi: il numero di sedili saldamente fissati al suolo che compongono la fila non deve essere superiore al numero previsto nella tabella seguente in funzione della larghezza del passaggio tra le file di sedili e della possibilità per gli occupanti di muoversi verso una o due direzioni di uscita dal settore.

Larghezza passaggio tra file di sedili [mm]	Massimo numero di sedili per fila	
	Passaggio tra file monodimensionali	Passaggio tra file bidimensionali
L < 300	1	2
300 ≤ L < 325	7	14
325 ≤ L < 350	8	16
350 ≤ L < 375	9	18
375 ≤ L < 400	10	20
400 ≤ L < 425	11	22
425 ≤ L < 450	12	24
450 ≤ L < 475	12	26
475 ≤ L < 500	12	28
L ≥ 500	12	Limitato dalla lunghezza d'esodo

Tabella 2.1 Massimo numero di sedili fissi per fila del settore

La progettazione del sistema d'esodo dipende da dati di ingresso per ogni compartimento specificati come segue: **profilo di rischio R_{vita} di riferimento** dove ciascun componente del sistema d'esodo è dimensionato in funzione del più gravoso, ai fini dell'esodo, dei profili di rischio R_{vita} dei compartimenti serviti. **L'Affollamento** di ciascun compartimento sarà determinato moltiplicando la densità di affollamento per la superficie lorda del compartimento.

Tipologia di attività	Densità di affollamento o criteri
Luoghi di pubblico spettacolo senza posti a sedere	1,2 persone/m^2
Aree per mostre, esposizioni, manifestazioni varie di intrattenimento a carattere temporaneo	
Aree adibite a ristorazione	0,7 persone/m^2
Ambulatori	0,1 persone/m^2
Uffici non aperti al pubblico	
Aree di vendita di attività commerciali all'ingrosso	
Aree di vendita di piccole attività commerciali al dettaglio con specifica gamma merceologica non alimentare	
Autorimesse	2 persone per veicolo parcato

Tabella 2.2 Affollamento specifico o criteri per tipologia di attività

Quando si considera la progettazione e la gestione sicura dei sistemi di uscita e di evacuazione, devono essere considerati diversi fattori. In seguito sono elencati i fattori principali: bisogna rispettare le larghezze di ciascuna parte dell'uscita o della via di uscita di emergenza e il tasso di passaggio delle persone attraverso esse, cui il valore dovrebbe essere determinato già da prima. Il tempo di uscita, per scopi di calcoli, normalmente si considera massimo di otto minuti, invece il tempo di evacuazione è variabile, che è il tempo massimo tra due minuti e mezzo e otto minuti. Tale valore varia in base a una serie di fattori. Il tempo di uscita è diverso dal tempo di esodo. Per tempo di uscita si intende il tempo totale nel quale tutti i spettatori possono, in condizioni normali, lasciare il proprio posto ed entrare in un sistema di uscita a flusso libero. Non include il tempo necessario per negoziare l'intera via di uscita. Il tempo di esodo (evacuazione) è un calcolo che, insieme al tasso di passaggio, viene utilizzato per determinare la capacità del sistema d'esodo in caso di emergenza dai vari settori fino ad un luogo sicuro, nel caso di un'emergenza. È molto importante differenziare una dall'altra per non fare errori nella progettazione dell'esodo. Il tasso di passaggio è il numero di persone che in un dato momento possono passare attraverso un punto particolare in un sistema di uscita o sistema di evacuazione. Il tasso di passaggio costituisce quindi una parte fondamentale del calcolo della capacità di entrambi i sistemi di uscita e di evacuazione. I fattori che influenzano i tassi di passaggio possono includere quanto segue:

a) profilo del pubblico, bambini, anziani e spettatori disabili, disponibilità di alcool, infortunati, persone perse lungo il percorso d'esodo, gli ultrà e gli non ultrà;
b) la posizione e il livello di utilizzo di strutture commerciali, di ristorazione o di altro tipo situato lungo la via di uscita;
c) la progettazione e le condizioni fisiche del sistema di uscita, per esempio, il numero di scale, l'esistenza di pareti laterali, la proiezione del corrimano, la qualità dei segnali direzionali e dell'illuminazione.

Nella "*Green Guide*" quando tratta la portata, consiglia che per una larghezza di 1,2 m su una superficie gradinata, 79 persone possono ragionevolmente uscire in

1 minuto, pari a 66 spettatori per metro di larghezza al minuto e in una superficie piana, 98 persone possono ragionevolmente uscire in 1 minuto che corrisponde a 82 spettatori per metro di larghezza al minuto.

2.2. Progettazione delle vie d'esodo

I percorsi da usare in caso di emergenza possono essere anche altri oltre che i percorsi normali che si userebbero in caso di uscita in condizioni normali. In tutti i casi, comunque bisogna fare una progettazione accurata delle vie d'esodo considerando vari criteri spiegati di seguito. Dalla zona spettatori bisogna pensare a progettare più di un percorso di emergenza. Il sistema dovrebbe essere progettato in modo tale che la perdita di un percorso di evacuazione in emergenza non impedisca l'accesso al altro percorso alternativo. Dove una scala o qualsiasi altra via di circolazione passa su, giù o attraverso qualsiasi area usata dagli spettatori, a meno che non sia a cielo aperto, ci deve essere un recinto resistente al fuoco che separa il resto dell'opera e che abbia una resistenza di non meno di 30 minuti. Le vie di evacuazione devono "scaricarsi" in un luogo sicuro, preferibilmente a cielo libero.

Numero minimo di vie d'esodo ed uscite indipendenti: si considerano indipendenti coppie di vie d'esodo orizzontali che conducono verso uscite distinte, per le quali sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:

a. l'angolo formato dai percorsi rettilinei sia superiore a 45°;
b. tra i percorsi esista separazione di adeguata resistenza al fuoco dimensionata secondo i criteri del *Capitolo S.2 del Codice prevenzione incendi*.

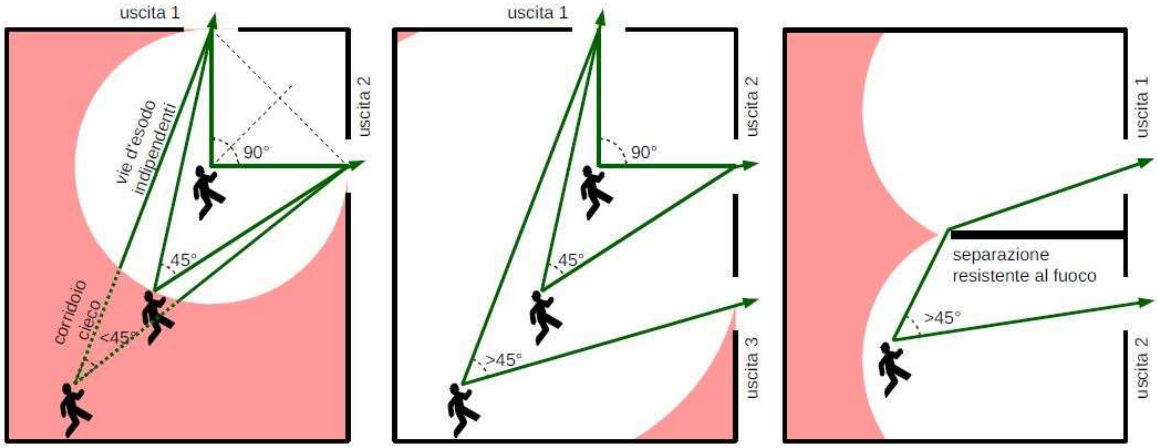
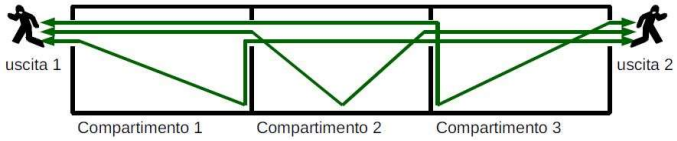
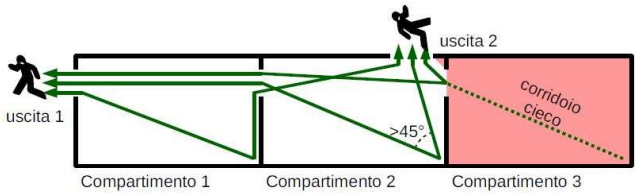


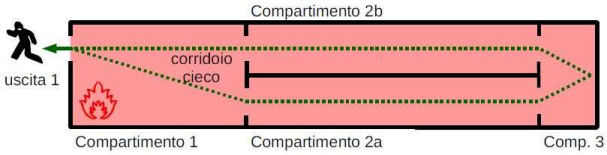
Figura 2. 3 Vie d'esodo orizzontali ed uscite indipendenti, corridoio cieco (area campita), uso di separazione resistente al fuoco per rendere indipendenti due vie d'esodo, in pianta



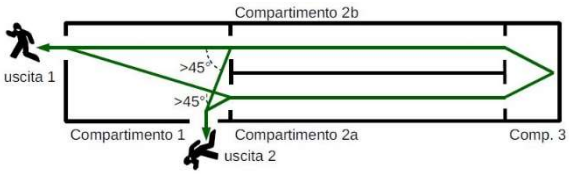
Ciascun compartimento ha due vie d'esodo indipendenti.



Ciascuno dei compartimenti 1 e 2 ha due vie d'esodo indipendenti.
Nel primo tratto, il compartimento 3 ha una sola via d'esodo che determina un corridoio cieco.



I compartimenti 1, 2a, 2b, 3 hanno una sola via d'esodo in corridoio cieco. Infatti i due percorsi possono essere resi contemporaneamente indisponibili dagli effetti di incendio nel compartimento 1.



Ciascun compartimento ha due vie d'esodo indipendenti.
Ad esempio, dal compartimento 2b gli occupanti possono dirigersi: verso l'uscita 1 per il compartimento 1, verso l'uscita 2 per i compartimenti 3, 2a e 1.

Tabella 2.3 Esempi di vie d'esodo da compartimenti: viste in pianta e descrizione

Lunghezze d'esodo e dei corridoi ciechi: almeno una delle lunghezze d'esodo determinate da qualsiasi punto dell'attività non deve superare i valori massimi della tabella sottostante in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento.

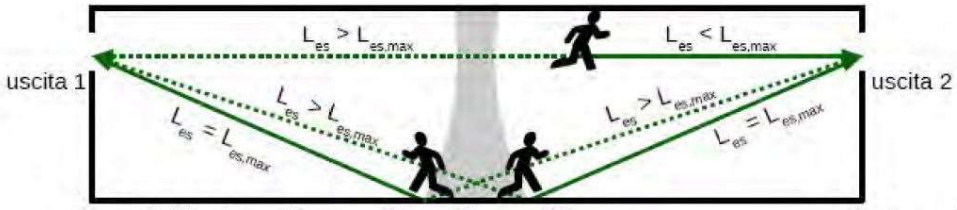


Figura 2.4 Verifica della lunghezza d'esodo (nell'area campita tutte le lunghezze d'esodo sono superiori al massimo consentito, la condizione non è rispettata)

Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali: la larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali L_0 (es. corridoi, porte, uscite, …), che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come segue:

$$L_O = L_U \cdot n_O \qquad \{1\}$$

L_O = larghezza minima delle vie d'esodo orizzontali [mm];
L_U = larghezza unitaria per le vie d'esodo orizzontali determinata dalla tabella riportata sotto, in funzione del profilo di rischio R_{vita} di riferimento [mm/persona];
n_O = numero totale degli occupanti che impiegano tale via d'esodo orizzontale.

Tabella 2.4 Larghezze unitarie per vie d'esodo orizzontali

R_{vita}	Larghezza unitaria [mm/persona]	R_{vita}	Larghezza unitaria [mm/persona]
A1	3,40	B1, C1, E1	3,60
A2	3,80	B2, C2, D1, E2	4,10
A3	4,60	B3, C3, D2, E3	6,20
A4	12,30	-	-

La larghezza L_O può essere suddivisa tra più percorsi. Devono comunque essere rispettati i seguenti criteri per le lunghezze minime di ciascun percorso:

a. la larghezza non può essere inferiore a 900 mm, per consentire l'esodo anche ad occupanti che impiegano ausili per il movimento;
b. se un compartimento, un piano, un soppalco, un locale necessitano di più di due uscite, almeno una di esse deve avere larghezza non inferiore a 1200mm;
c. è ammessa larghezza non inferiore a 800 mm per le porte di locali con affollamento non superiore a 10 persone (es. singoli uffici, camere d'albergo, locali di abitazione, appartamenti, servizi igienici, …);
d. è ammessa larghezza non inferiore a 600 mm da locali ove vi sia esclusiva presenza occasionale e di breve durata di personale addetto (es. locali impianti, …).

Calcolo della larghezza minima delle vie d'esodo verticali: in funzione della procedura d'esodo adottata, la larghezza minima della via d'esodo verticale L_v, che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, è calcolata come specificato nei due paragrafi successivi. La larghezza Lv può essere suddivisa in più percorsi. Devono comunque essere rispettati i seguenti criteri per le larghezze minime di ciascun percorso:

a. la larghezza non può essere inferiore a 1200 mm;
b. è ammessa larghezza non inferiore a 600 mm da locali ove vi sia esclusiva presenza occasionale e di breve durata di personale addetto;
c. la larghezza della via d'esodo verticale non può essere inferiore alla massima larghezza di ciascuna delle porte di accesso alla stessa.

Calcolo della larghezza minima delle uscite finali: la larghezza minima dell'uscita finale L_F, che consente il regolare esodo degli occupanti che la impiegano, provenienti da vie d'esodo orizzontali o verticali, è calcolata come segue:

$$L_F = \sum_i L_{O,i} + \sum_j L_{V,j}$$

con:
L_F = larghezza minima dell'uscita finale [mm];
$L_{O,i}$ = larghezza della i-esima via d'esodo orizzontale che adduce all'uscita finale, come calcolata con la formula {1} [mm];
$L_{V,j}$ = larghezza della j-esima via d'esodo verticale che adduce all'uscita finale, rispettivamente in caso di esodo simultaneo o per fasi [mm].

La larghezza L_F può essere suddivisa in più varchi. Devono comunque essere rispettati i seguenti criteri per le larghezze minime di ciascun varco:

a. la larghezza non può essere inferiore a 900 mm, per consentire l'esodo anche ad occupanti che impiegano ausili per il movimento;
b. è ammessa larghezza non inferiore a 800 mm per le uscite finali impiegate da non più di 10 persone;
c. è ammessa larghezza non inferiore a 600 mm da locali ove vi sia esclusiva presenza occasionale e di breve durata di personale addetto.

Qualora almeno due delle vie d'esodo convergenti verso la stessa uscita finale siano impiegate da più di 50 occupanti ciascuna, la distanza misurata in pianta tra l'uscita finale e lo sbarco di tutte le vie d'esodo ad essa convergenti deve essere non inferiore a 2 m, come mostrato nell'immagine:

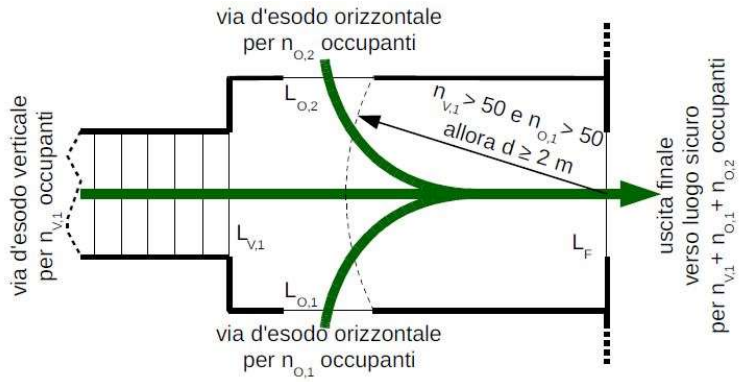


Figura 2.5 Esempio di flussi convergenti (merging flows) verso uscita finale, in pianta

Zona riservata agli spettatori: l'impianto deve essere provvisto di un sistema organizzato di vie di uscita dimensionato in base alla capienza in funzione della capacità di deflusso cui il sistema di vie di uscita dalla zona spettatori deve essere indipendente da quello della zona di attività sportiva. Per ogni settore deve essere previsto almeno un ingresso. L'esodo dall'impianto deve essere sempre garantito senza ostacoli dall'impianto. La larghezza di ogni uscita e via d'uscita deve essere non inferiore a 2 moduli (1,20 m). Nel caso degli impianti all'aperto la larghezza complessiva delle uscite deve essere dimensionata per una capacità di deflusso non superiore a 250 (1,20 m ogni 500 persone) indipendentemente dalle quote; le vie d'uscita devono avere la stessa larghezza complessiva delle uscite dallo spazio riservato agli spettatori.

Gli spazi calmi devono essere realizzati con strutture e materiali congruenti con le caratteristiche di resistenza e reazione al fuoco richieste per le vie di esodo e devono essere raggiungibili con percorsi non superiori a 40 m. Le scale devono avere gradini a pianta rettangolare, con alzata e pedata costanti rispettivamente non superiori a 17 cm (alzata) e non inferiore a 30 cm (pedata); le rampe delle scale devono essere rettilinee, avere non meno di tre gradini e non più di 15; i pianerottoli

devono avere la stessa larghezza delle scale senza allargamenti e restringimenti. Le rampe senza gradini devono avere una pendenza massima del 12% con piani di riposo orizzontali profondi almeno m 1,20, ogni 10 metri di sviluppo della rampa.

Distribuzione interna: i percorsi di smistamento non possono avere larghezza inferiore a 1,20 m e servire più di 20 posti per fila e per parte; ogni 15 file di gradoni deve essere realizzato un passaggio, parallelo alle file stesse, di larghezza non inferiore a 1,20 m. I gradoni per posti a sedere devono avere una pedata non inferiore a 0,60 m; il rapporto tra pedata ed alzata dei gradoni deve essere non inferiore a 1,2; possono essere previsti sedili su piani orizzontali o inclinati con pendenza non superiore al 12%.

Spogliatoi: gli spogliatoi per atleti e arbitri e i relativi servizi devono essere conformi per numero e dimensioni ai regolamenti o alle prescrizioni del C.O.N.I. e delle Federazioni sportive nazionali relative alle discipline previste nella zona di attività sportiva. Gli spogliatoi devono avere accessi separati dagli spettatori durante le manifestazioni ed i relativi percorsi di collegamento con la zona esterna e con lo spazio di attività sportiva devono essere delimitati e separati dal pubblico.

Campo di gioco come luogo temporaneo sicuro: in alcuni casi, l'evacuazione sul campo o sull'area di attività può farne parte del percorso di evacuazione, purché conduca direttamente ad una uscita che a sua volta porta ad un luogo sicuro. I seguenti requisiti dovrebbero essere presi in considerazione: indipendentemente dal fatto che l'evacuazione di emergenza degli spettatori sul campo o area di attività fa parte del piano di evacuazione di emergenza concordato già prima, e dove ci sarà il materiale pubblicitario, allora esso deve essere dotato di porte per concedere agli spettatori l'accesso al campo, tutto ciò progettato in precedenza; dove la superficie di gioco è fatta di materiali sintetici, si dovrebbe chiedere consiglio all'autorità responsabile sulla sicurezza antincendio e da stabilire se può essere correttamente considerato come una via di uscita in caso d'incendio, questo perché alcune forme di erba sintetica potrebbero costituire un pericolo in caso di fuoco.

Come indicato sopra, dove è presente una barriera perimetrale o materiale pubblicitario autoportante posto di fronte alla sistemazione degli spettatori, tranne che in circostanze eccezionali deve essere dotato di porte o aperture che consentano l'accesso al campo o all'area di attività. Se un'area di visualizzazione è divisa per elementi strutturali, ogni divisione deve avere porte sufficienti o aperture per evacuare tutti gli spettatori in quella divisione all'interno del tempo di evacuazione imposto per quella parte del terreno. Tali porte o aperture dovrebbero avere una larghezza minima di 1,1 m (1,2 m per le nuove costruzioni), essere allineate con le passerelle radiali e essere opportunamente sorvegliate. Le porte inoltre devono aprirsi non verso gli spettatori, devono essere tenute sbloccate e agli estremi devono essere bloccati con delle cerniere facilmente smontabili in entrambi i lati. Per essere facilmente individuati, queste porte devono essere contrassegnati e dipinti di un colore diverso dal resto del perimetro della barriera.

Esodo in presenza di occupanti con disabilità: in tutti i piani dell'attività nei quali vi può essere presenza non occasionale di occupanti che non abbiano sufficienti abilità per raggiungere autonomamente un luogo sicuro tramite vie d'esodo verticali, deve essere prevista almeno una delle seguenti misure, o avere degli spazi calmi oppure l'esodo deve essere orizzontale e progressivo. I progettisti

dovrebbero fornire rifugi di dimensioni adeguate per accogliere il numero delle persone che usano le sedie a rotelle e pianificare i loro successivi piani di evacuazione mediante idonei ascensori o procedure di gestione. Il metodo di fuga preferito dalla maggior parte degli utenti di sedie a rotelle è in orizzontale, e in verticale con l'uso di un ascensore antincendio. Se queste opzioni non sono disponibili o non sono operative, potrebbe esserlo necessario portare una persona su o giù per una scala di fuga. Le dimensioni dello spazio calmo devono essere tali da poter ospitare tutti gli occupanti con disabilità del piano nel rispetto delle superfici lorde minime. In ciascuno di esse devono essere presenti sistemi di comunicazione bidirezionale in modo tale da permettere ai diretti interessati di segnalare la loro presenza e richiedere assistenza.

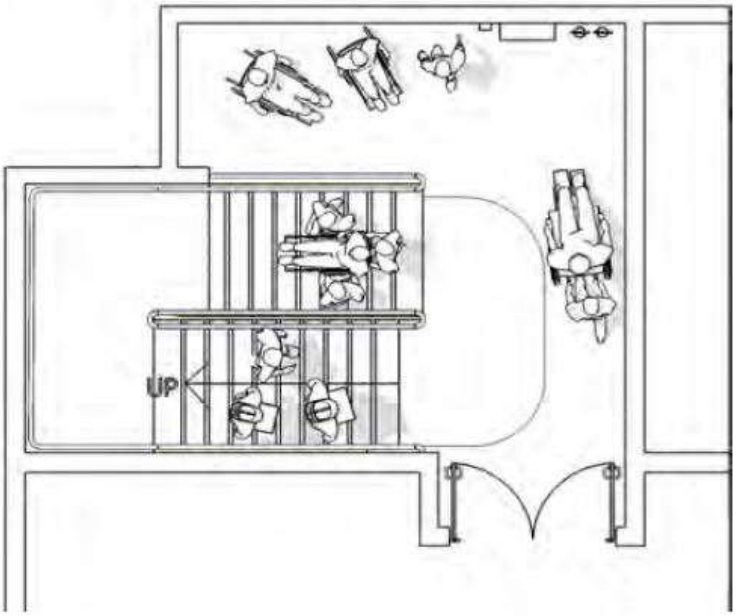
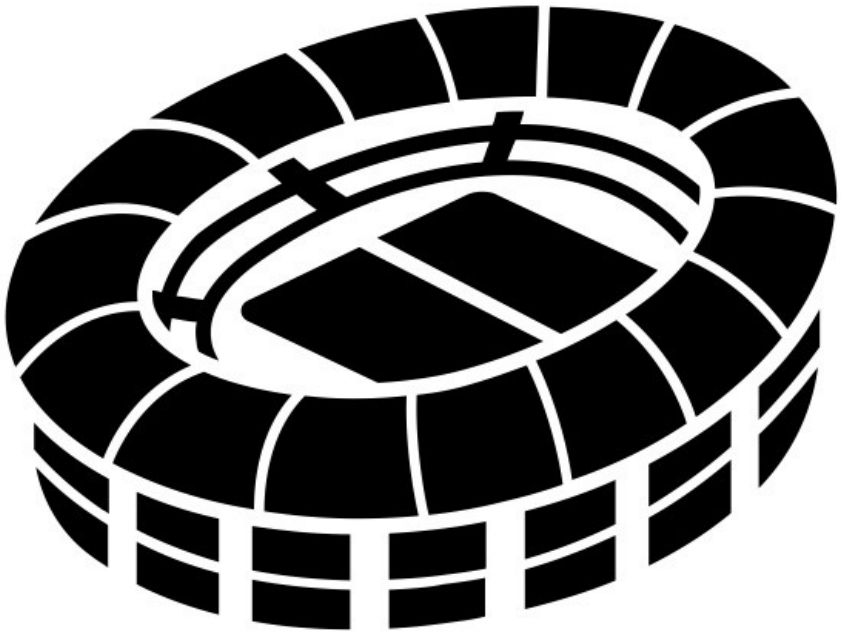


Figura 2.6 Esempio di spazio calmo (area of rescue assistance) secondo ISO 21542

Al fine di consentire l'esodo orizzontale progressivo, il piano dell'attività deve essere suddiviso in almeno due compartimenti. Ciascun compartimento deve poter contenere in emergenza, oltre ai suoi normali occupanti, il massimo numero di occupanti che lo impiegano per l'esodo orizzontale progressivo e inoltre avere almeno due vie d'esodo indipendenti, anche tramite esodo orizzontale progressivo verso distinti compartimenti adiacenti.

3. LUOGHI, ELEMENTI E SISTEMI EDILI, STADI DI CALCIO



3.1. Arredi e impianti

Strutture, finiture e arredi: negli impianti al chiuso e per gli ambienti interni degli impianti all'aperto le caratteristiche di reazione al fuoco dei materiali impiegati devono essere le seguenti:

a) nei corridoi di disimpegno, nelle scale, nelle rampe e nei passaggi è consentito l'impiego di materiali di classe 1 in ragione del 50% massimo della loro superficie totale (pavimenti + pareti + soffitti + proiezione orizzontale delle scale). Per la restante parte deve essere impiegato materiale di classe 0 (non combustibile);
b) in tutti gli altri ambienti è consentito che i materiali di rivestimento dei pavimenti siano di classe 2;

In ogni caso le poltrone e gli altri mobili imbottiti debbono essere di classe di reazione al fuoco **1 IM**, mentre i sedili non imbottiti e non rivestiti, costituiti da materiali rigidi combustibili, devono essere di classe di reazione al fuoco non superiore a 2. I lucernari debbono avere vetri retinati oppure essere costruiti in vetrocemento o con materiali combustibili di classe 1 di reazione al fuoco.

Il metodo per eseguire la valutazione del rischio incendio è il seguente: identificare la posizione dei materiali combustibili e qualsiasi fonte di ignizione, quindi identificare quelle parti del terreno dov'è probabile il fuoco. Inoltre vanno identificate tutte le persone particolarmente a rischio e assicurarsi che i loro bisogni in caso di emergenza siano previste nei piani di emergenza. Le persone particolarmente a rischio potrebbero essere i bambini e gli spettatori disabili che per fuggire potrebbero avere difficoltà nell'utilizzare le vie d'esodo e in particolare le scale. Altri soggetti a rischio sarebbero il personale o gli stewards che in questi casi avrebbero il compito di dover assistere gli altri.

La valutazione del rischio d'incendio dovrebbe valutare tutte le strutture e gli impianti dell'opera, comprese tutte le aree di sistemazione degli spettatori, tenendo conto la forma della costruzione, l'utilizzo, le strutture, l'ubicazione e la gestione. Questa valutazione determinerà per ogni struttura o area di sosta (tribuna) il livello appropriato di rischio di incendio, cioè, a basso rischio, a rischio normale o a rischio più elevato. Se la valutazione del rischio incendio indica che la capacità di tenuta dell'area è troppo grande per consentire a tutti gli spettatori di evacuare l'area e raggiungere un luogo sicuro all'interno del tempo di evacuazione di emergenza appropriato al livello di rischio e se si verifica uno stress psicologico, allora la capacità dovrebbe essere ridotta di conseguenza.

La categorizzazione dei livelli di incendio è stato fatto seguendo i parametri indicati qui sotto:

- è probabile che un'area a sedere o in piedi a **rischio d'incendio basso** in un campo sportivo sia quella in cui:
    - il rischio che si verifichi un incendio è basso;
    - nell'improbabile evento di un incendio, il potenziale per il fuoco, il calore o il fumo generato e diffuso da esso, è trascurabile;
    - c'è un rischio minimo per la vita.

Tali strutture potrebbero includere terrazze aperte costruiti con materiali non combustibili. Per le aree a sedere e in piedi a basso rischio, il tempo di evacuazione per tutti gli spettatori a raggiungere un luogo di sicurezza dovrebbe essere non più di otto minuti.

- un'area di rischio normale di incendio è probabilmente quella in cui:
    - il rischio di propagazione del fuoco è basso;
    - in caso di incendio è probabile che sia confinata con una stanza o al suo luogo di origine;
    - esiste un sistema efficace di soppressione o contenimento degli incendi.

Per il rischio normale di aree sedute e in piedi, il tempo di evacuazione per tutti gli spettatori a raggiungere un luogo sicuro dovrebbe essere non più di sei minuti.

- il tipo di impianto per spettatori più a rischio incendio è quello coperto. Uno con dei più alto rischio di incendio in posizione seduta o in piedi è probabile che sia un impianto dove le seguenti caratteristiche vengono applicate:
    - la costruzione consiste di materiali combustibili;
    - le caratteristiche strutturali potrebbero favorire la diffusione del fuoco, del calore e del fumo;
    - ci sono vuoti sotto i pavimenti o le terrazze dove possono accumularsi i rifiuti
    - ci sono diversi piani, con i sistemi di uscita dai livelli superiori che attraversano le aree di ospitalità;
    - le aree o i percorsi hanno una separazione antincendio inadeguata tra vendita al dettaglio e / o al servizio ristorazione e le vie di evacuazione;
    - sono presenti materiali altamente infiammabili o esplosivi;
    - le persone della zona in esame sono a rischio per un incidente che si verifica in un locale adiacente.

  Per aree a sedere e in piedi a rischio più elevato, il tempo di evacuazione di emergenza per tutti gli spettatori a raggiungere un luogo sicuro non dovrebbe essere più di due minuti e mezzo.

Impianti elettrici: in particolare, ai fini della prevenzione incendi, gli impianti elettrici non devono costituire causa primaria di incendio o di esplosione e devono essere suddivisi in modo che un eventuale guasto non provochi la messa fuori servizio dell'intero sistema (utenza). Il sistema utenza deve disporre dei seguenti impianti di sicurezza: illuminazione; allarme; rilevazione; impianti di estinzione incendi. Il dispositivo di carico degli accumulatori deve essere di tipo automatico e tale da consentire la ricarica completa entro 12 ore. L'autonomia dell'alimentazione di sicurezza deve consentire lo svolgimento in sicurezza del soccorso e dello spegnimento per il tempo necessario, in ogni caso l'autonomia minima viene stabilita per ogni impianto come segue: 1) segnalazione e allarme: 30 minuti; 2) illuminazione di sicurezza: 60 minuti; 3) impianti idrici antincendio: 60 minuti.

3.2. Criteri di progettazione strutturale in caso di incendio

Criteri generali: la capacità portante del sistema strutturale in caso di incendio si determina sulla base della capacità portante propria degli elementi strutturali singoli, di porzioni di struttura o dell'intero sistema costruttivo, comprese le condizioni di carico e di vincolo, tenendo conto della eventuale presenza di materiali protettivi.

Le deformazioni ed espansioni imposte o impedite dovute ai cambiamenti di temperatura per effetto dell'esposizione al fuoco producono sollecitazioni indirette, forze e momenti nei singoli elementi strutturali, che devono essere tenuti in considerazione. Nel progetto e nelle verifiche di sicurezza all'antincendio si deve tenere conto della combinazione dei carichi per azioni eccezionali prevista dalle vigenti NTC.

Elementi strutturali secondari: ai fini della verifica dei requisiti di resistenza al fuoco degli *elementi strutturali secondari*, il progettista deve verificare che il cedimento di tali elementi per effetto dell'incendio non comprometta:

a. la capacità portante degli altri elementi strutturali della costruzione in condizione di incendi;
b. l'efficacia di elementi costruttivi di compartimentazione;
c. il funzionamento dei sistemi di protezione attiva;
d. l'esodo in sicurezza degli occupanti;
e. la sicurezza dei soccorritori.

Ai fini della verifica dei requisiti di cui ai punti "*d*" ed "*e*" è sufficiente verificare che la capacità portante degli elementi strutturali secondari sia garantita per un tempo tale che tutti gli occupanti dell'attività raggiungano o permangano in un luogo sicuro.

Strutture vulnerabili in condizioni di incendio: ai fini della verifica dei requisiti di resistenza al fuoco, per strutture vulnerabili in condizioni di incendio si intendono quelle strutture, solitamente di tipo leggero che per loro natura risultano particolarmente sensibili all'azione del fuoco. La vulnerabilità di tali strutture può essere legata alla loro ridotta iperstaticità o robustezza, alla snellezza degli elementi strutturali, alla impossibilità o all'anti economicità di applicazione di sistemi protettivi o al pieno affidamento della resistenza a regimi membranali sensibili ai forti incrementi di temperatura.

3.3. Procedura per il calcolo del carico di incendio specifico di progetto

Il valore del carico d'incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$) è determinato secondo la seguente relazione:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f \qquad \{1\}$$

dove:

$q_{f,d}$ = carico d'incendio specifico di progetto [MJ/m^2];

δ_{q1} = fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella seguente:

Superficie lorda del compartimento (m^2)	δ_{q1}	Superficie lorda del compartimento (m^2)	δ_{q1}
A < 500	1,00	2500 ≤ A < 5000	1,60
500 ≤ A < 1000	1,20	5000 ≤ A < 10000	1,80
1000 ≤ A ≤ 2500	1,40	A ≥ 10000	2,00

Tabella 3.1 Parametri per la definizione del fattore □q1

δ_{q2} = è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella seguente:

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,8,
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella 3.2 Parametri per la definizione del fattore □q2

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$ = è il fattore che tiene conto delle differenti misure antincendio del compartimento ed i cui valori sono definiti nella tabella seguente:

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,80
Controllo dell'incendio con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio con livello minimo di prestazione II		δ_{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore con livello di prestazione III		δ_{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme con livello minimo di prestazione III		δ_{n9}	0,85
Operatività antincendio con soluzione conforme per il livello di prestazione IV		δ_{n10}	0,81

Tabella 3.3 Parametri per la definizione dei fattori δ_{ni}

q_f = è il valore nominale del carico d'incendio specifico da determinarsi secondo la formula:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^{n} g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \Psi_i}{A} \quad [MJ/m^2] \qquad \{2\}$$

dove:

g_i = massa dell'i-esimo materiale combustibile [kg];

H_i = potere calorifico inferiore dell'i-esimo materiale combustibile; i valori di H_i dei materiali combustibili possono essere determinati per via sperimentale in accordo con UNI EN ISO 1716:2002, dedotti dal prospetto E3 della norma UNI EN 1991-1-2, ovvero essere mutuati dalla letteratura tecnica [MJ/kg];

m_i = fattore di partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a 0,80 per il legno e altri materiali di natura cellulosica e 1,00 per tutti gli altri materiali combustibili;

ψ_i = fattore di limitazione della partecipazione alla combustione dell'i-esimo materiale combustibile pari a: -> 0 per i materiali contenuti in contenitori appositamente progettati per resistere al fuoco per un tempo congruente con la classe di resistenza al fuoco; -> 0,85 per i materiali contenuti in contenitori non combustibili, che conservino la loro integrità durante l'esposizione all'incendio e non appositamente progettati per resistere al fuoco; -> 1 in tutti gli altri casi;

A = superficie lorda del piano del compartimento.

4. ANALISI DEI TEMPI

4.1. Caratteristiche e comportamento della folla

La tendenza a diminuire delle caratteristiche individuali a favore di una personalità collettiva, rende la folla dello stadio più potente e più difficile da controllare. La cultura e lo stile del club a cui i fan tifano sono fattori che hanno una potenziale influenza sulla personalità del gruppo. L'uscita o l'esodo di una folla da stadio è diversa dalla maggior parte delle altre folle di movimento. **La maggior parte delle persone tende ad andarsene prima possibile subito dopo l'evento.** È stato osservato che i fattori comportamentali svolgono un ruolo significativo in tale disparità: mancanza di stimoli visivi e la mancanza di scelta e accettazione di un'identità collettiva. Il movimento della folla è influenzato da fattori umani tali come la capacità di movimentazione individuale, le abilità nel prendere una decisione, la densità della folla e comportamenti complessi, nonché i fattori ambientali, come la condizione fisica dei percorsi di uscita e la loro riconoscibilità. Gli studi dimostrano che *l'uscita in tempi lunghi e i tempi di attesa in eccesso, promuoverebbero il livello di ansia, quindi fa cambiare la folla in uscita normale in folla in fuga con una tendenza alla violenza*.

Movimento della folla: il moto della folla mostra caratteristiche diverse che dipendono dalle circostanze. Il movimento normale si incontra ogni giorno in una varietà di luoghi. I membri di questo tipo di pubblico e movimento possono avere o non avere un obiettivo comune. Il movimento potrebbe essere uni o multi-direzionale, si muovono a velocità diverse e si verificano all'interno di un'ampia gamma di densità. Esempi di questo tipo di flusso includono le passeggiate, i passaggi di una ferrovia o stazione della metropolitana con flussi di attraversamento, movimenti dentro e fuori dai luoghi pubblici come aeroporti, teatri, cinema e **stadi**. Al contrario, le persone durante un'emergenza hanno un obiettivo comune. Questo vale sia per entrare che per uscire da una certa area come conseguenza di un'azione, può essere un *incendio* o un allarme bomba.

Tipi di folla: si tende a pensare a una folla come se avesse una particolare personalità o un insieme di tratti. Questo potrebbe variare da una folla relativamente calma che lascia un teatro, ad una folla densa ed espressiva a concerto pop. Tuttavia, questo è troppo semplificato. Ogni folla sarà composta da un numero di sottogruppi. Alcuni di questi gruppi possono dominare gli altri ma le differenze esisteranno. Uno di questi gruppi, che non deve essere ignorato, sono quelle persone con disabilità o movimento limitato. Questi potrebbero essere presenti in tutti i tipi di pubblico. **Gli spettatori** sono un altro tipo di folla, che a sua volta avrà anch'essa i suoi sottogruppi. Diverse parti della folla potrebbero essere passivi, attivi o celebrativi. Allo stesso modo, parte di una folla che protesta può comprendere persone pacifiche, calme, aggressive, ostili o addirittura violente.

Caratteristiche dei gruppi: il tipo di folla si riferisce alla sua composizione fisica e all'azione. Le caratteristiche della folla, dall'altro lato hanno più a che fare con lo stato mentale. Alcune persone perdono le loro inibizioni, quando si trovano in una folla infuocata, e si ritrovano a fare cose che normalmente non si permetterebbero di fare. Questa azione potrebbe essere sotto forma di materiale offensivo (insulti) o diventare aggressivo. Ci sono molte altre caratteristiche dei gruppi, che possono essere alimentate dall'emozione e dal desiderio. Questi possono portare alla folla un certo grado di organizzazione, leadership o legame. Ogni folla sarà diversa.

Metodi e strumenti per l'analisi del rischio di folla: i rischi legati alla folla per loro stessa natura possono cambiare e la sfida è quella di escogitare un metodo che sia semplice da implementare e fornisca informazioni utili per la persona che valuta e gestisce i rischi della folla. Al fine di anticipare potenziali problemi, propone l'adozione di un'analisi di Routes-Areas-Movement-Profile (RAMP) oppure Percorsi-Aree-Movimenti-Profilo (PAMP), le cui varie componenti possono essere spiegate come segue:

- *percorsi*, delinea le direzioni che la folla prende per entrare nel sito, spostarsi nel sito e lasciare il sito (analisi del percorso del flusso);
- *aree*, identifica la capacità di ciascun settore dell'evento e la localizzazione delle densità di massa (bassa, media e alta) e dei rischi del sito relativi a tali località;
- *movimento*, misura la velocità di passaggio attraverso le varie parti del sistema (ad esempio la velocità con cui gli utenti vengono elaborati attraverso l'area ticket / ricerca) e il flusso generale della folla (analisi della portata) sul sito;
- *profilo*, stima il comportamento della folla nel muoversi tra le aree del sito.

Concludendo con le caratteristiche della folla dello stadio, si può dire che variano in base al tipo di evento, se siamo in una partita di calcio o concerto. Il comportamento della folla può essere vissuta molto diversa negli stadi. La folla da stadio ha una possibilità maggiore di manifestare comportamenti distruttivi rispetto ad altri tipi di folle. In termini di tipologia, le folle da stadio durante gli eventi possono essere descritti come segue:

- partecipanti agli eventi come scopo principale;
- le partite hanno un moderato tempo di durata, conseguentemente anche la presenza della folla;
- tempi di inizio e fine precisi;
- i posti sono individuali ed assegnati;
- alto livello di conflitti e alta potenzialità di interazione (scontrosa);
- i membri possono essere singoli, coppie o gruppi di amici.

L'eterogeneità demografica della folla dello stadio sembra moderato per il loro scopo comune. La composizione della folla dello stadio può essere descritta o divisa in base a diversi parametri:

- età;
- persone disabili;
- vittime di incidenti o aggressioni;
- persone perse dentro lo stadio;
- ubriachi;
- ultrà e non ultrà.

Still 2009

NORMALE	Ingresso	Circolazione	Uscita
Design	Elementi del design che influenzano la folla durante l'ingresso - questo si riferisce specificamente agli elementi del design (come barriere, geometria del locale, larghezza dei percorsi, percorsi e scale, entrate, tornelli, ecc.	Elementi del design che influenzano la folla durante la circolazione (questo si riferisce ai movimenti) come le larghezze del percorso, le scale, la gestione degli impianti e delle strutture, le concessioni, ecc.	Elementi del design che influenzano la folla durante l'uscita - in particolare la capacità di uscita, la complessità del percorso e la geometria (scale, corridoi, porte, portoni, ecc.)
Informazioni	Prima dell'evento, molte cose possono influenzare il comportamento della folla, come i media, i biglietti, conoscenza del locale, precedenti eventi, natura dell'evento, previsioni del tempo. Valuta come le informazioni precedenti all'evento, vicino all'evento, sulla strada per l'evento e nella sede potrebbero influenzare la folla, in particolare i sistemi di segnaletica e di informazione.	Per la circolazione potrebbero esserci molte informazioni contrastanti, le prestazioni, le concessioni, la segnaletica, gli steward, i punti di informazione. Valutare come questo influenza la folla e il modo migliore per informare la folla delle strutture.	Gli annunci per l'inizio influenzano non solo la direzione, ma anche la distribuzione della folla. Assicurarsi che tutti i percorsi siano chiaramente segnalati, controllando le linee di visuale per garantire che tutte le vie di uscita siano visibili.
Gestione	Gli steward, la sicurezza e la polizia possono deviare la folla verso le aree più appropriate, ma influenzano anche il comportamento della folla (come la riduzione degli ultrà, aumentando la visibilità della polizia). Le code possono essere gestite in modo attivo e distribuite uniformemente se i percorsi di avvicinamento consentono una buona visibilità.	Durante l'evento gli steward possono gestire attivamente le code e i movimenti della folla.	Durante l'uscita le folle in partenza possono essere gestite in modo attivo = in particolare i parcheggi possono essere resi più efficienti se gestiti attivamente (piuttosto che consentire un trattino gratuito per l'uscita).

Tabella 4.1 Circolazione e gestione dell'evento in condizioni normali secondo Still 2009

EMERGENZA	Ingresso	Circolazione	Uscita
Design	Come può far fronte all'emergenza il sistema di ingresso? Potrebbe essere necessario prendere in considerazione una strategia di "stare fuori" e valutare come il progetto risolve il rifiuto di ritrarre la folla da una minaccia interna.	A metà evento, quanto velocemente questo sito può essere evacuato, si tratta in genere del tipo di calcolo che un funzionario addetto alla sicurezza antincendio dovrebbe eseguire per garantire che il sito disponga di percorsi di uscita sufficienti e capacità di autorizzazione.	Come può far fronte il sistema di uscita durante un'emergenza - potrebbe essere necessario prendere in considerazione una strategia "restare fermo" e valutare come la folla fa fronte ad una minaccia esterna.
Informazione	Durante l'ingresso, come sarebbero state informate le folle di un'emergenza? Che tipo di informazioni, in quale forma e contenuto è richiesto?	A metà evento, come sarebbero state informate le folle di un'emergenza? Che tipo di informazioni, in quale forma e quale contenuto è richiesto? Garantire che la folla si allontani dalla minaccia richiede più di un semplice "per favore, lasciate l'evento" come annuncio.	Durante l'uscita, come sarebbero state informate le folle di un'emergenza? Che tipo di informazioni, in quale forma e contenuto è richiesto? Per questo è necessario considerare la folla nel processo di uscita normale.
Gestione	Durante l'ingresso ci possono essere persone che cercano di entrare più di quanto sia fisicamente possibile (per esempio in un evento "gratuito"). Le folle potrebbero aver bisogno della gestione ATTIVA per prevenire il sovraffollamento nello spazio degli eventi. Questo sarebbe considerato una situazione di emergenza in quanto vi è il rischio di schiacciamento se l'evento non ha un sistema di gestione attivo.	Durante l'evento la folla dovrebbe essere gestita e allontanata dalla minaccia. Considerare le informazioni e la gestione dell'uscita per assicurarsi che la folla si muova il più rapidamente possibile LONTANO dalla fonte di pericolo.	Potrebbe essere necessario gestire la folla DOPO l'evacuazione (ad esempio in un'area di attesa) deve essere mantenuta al sicuro fino a quando la minaccia / il pericolo non è passato. Potrebbe essere necessario continuare a gestire la folla per diverse ore durante un'operazione di controllo. Bisogna tenere la folla informata fino a quando è sicure lasciar andare le persone.

Tabella 4.2 Circolazione e gestione dell'evento in condizioni normali secondo Still 2009

4.2. Scenari di incendio per la progettazione prestazionale

Identificazione dei possibili scenari d'incendio: il primo passo della procedura consiste *nell'identificare tutti i possibili scenari d'incendio* che possono svilupparsi durante la vita utile dell'attività. In relazione a ciò si devono considerare tutte le condizioni di esercizio ragionevolmente prevedibili. Per individuare gli scenari d'incendio, il professionista antincendio sviluppa uno specifico *albero degli eventi* a partire da ogni evento iniziatore pertinente e credibile. Il processo può essere svolto in maniera qualitativa, oppure in maniera quantitativa se sono disponibili dati statistici. Ogni scenario d'incendio identificato deve essere compiutamente ed univocamente descritto in relazione ai suoi tre aspetti fondamentali: le caratteristiche dell'incendio, le caratteristiche dell'attività e le caratteristiche degli occupanti. In ogni caso, il professionista antincendio deve specificare se lo scenario d'incendio ipotizzato sia relativo ad una condizione di *pre-flashover* oppure ad una condizione di *post-flashover*, a seconda dell'obiettivo da raggiungere e deve descrivere:

a. *evento iniziatore* caratterizzato da un focolaio di incendio e dalle condizioni dell'ambiente circostante;
b. *propagazione* dell'incendio e dei prodotti della combustione;
c. *azione degli impianti* tecnologici e di protezione attiva contro l'incendio;
d. azioni eseguite dai componenti della *squadra aziendale* dedicata alla lotta antincendio presenti nell'ambiente;
e. distribuzione e comportamento degli *occupanti.*

Selezione degli scenari d'incendio di progetto: nel primo passo della procedura viene in genere identificato un elevato numero di scenari d'incendio possibili nell'attività. Lo scopo di questo secondo passo della procedura consiste nel ridurre il numero degli scenari d'incendio al minimo numero ragionevole, al fine di alleggerire il successivo lavoro di verifica delle soluzioni progettuali. Il professionista antincendio seleziona gli *scenari di incendio* ed estrae il sottoinsieme degli *scenari d'incendio di progetto*, esplicitando nella documentazione progettuale i motivi che portano ad escluderne alcuni dalla successiva analisi quantitativa, facendo riferimento agli alberi degli eventi già sviluppati nel precedente passo o secondo giudizio esperto. Il professionista antincendio seleziona i *più gravosi* tra gli scenari di incendio *credibili.* Gli *scenari d'incendio di progetto* così selezionati rappresentano per l'attività un livello di rischio d'incendio non inferiore a quello compiutamente descritto dall'insieme di tutti gli *scenari d'incendio*. Le soluzioni progettuali, rispettose delle *soglie di prestazione* richieste nell'ambito degli *scenari d'incendio di progetto*, garantiscono quindi lo stesso grado di sicurezza anche nei confronti di tutti gli altri *scenari d'incendio*.

La selezione degli scenari d'incendio è fortemente influenzata dall'obiettivo che il professionista antincendio intende raggiungere. Ad esempio, se si intende principalmente perseguire la salvaguardia degli occupanti durante la fase di esodo, possono essere selezionati scenari come quelli di seguito indicati:

a. un incendio di breve durata ma con crescita veloce, che è accompagnato da elevata produzione di fumo e gas di combustione, risulta più critico di uno che rilascia maggiore potenza termica, ma che ha una crescita lenta e dura più a lungo;
b. un incendio di limitate dimensioni, che però si sviluppa in vicino alle vie di esodo di un locale ad alta densità di affollamento, può risultare più pericoloso di uno che emette una maggiore potenza termica, ma che si origina in un ambiente confinato e che si trova lontano dalle zone dove è prevista la presenza di occupanti.

Attività: le caratteristiche dell'attività influenzano l'esodo degli occupanti, lo sviluppo dell'incendio e la diffusione dei prodotti della combustione. A seconda dell'obiettivo dell'analisi, la descrizione quantitativa dell'attività potrà comprendere i seguenti elementi:

a. Caratteristiche architettoniche e strutturali:
    - localizzazione e geometria dell'attività, dimensioni e distribuzione degli ambienti interni;
    - localizzazione e geometria dell'attività, dimensioni e distribuzione degli ambienti interni;
    - descrizione materiali non strutturali e di finitura;
    - sistema d'esodo: dimensioni, distribuzione e uscite di sicurezza;

- dimensione, localizzazione e stato di apertura/chiusura/rottura efficace delle aperture di ventilazione di progetto e potenziali, come porte, finestre, lucernari, superfici vetrate;
- barriere che influenzano il movimento dei prodotti della combustione.

b. Impiantistica:
- impianti di protezione attiva conto l'incendio;
- impianti di rivelazione, di segnalazione e di allarme incendio.

c. Aspetti gestionali ed operativi:
- destinazione d'uso dell'attività e processo produttivo che vi si svolge;
- organizzazione dell'attività ospitata;
- eventuali azioni attuate dai soccorritori, previste nel piano di emergenza, in grado di alterare la propagazione dei prodotti della combustione; tali azioni devono essere considerate solo in via eccezionale e valutate caso per caso.

d. Fattori ambientali che influenzano le prestazioni antincendio dell'attività.

Occupanti: a seconda dell'obiettivo dell'analisi, il professionista antincendio descrive dettagliatamente le caratteristiche della popolazione ospitata nell'attività, che possono influenzare il comportamento e la risposta nei confronti dell'incendio. In particolare, la descrizione deve tener conto almeno dei seguenti aspetti ove rilevanti ai fini della tipologia dell'analisi:

a. affollamento complessivo e distribuzione degli occupanti negli ambienti dell'attività;
b. tipologia degli occupanti;
c. familiarità degli occupanti con l'attività e con il sistema di vie d'esodo;
d. stato di veglia/sonno degli occupanti.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo
C Ci Cii Ciii	Gli occupanti possono essere addormentati: • in attività individuale di lunga durata • in attività gestita di lunga durata • in attività gestita di breve durata	
		Civile abitazione
		Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
		Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana

Tabella 4.3 Caratteristiche prevalenti degli occupanti, in rosso la caratteristica prevalente del caso studio

Incendio: a seconda dell'obiettivo dell'analisi, la descrizione dell'incendio consiste nella caratterizzazione quantitativa del focolare, in quanto sorgente di energia termica e di prodotti della combustione, secondo i seguenti parametri ove rilevanti ai fini della tipologia dell'analisi:

a. localizzazione del focolare;

b. tipologia di focolare: covante o con fiamma;
c. quantità, qualità e distribuzione spaziale del materiale combustibile;
d. fonti d'innesco;
e. curva RHR (*rate of heat release*), quale potenza termica prodotta dal focolare al variare del tempo RHR(t);
f. generazione dei prodotti della combustione presi in considerazione (es. CO e particolato).

Ai fini della caratterizzazione quantitativa del focolare il professionista antincendio può:

a. impiegare dati sperimentali ottenuti da misura diretta in laboratorio secondo metodologia scientifica consolidata;
b. usare dati pubblicati da fonti autorevoli e condivise. Il professionista antincendio *cita sempre* con precisione tali fonti e *verifica la corrispondenza* del campione di prova sperimentale (quantità, composizione, geometria e modalità di prova) con quello previsto nello scenario d'incendio di progetto, utilizzando un approccio ragionevolmente conservativo;
c. impiegare delle *metodologie di stima*.

Durata degli scenari d'incendio di progetto: deve essere descritta tutta la sequenza di evoluzione dell'incendio, a partire dall'evento iniziatore per un intervallo di tempo che dipende dagli obiettivi di sicurezza da raggiungere come riportato in *Tabella 4.4*.

Obiettivo di sicurezza antincendio	Durata minima degli scenari di incendio di progetto
Salvaguardia della vita	Dall'evento iniziatore fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Se il luogo sicuro è prossimo o interno all'opera da costruzione, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro.
Mantenimento della capacità portante in caso d'incendio	Dall'evento iniziatore fino all'arresto dell'analisi strutturale, in fase di raffreddamento, al momento in cui gli effetti dell'incendio sono ritenuti non significativi in termini di variazione temporale delle caratteristiche della sollecitazione e degli spostamenti.

Tabella 4.4 Durata minima degli scenari d'incendio di progetto, in rosso l'obbiettivo posto per l'attività in esame

5. CASO STUDIO: ALLIANZ STADIUM

5.1. Ubicazione e zonizzazione Stadium

Ciò che spesso facilita la costruzione di uno stadio è il luogo in cui il cantiere sorge, proprio per il fatto che si tratta di una megastruttura, è una zona ampia e libera, spesso situata ai margini del centro della città. Inoltre, il fatto di presentarsi come un'area ampia e libera non sempre implica che l'opera sia situata in una zona periferica, al contrario può anche trovarsi in una parte più centrale della città; proprio Torino riporta l'esempio di entrambe le situazioni: il nuovo stadio della Juventus, si trova in zona periferica al confine con il comune di Venaria Reale, e lo Stadio Olimpico, in zona Santa Rita, uno dei quartieri più popolati e vissuti della città.

La prima domanda che nasce è se esista o no una normativa che impone la costruzione di uno stadio in luoghi prestabiliti. Attualmente, né a livello nazionale né a livello internazionale sono state predisposte delle prescrizioni che indicano delle zone precise su cui far sorgere tali costruzioni. Tuttavia, sia il D.M. 18/03/1996, già integrato dal D.M. 06/06/2005, sia le Norme CONI per l'impiantistica sportiva, offrono delle indicazioni in cui sono elencate delle caratteristiche necessarie affinché un luogo possa ospitare uno stadio, l'art. 4 del D.M. 18/03/1996 impone che: "*l'ubicazione dell'impianto o del complesso sportivo deve essere tale da consentire l'avvicinamento e la manovra dei mezzi di soccorso e la possibilità di sfollamento verso aree adiacenti. L'area per la realizzazione di un impianto, deve essere scelta in modo che la zona esterna garantisca, ai fini della sicurezza, il rapido sfollamento. A tal fine eventuali parcheggi e le zone di concentrazione dei mezzi pubblici devono essere situati in posizione tale da non costituire ostacolo al deflusso. Gli impianti devono essere provvisti di un luogo da cui sia possibile coordinare gli interventi di emergenza*".

Inoltre, il punto 6.1 delle Norme CONI per l'impiantistica sportiva stabilisce che "*l'impianto sportivo dovrà essere adeguatamente inserito nel contesto ambientale ed integrato con le infrastrutture dei servizi esistenti nel territorio. Nella scelta dell'area si dovrà tenere conto delle esigenze specifiche relative alla pratica sportiva (tipo ed estensione degli spazi sportivi, morfologia, orientamento, ecc.), delle esigenze connesse all'accessibilità e fruibilità da parte dei diversi utenti, compresi quelli DA, e di quelle relative alla sicurezza nell'utilizzo (viabilità, aree richieste dalla normativa di sicurezza, aree di sosta, ecc.). Si dovrà tenere conto inoltre di eventuali esigenze connesse ad aspetti gestionali (presenza di locali, stand, ecc.)*". Per analogia con gli impianti calcistici esistenti, risulta evidente che il luogo su cui uno stadio necessita di sorgere è un'area estesa, priva di particolari vincoli e limitazioni, ma non per questo situata forzatamente ai margini del centro cittadino. Quindi, le situazioni possibili sono due:

1. ubicazione ai margini della città, ci si ritrova di fronte a zone generalmente non soggette a restrizioni edilizie da parte del contesto in cui il futuro stadio sorgerà;
2. ubicazione in una zona centrale della città, il tessuto edilizio può essere causa di condizionamenti per il cantiere.

L'Allianz Stadium, noto meglio come lo Juventus Stadium, è un impianto sportivo situato nei quartieri di Vallette e Lucento, V circoscrizione di Torino, in corso Gaetano Scirea. È di proprietà della squadra di calcio della Juventus Football Club. L'impianto sorge sulla stessa area del preesistente Delle Alpi, da cui si è tenuto solo una parte della struttura. Lo stadio è stato inaugurato l'8 settembre 2011, ha una capienza di 41.507 posti a sedere e si estende su un'area di 355.000 m^2.

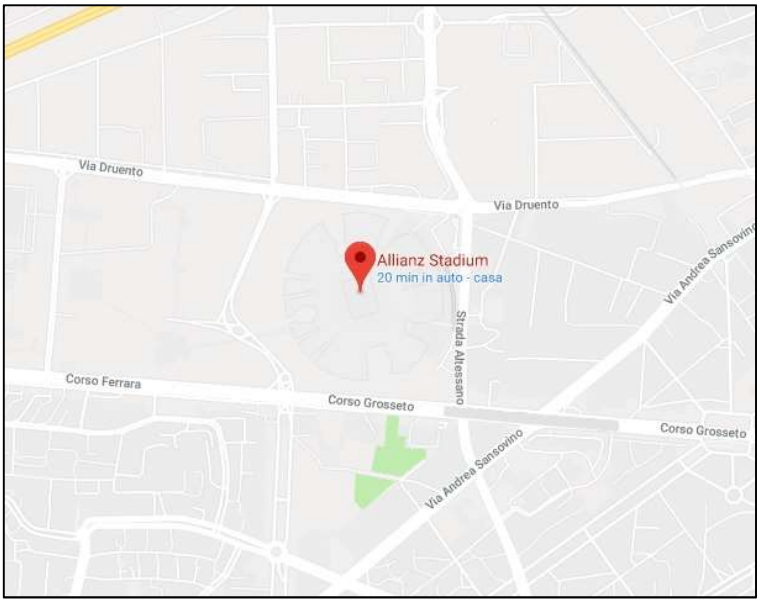


Figura 5. 1.L'ubicazione dello stadio a Torino

Proviamo adesso ad analizzare tale impianto seguendo i passaggi argomentati nei capitoli precedenti, dove il primo argomento da analizzare è la zonizzazione dello stadio nel suo complesso:

Vi è una **Zona uno** che rappresenta lo spazio dell'attività sportiva, trattassi di uno stadio da calcio, l'area dell'attività sportiva ha delle caratteristiche ben definite. L'Allianz Stadium si sviluppa in 68 metri in larghezza e 105 metri in lunghezza. Queste dimensioni rispettano sia la normativa italiana dedicata agli impianti sportivi, sia i regolamenti imposti dagli enti internazionali, FIFA/UEFA. Da indicazioni della *Green Guide* si può considerare come la prima zona da ritenersi sicura in caso di esodo in emergenza, quindi va valutata la sua funzione anche come luogo temporaneo sicuro. Si è consapevoli comunque che questa zona non può essere usufruita da tutti gli spettatori, essendo comunque di limitate dimensioni, ma si può considerare usufruibile solo per i tifosi del primo anello. L'accesso in questa zona da parte degli spettatori è possibile tramite aperture e cancelli fatte a posta per essere rimosse in caso di esodo.

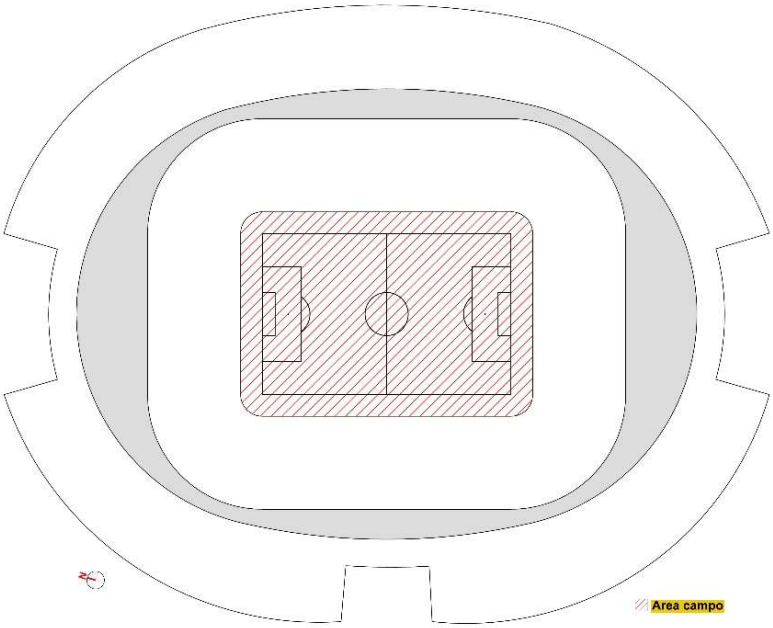


Figura 5. 2. Vista in pianta dell'area dedicata all'attività sportiva

Successivamente si avrà una **zona due** che rappresenta l'area dedicata agli spettatori. Principalmente Allianz Stadium è suddiviso in 5 tribune principali: la curva Nord, la curva Sud, tribuna Est, tribuna Ovest e il settore Ospiti. Questa zona è costituita in tre elementi principali, la struttura, i sedili e le persone. I sedili, da normativa, sono di Classe 1 IM. Una volta che si ha il carico d'incendio di questa zona, allora la determinazione in termini di resistenza e tenuta al fuoco avviene in modo automatico, associando il carico d'incendio alla classe di resistenza al fuoco. Le persone compongono uno dei variabili principali in questo calcolo e sono analizzate nel *Capitolo 4*.

Area di servizio		
Capienza stadio	42'507	[spettatori]

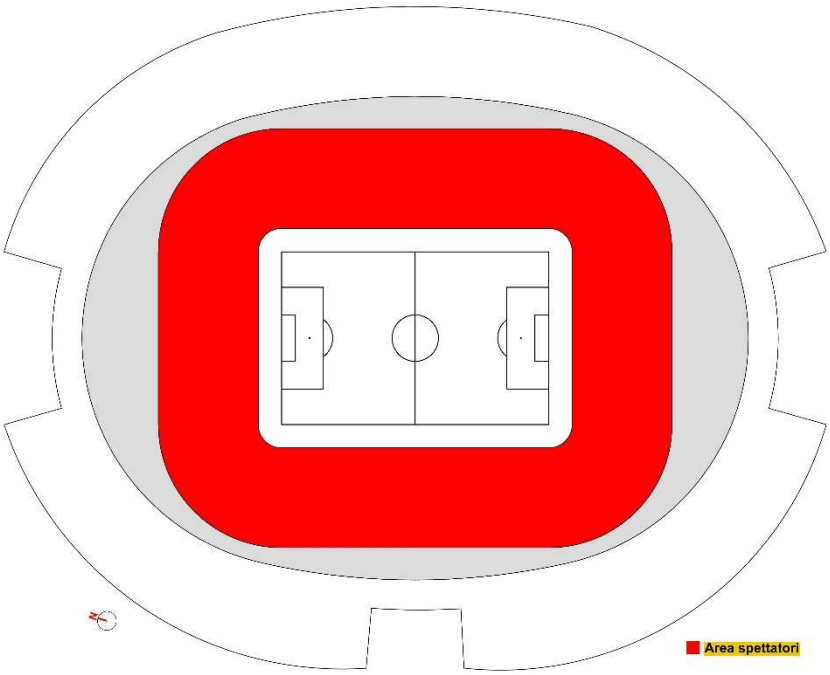


Figura 5. 3. Vista in pianta dell'area dedicata agli spettatori

La **Zona tre** è costituita dai passaggi interni e vomitori. Una volta che i tifosi lasciano il proprio posto, fino all'uscita finale devono essere "accompagnati da una cupola resistente al fuoco", fino alla zona quattro, imponendo in questo modo la costruzione di partizioni, muri e solai, di una certa classe di resistenza incendi. L'individuazione di questa parte di elementi strutturali e di circolazione si vede nell'immagine sottostante che fa riferimento solo al primo anello della tribuna Ovest, e di conseguenza tutti i passaggi interni (in rosso) fino all'uscita finale saranno al Livello 3 dello stadio.

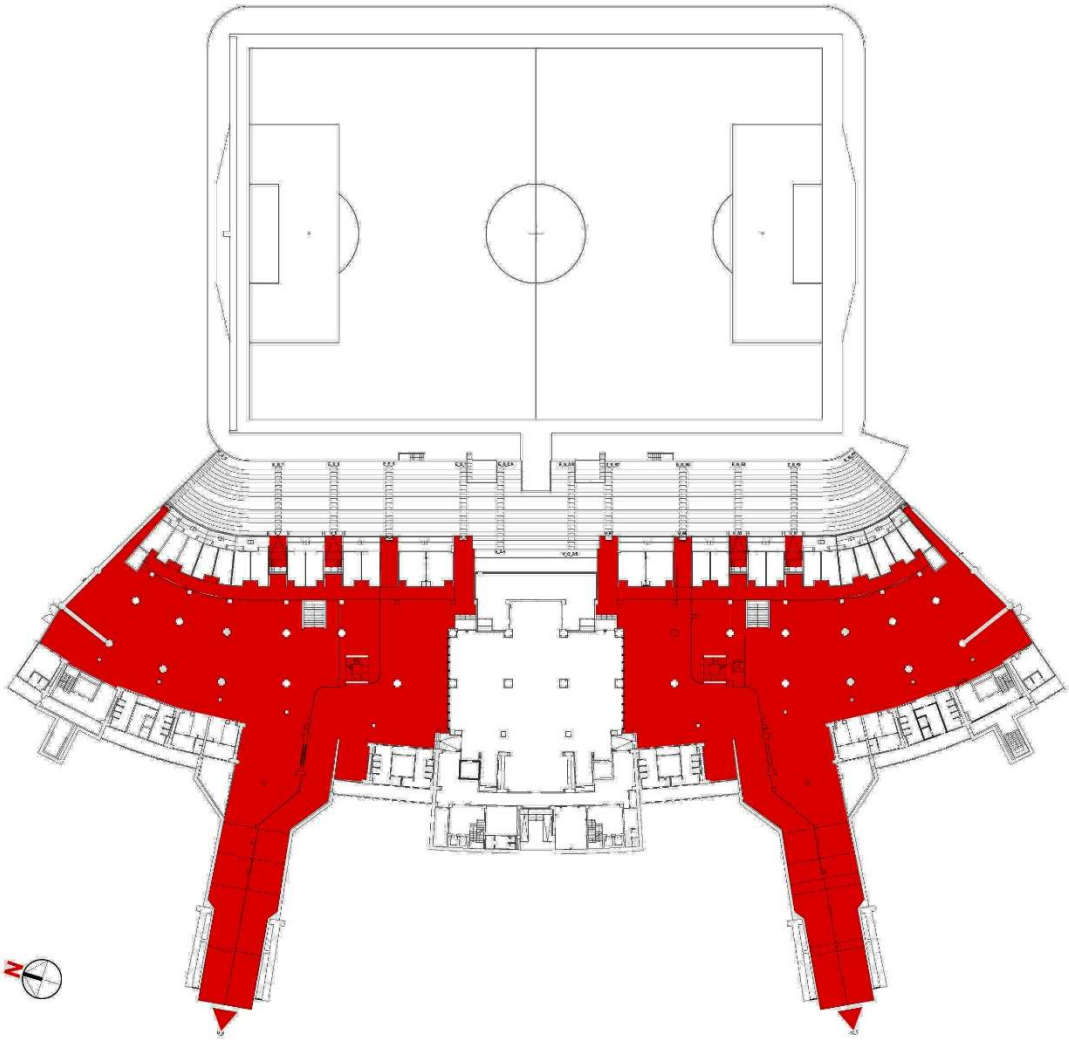


Figura 5. 4. Vista in pianta dei passaggi interni, dai vomitori fino all'uscita finale

La **Zona quattro**, chiamata anche area di servizio, essendo uno stadio di grande dimensioni, l'area di servizio è annessa dentro l'impianto. È costituita da uno spazio scoperto e risulta libera da ostacoli al deflusso. Tale spazio ha una pendenza minore del 12% in corrispondenza delle uscite dall'impianto. La superficie dell'area di servizio è tale da garantire la richiesta di 2 persone a metro quadrato. La delimitazione dell'area di servizio è distanziata almeno di 12,00 metri dal perimetro dell'impianto e consente agevolmente il deflusso in sicurezza. Questo fa sì che questa zona sia considerata come luogo sicuro in caso di emergenza, più precisamente in caso di un eventuale incendio.

Area di servizio		
Capienza stadio	41507	[persone]
Area richiesta	20754	[m^2]
Area effettiva	25954	[m^2]
Verifica soddisfatta	OK	

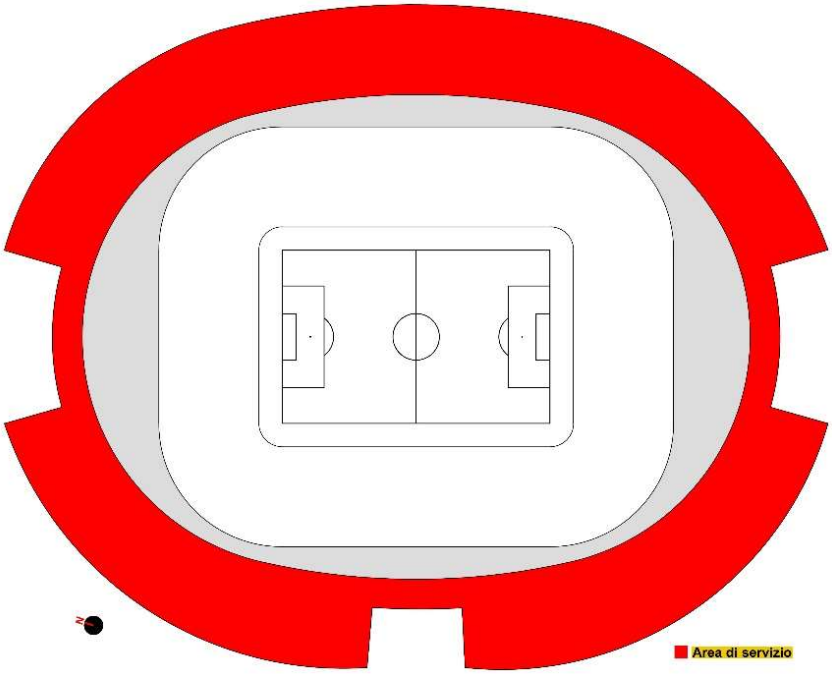


Figura 5. 5. Vista in pianta dell'area di servizio dedicata allo stadio

Zona cinque: questa zona si trova all'esterno dello stadio e fa da zona cuscino. Collega il perimetro del campo sportivo con la zona quattro e viene utilizzata dal pubblico prima dell'ingresso e per i collegamenti ai parcheggi e ai trasporti pubblici. Il pubblico è in grado di circumnavigare il perimetro in questa zona, fino a trovare un punto di accesso appropriato. Questa zona è un luogo progettato alla sicurezza in caso di emergenza.

Poiché la distribuzione dei posti a sedere all'interno dell'impianto sportivo garantisce alle persone una visibilità ottimale del campo, in qualunque posto essi possano sedersi, è stato scelto di analizzare un singolo settore in modo da analizzare più nel dettaglio l'argomento trattato, ed in particolare mi sono soffermato all'analisi del **Primo anello**, **Tribuna Ovest**. In tale tribuna troviamo i seguenti settori: 101, 102, 103, 104, 105, 123, 124, 125, 126 e gli Sky Box dello stesso livello.

Visto che una grossa parte di questo settore dello stadio è gestita solo dalla società Juventus in modo privato, allora le informazioni di tale Tribuna erano limitate. Ma una volta fatta la richiesta alla società Juventus, tramite il personale del Politecnico, questi ultimi sono stati molto gentili e disponibili a mettere a disposizione tutto il materiale necessario, e a questo punto è stato possibile individuare la capienza reale (3'365 posti a sedere) e la disposizione dei posti a sedere. I settori della tribuna Ovest hanno una distribuzione diversa dei posti a sedere rispetto al resto dello stadio, visto che comprende le postazioni dei giornalisti, gli Sky Box, la tribuna dedicata agli ex calciatori, e inoltre anche spazi dedicati al servizio ristoro, allora sembra una scelta saggia e opportuna quella di

prendere in esame questa parte dell'impianto, simulare l'esodo e fare l'analisi del tempo di esodo. Tutti i posti a sedere sono chiaramente individuati e numerati, per far sì che le persone individuino la loro postazione con maggiore semplicità e in minor tempo possibile.

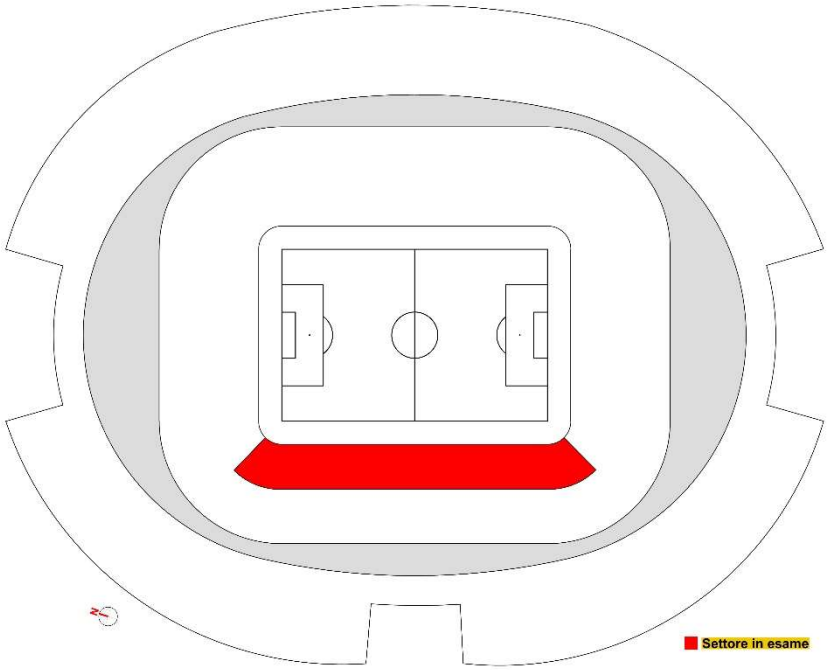


Figura 5. 6. Vista in pianta del primo anello, Tribuna Ovest

5.2. Resistenza strutturale, dei materiali di arredo e impianti

Lo scheletro portante dello stadio è costituito dalle tribune che risultano poste a differenti quote. La tribuna del primo livello è composta da travi prefabbricate in c. a. poggianti su plinti in cemento armato. La tribuna del secondo livello è costituita anch'essa da travi prefabbricate sempre in c. a. poggianti su plinti in cemento amato e pilastri (con appoggio a sella). Per la realizzazione della tribuna del terzo livello è stato utilizzato un altro tipo di strategia. Le travi sono realizzate in carpenteria metallica poggiate sul solaio a quota 18,55 m in corrispondenza dei pilastri a croce in c.a. e i pilastri in carpenteria metallica con sezione circolare. Le gradinate sono realizzate con elementi prefabbricati in cemento armato con differente sezione. Nelle campate a luce maggiore sono stati utilizzati i gradoni a "T", invece nelle campate a luce minore sono stati utilizzati gradoni a "L". Per quanto riguarda i corselli e i pannelli di bordo campo in corrispondenza delle tribune di primo livello sono costituiti da elementi prefabbricati in cemento armato. In corrispondenza della tribuna di secondo livello i setti vomitori risultano in cemento armato gettati in opera. In corrispondenza della tribuna del terzo livello gli elementi sono in cemento armato prefabbricati.

I solai sono in tre quote diverse, quello a quota 15,34 m che è realizzato in lastre prefabbricate; il solaio a quota 18,55 m è realizzato con le lastre prefabbricate multi tubolari precompresse Rap; il solaio a quota 28,77 m è stato realizzato con le lastre tralicciate prefabbricate.

Di seguito è spiegato in modo molto sintetico la struttura e in particolare i livelli dei solai nella zona Ovest. In essa risulta essere posizionato il blocco servizi per i giocatori (spogliatoi), ristornate, salone d'onere ecc. Tale struttura è completamente realizzata in cemento armato ed è costituita da sei diversi ordini di solaio.

Quota -0.50/+0.00 m posto sulle travi di fondazione rettangolari e a “T” rovescio in cemento armato. Quota +3.00/+3.50 m solaio in cobiax di spessore 45 cm e travi rettangolari in spessore di larghezza 1.30 m in direzione trasversale e longitudinale. Quota +7.25 m in cobiax di spessore 52 cm con travi in spessore di larghezza 1.30 m in direzione trasversale e longitudinale. Quota +11.10 m (palchi) in cobiax di spessore 52 cm con travi intradossate di altezza variabile di tipo Vierendel in senso longitudinale e travi intradossate rettangolari in senso trasversale. Quota +14.75 m solaio (palchi) costituito in parte da lastre prefabbricate e getto integrativo e parte in lamiera grecata con getto di completamento. Tale solaio risulta poggiante sul solaio a quota +11 con pilastrini in carpenteria metallica e appeso al solaio di quota +18 con pendini in carpenteria metallica. La zona dei palchi risulta collegato a quota +7.90 grazie all’ausilio di due blocchi scale (Nord e Sud) in cemento armato dotati di ascensore. Solaio quota +18 costituito, come precedentemente illustrato. La porzione di solaio di collegamento con le strutture del “vecchio stadio” è costituita da lastre prefabbricate con getto di completamento. Risulta essere presente un solaio in cemento armato gettato in opera a quota 12.10 che permette il collegamento tra blocco ovest, aree “vecchio stadio” e scale - ascensore Pininfarina.

Protezione strutturale antincendio*:* come già descritto prima, la struttura in esame è stata pensata a resistere agli incendi. Laddove il pericolo incendio è più elevato, la resistenza al fuoco è stata ottenuta mediante la realizzazione delle strutture portanti capaci a resistere a temperature elevate, così da poter garantire l’esodo delle persone. Lo stesso pensiero è stato adottato anche per la divisione dei vari compartimenti, separandoli e isolandoli con i muri e i solai REI. Le principali tipologie delle murature realizzate per la resistenza antincendio sono le seguenti: muratura in blocchi forati di calcestruzzo leggero di argilla espansa, di vari dimensioni, certificati ad essere considerati delle REI 120. I solai sono, a dove si trovano, sia in REI 120 che in REI 90. Nelle passerelle e nei vomitori, il pavimento è stato realizzato in asfalto e in resina epossidica, entrambi materiali antiscivolo. Questi percorsi inoltre hanno anche una pendenza minima per garantire un adeguato drenaggio, rendendo il pavimento meno scivoloso in caso di pioggia.

I materiali di arredo nel caso studio sono di diversi tipi. Volendo specificare uno in particolare sarebbero i seggiolini del modello Mondoseat 9 della Società Mondo S.p.A. realizzato in poliammide stampato ad iniezione in due blocchi separati, seduta e schienale, privi di inserti metallici. I sedili sono forniti in 3 diversi modelli, My Place, My Pleasure e My Point (presi dalle schede tecniche). La reazione al fuoco del sedile Mondoseat 9 (MS9) è di Classe 1 in conformità della normativa vigente.

La parte *impiantistica* che riguarda l’antincendio, è stato realizzato implementando una serie di misure protettive, costituite da attrezzature di cui gli idranti, di due tipi, UNI 45 e UNI 70; l’attacco della motopompa; gli idranti sottosuolo UNI45. Per portare l’acqua fino ai punti desiderati, si sono usati i tubi in acciaio nero al carbonio coibentato con cavo scaldante conforme alla UNI EN 10216 e 12201. Altri elementi da non trascurare negli impianti sono le colonne e le valvole di intercettazione. Tutte le parti dello stadio sono dotati dell’impianto antincendio composto dagli elementi sopraindicati. Per gli ambienti chiusi ci sono sia gli idranti che gli estintori.

5.3. Applicazione delle norme al caso studio: settore Ovest

Per il calcolo del carico d'incendio si fa riferimento al paragrafo 3.3 della stessa tesi. Applicando la formula {1} dello stesso capitolo, si è riuscito a ricavare il valore esatto del carico d'incendio. Come materiali presenti nei compartimenti si sono considerati i seggiolini/sedili presenti nella tribuna Ovest. Quest'ultima è stata suddivisa in varie zone/compartimenti in base alle scale e le uscite, quindi anche percorsi di esodo più vicine. L'*allegato 1* fa riferimento alla suddivisione della tribuna con la relativa superficie e i posti a sedere. Da tali valori dipendono altri fattori importanti per il calcolo del carico d'incendio. Il valore del δ_{q1} dipende in modo diretto dalla superficie lorda della zona in esame.

Superficie lorda del compartimento (m^2)	δ_{q1}	Superficie lorda del compartimento (m^2)	δ_{q1}
A < 500	1,00	2500 ≤ A < 5000	1,60
500 ≤ A < 1000	1,20	5000 ≤ A < 10000	1,80
1000 ≤ A ≤ 2500	1,40	A ≥ 10000	2,00

Tabella 5.1 Parametri per la definizione del fattore δ_{q1}

La scelta del valore del δ_{q2} che dipende dalla classe di rischio dell'attività e della complessità dell'opera, è stata fatta seguendo il ragionamento seguente. Lo stadio di per sé non è un luogo di alto rischio incendio, quindi non è stato considerato come tale. Allora si può considerare di basso o moderato rischio incendio, ma considerando la complessità dell'opera e l'affollamento durante le partite, allora si va a favore di sicurezza e si reputa attività a moderato rischio d'incendio.

Classi di rischio	Descrizione	δ_{q2}
I	Aree che presentano un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	0,80
II	Aree che presentano un moderato rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione di un incendio e possibilità di controllo dell'incendio stesso da parte delle squadre di emergenza	1,00
III	Aree che presentano un alto rischio di incendio in termini di probabilità d'innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza	1,20

Tabella 5.2 Parametri per la definizione del fattore δ_{q2}

Più difficile è la considerazione del valore da attribuire al δ_n, che dipende dalle misure antincendio adottate nel compartimento di riferimento. Visto le misure protettive in dotazione dello stadio, la voce a cui si fa riferimento dalla tabella sarebbe "Operatività antincendio, con soluzione conforme per il livello di prestazione IV" pari al valore di 0,81.

Misura antincendio minima		δ_{ni}	
Controllo dell'incendio con livello di prestazione III	rete idranti con protezione interna	δ_{n1}	0,90
	rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n2}	0,80
Controllo dell'incendio con livello minimo di prestazione IV	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna	δ_{n3}	0,54
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna	δ_{n4}	0,72
	sistema automatico ad acqua o schiuma e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n5}	0,48
	altro sistema automatico e rete idranti con protezione interna ed esterna	δ_{n6}	0,64
Gestione della sicurezza antincendio con livello minimo di prestazione II		δ_{n7}	0,90
Controllo di fumi e calore con livello di prestazione III		δ_{n8}	0,90
Rivelazione ed allarme con livello minimo di prestazione III		δ_{n9}	0,85
Operatività antincendio con soluzione conforme per il livello di prestazione IV		δ_{n10}	0,81

Tabella 5.3. Parametri per la definizione dei fattori δ_{ni}

L'attività prevista nello stadio fa sì che gli occupanti siano in stato di veglia ma vanno considerati come se non avessero familiarità con la struttura. Bisogna dire però che nel caso specifico, la maggior parte dello stadio è occupato da tifosi avente abbonamento annuale e quindi che abbiano familiarità con la struttura, ma nello stesso tempo, essendoci anche tanti tifosi che non hanno l'abbonamento, quindi c'è un "ricambio" di persone ogni evento, allora a favore di sicurezza si considera lo stadio e l'evento come se gli occupanti non avessero familiarità con lo stadio ospitante.

Caratteristiche prevalenti degli occupanti δ_{occ}		Esempi
A	Gli occupanti sono in stato di veglia ed hanno familiarità con l'edificio	Ufficio non aperto al pubblico, scuola, autorimessa privata, attività produttive in genere, depositi, capannoni industriali
B	Gli occupanti sono in stato di veglia e non hanno familiarità con l'edificio	Attività commerciale, autorimessa pubblica, attività espositiva e di pubblico spettacolo, centro congressi, ufficio aperto al pubblico, ristorante, studio medico, ambulatorio medico, centro sportivo
C Ci Cii Ciii	Gli occupanti possono essere addormentati: • in attività individuale di lunga durata • in attività gestita di lunga durata • in attività gestita di breve durata	
		Civile abitazione
		Dormitorio, residence, studentato, residenza per persone autosufficienti
		Albergo, rifugio alpino
D	Gli occupanti ricevono cure mediche	Degenza ospedaliera, terapia intensiva, sala operatoria, residenza per persone non autosufficienti e con assistenza sanitaria
E	Occupanti in transito	Stazione ferroviaria, aeroporto, stazione metropolitana

Tabella 5.4 Caratteristiche prevalenti degli occupanti

Il valore nominale del carico d'incendio specifico è stato determinato applicando la formula {1} del *Capitolo 3*. Le masse dei sedili sono state ricavate consultando le schede tecniche a disposizione, tenendo presente i materiali che compongono ciascuna parte, (lo schienale, il sedile e le fiancate) e per ciascuno si considera il potere calorifico corrispondente. Il potere calorifico totale, essendo composto da materiali diversi si è trovato moltiplicando per la massa di ciascuna parte il suo potere calorifico specifico. Nel caso dell'Allianz Stadium, i due materiali che compongono i sedili sono il polietilene e il poliuretano espanso ignifugo dove per ogni parte cambia sia la densità del materiale che gli spessori per garantire un

maggior comfort ergonomico. Sotto è riportata la tabella con tutti i dati necessari per il calcolo del carico specifico di progetto $\mathbf{q_{f,d}}$.

Tribuna Ovest												
Zona considerata	[posti a sedere]	A [m^2]	δ_{q1} [-]	δ_{q2} [-]	δ_{qn-3} [-]	g_i [kg]	H_i [MJ/kg]	m_i [-]	ψ_i [-]	q_f [MJ/m^2]	$q_{f,d}$ [MJ/m^2]	Classe [REI]
Stt_101_c	420	150,00	1			1545,52	95,67			985,78	798,48	60
Stt_101_d	176	65,35	1			647,64	95,67			948,18	768,02	60
Stt_101_s	176	65,35	1			647,64	95,67			948,18	768,02	60
Stt_102	374	153,00	1			1376,25	95,67			860,60	697,09	60
Stt_103	274	111,60	1			1008,27	95,67			864,39	700,15	60
Stt_104	274	111,60	1	1	0,81	1008,27	95,67	1	1	864,39	700,15	60
Stt_105	454	204,00	1			1670,63	95,67			783,52	634,65	60
Stt_123	467	204,00	1			1718,47	95,67			805,95	652,82	60
Stt_124	274	111,60	1			1008,27	95,67			864,39	700,15	60
Stt_125	274	111,60	1			1008,27	95,67			864,39	700,15	60
Stt_126	374	153,00	1			1376,25	95,67			860,60	697,09	60

Tabella 5.5. Calcolo carico d'incendio e la Classe di corrispondenza

Dalla tabella si vede che ogni zona ha diverse caratteristiche. Queste dipendono dalla superficie della zona, gli elementi costituenti tale zona, quindi i tipi dei materiali usati come arredo (nel caso studio i seggiolini) e le misure antincendio adottate. Alla fine, una volta trovato il carico d'incendio di progetto, questo corrisponderà ad una classe di resistenza strutturale in termini di incendio, cioè la REI.

Calcolo della capacità di sicurezza: la tribuna Ovest dello stadio ha diverse entrate/uscite, per far in modo che il riempimento dei settori sia fatto in minor tempo possibile, e se necessario, in caso di emergenza lo stesso sia esodato in minor tempo possibile, che si dovrebbe aggirare tra due minuti e mezzo e massimo di otto minuti. In seguito verranno elencate tutte le uscite con le larghezze corrispettive, e in *allegato 4* sono visibili anche dove sarebbero posizionate in riferimento allo stadio.

Uscite	
N° uscita	**Larghezza [m]**
U_1	9,90
U_2	9,90

Tabella 5.6. Le uscite e le larghezze corrispondenti

Per consentire agli spettatori una più facile circolazione, ma soprattutto maggiore libertà di movimento in caso di emergenza, oltre le larghezze delle uscite finali, si tengono conto anche un'altra serie di requisiti che devono soddisfare le richieste di una buona progettazione di uno stadio di qualità. I vomitori, le passerelle, le scale, le rampe e le vie d'esodo devono soddisfare queste richieste. La larghezza minima delle scale è di 1,20 metri. Nelle tabelle seguenti sono elencati tutti i dati di questi elementi.

Larghezze vomitori	
Vomitorio	**L [m]**
V_1	3,20
V_3	3,20
V_5	3,00
V_7	3,00
V_9	1,20
V_0.A	1,20
V_0.B	1,20
V_49	1,20
V_51	3,00
V_53	3,00
V_55	3,20
V_57	3,20

Tabella 5.7. I vomitori e le larghezze corrispettive

Le vie d'esodo sono divise in tre tipi di percorsi diversi: scale, vie orizzontali e rampe, dove ciascuna ha il proprio codice di riferimento. Questo perché, i percorsi hanno caratteristiche diverse una con l'altra, e la velocità di movimentazione cambia a dove le persone stanno percorrendo.

Scale di uscita d'esodo		
Scale	**Larghezza [m]**	**Lunghezza [m]**
E_S_1	1,50	13,20
E_S_3	1,50	13,20
E_S_5	1,20	12,40
E_S_7	1,20	12,40
E_S_9	1,20	13,20
E_S_0.A	1,20	18,00
E_S_0.B	1,20	18,00
E_S_49	1,20	13,20
E_S_51	1,20	12,40
E_S_53	1,20	12,40
E_S_55	1,50	13,20
E_S_57	1,50	13,20

Tabella 5.8. Le scale e le dimensioni corrispettive

Nella tabella sottostante sono riportati tutti i dati riguardanti le larghezze corrispettive dei percorsi di esodo, le loro lunghezze misurate dal vomitorio corrispondente fino all'uscita più vicina, e il numero degli spettatori passanti per tali vie.

Dati percorso di uscita			
Orizzontale	**Larghezza [m]**	**Lunghezza [m]**	**Spettatori**
E_Or_0.A	3,00	138,10	210
E_Or_0.B	3,00	138,10	210
E_Or_1	3,20	106,20	336
E_Or_3	3,20	103,80	336
E_Or_5	3,20	120,30	264
E_Or_7	3,20	120,30	377
E_Or_9	2,00	115,60	234
E_Or_SB_105_1	2,40	136,02	10
E_Or_SB_105_2	2,40	131,63	20
E_Or_SB_105_3	2,40	123,88	20
E_Or_SB_105_4	2,40	116,65	20
E_Or_SB_104	2,40	108,71	20
E_Or_SB_103	2,40	96,57	20
E_Or_SB_102	2,40	93,38	34
E_Or_49	2,00	115,60	234
E_Or_51	3,20	120,30	377
E_Or_53	3,20	120,30	264
E_Or_55	3,20	103,80	336
E_Or_57	3,20	106,20	336
E_Or_SB_123_1	2,40	136,02	10
E_Or_SB_123_2	2,40	131,63	20
E_Or_SB_123_3	2,40	123,88	20
E_Or_SB_123_4	2,40	116,65	20
E_Or_SB_124	2,40	108,71	20
E_Or_SB_125	2,40	96,57	20
E_Or_SB_126	2,40	93,38	34
E_Or_NO_1	4,83	-	985
E_Or_NO_2	4,97	-	706
E_Or_NO_3	4,23	-	916
E_Or_SO_1	4,83	-	985
E_Or_SO_2	7,97	-	706
E_Or_SO_3	4,23	-	916
E_Or_C_AB	6,00	-	420

Tabella 5.9. Dimensioni delle vie d'esodo

6. ANALISI DEI PROGRAMMI (SOFTWARE)

MassMotion

Pathfinder

Dopo un consulto con vari esperti del settore, è stato deciso di analizzare due software diversi per fare la simulazione. Il primo software si chiama **Oasys - MassMotion**, della Arup. Il secondo invece è **Pathfinder** della casa Thunderhead Engineering. Tutti e due i programmi mettono a disposizione una licenza temporanea e inoltre sono abilitati dall'organo riguardante il controllo e la certificazione dei programmi riferiti alle simulazioni di esodo, ovvero il NIST – National Insititute of Standards and Technology.

6.1. Scelta del software di simulazione e interoperabilità con il software di modellazione

Sono stati analizzati numerosi fattori che influiscono sulla scelta finale in merito al software da impiegare per lo svolgimento delle simulazioni. Aspetti fondamentali sono il supporto dei formati IFC, quindi la compatibilità con software BIM. Nella tabella sottostante sono riportati i vantaggi e le funzionalità menzionate sopra. La fornitura da parte di MassMotion della licenza studenti, ha facilitato la scelta tra i due software. Si è andati quindi a fare la simulazione con il programma che soddisfa tutte le richieste ritenute indispensabili, **MassMotion**.

	Supporto formato FBX	Supporto formato IFC	Guide	Video tutorial	Licenza studenti
MassMotion	Si	Si	Si	Si	Si
Pathfinder	Si	No	Si	Si	No

Tabella 6.1. Confronto parametri software

Facendo riferimento alla tabella sopra, si vede che due aspetti considerati fondamentali come la fornitura della licenza studenti e il supporto del formato *Industry Foundation Class (IFC-*, non sono sodisfatti dal software **Pathfinder**.

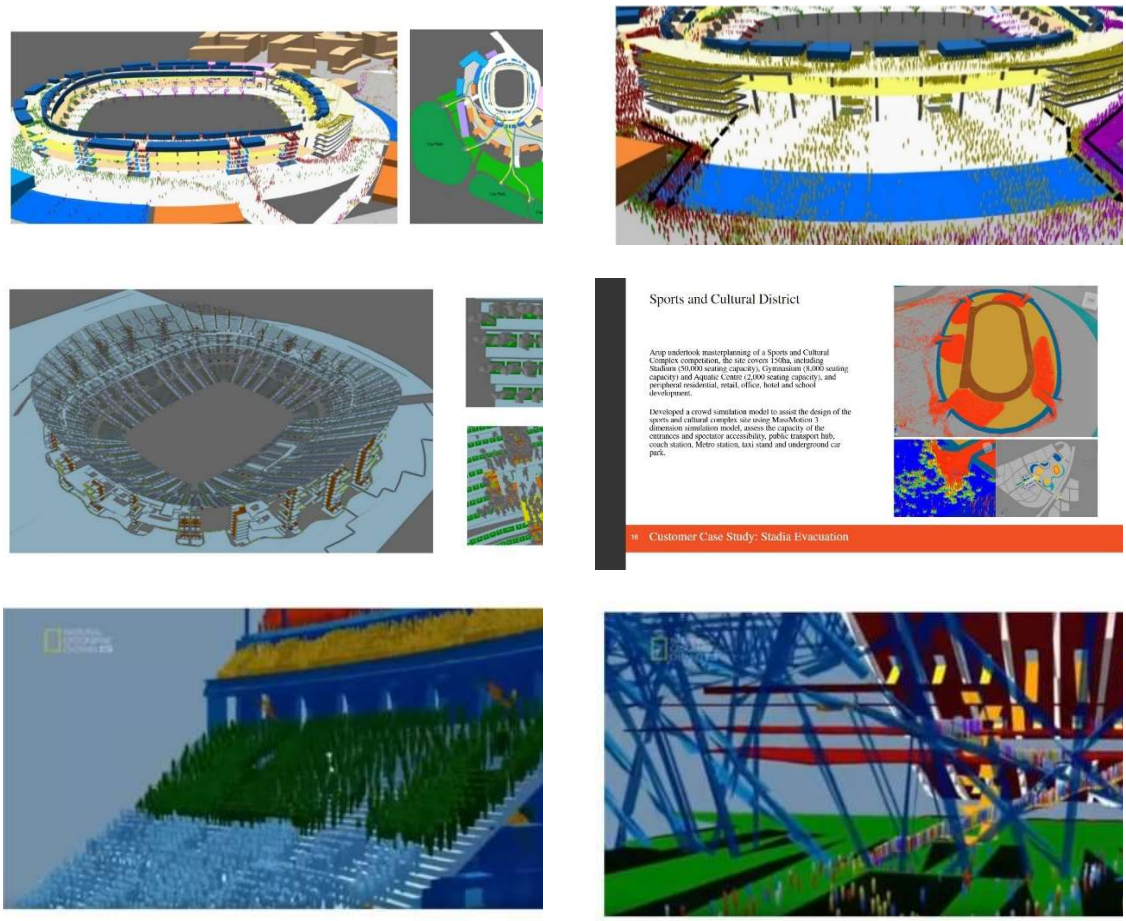
Una parte della tesi è stata fatta, per quanto riguarda l'interoperabilità dei programmi e la metodologia BIM, mediante la collaborazione con Ing. Del Giudice e Ing. Barbero, del laboratorio di ricerca del Politecnico di Torino, *Drawing to the Future*, realizzati con il software Autodesk Revit 2017, con finalità di Facility Management. La realizzazione di tali modelli rientra all'interno di un progetto di dottorato del Politecnico di Torino in collaborazione con la società Juventus: a tal fine tutte le informazioni relative a tale progetto e contenute all'interno del presente elaborato, risultano riservate. Al fine di perseguire correttamente la metodologia BIM, dal momento che il formato nativo di Autodesk Revit non risulta compatibile con MassMotion, è stato utilizzato il formato open dell'IFC. Questo consente di mantenere tutte le caratteristiche di ciascun materiale, non solo geometriche, fisiche e spaziale ma anche di cosa è composto il materiale, così da facilitare il lavoro dopo l'importazione nel programma relativo alla simulazione.

Dopo tale scelta, si è cercato di capire meglio lo stato dell'arte del programma andando a vedere i vari casi studi. Il seguente software (MassMotion) è stato utilizzato per fare le simulazioni di movimentazione di massa e di esodo in emergenza in diversi tipi di opere come:

- aeroporti, ovvero il Terminale 5 del JFK a New York e il nuovo aeroporto di Pechino;
- le stazioni dei treni a Toronto e a Liverpool;

- la simulazione pedonale della Mecca, essendo un posto di culto per i musulmani e soggetto ad un pellegrinaggio in massa da parte delle persone;
- gli stadi in Europa, in Asia, e di specifico il Bird's Nest di Pechino, dove sono stati svolti i giochi olimpici;
- simulazione d'esodo del Colosseo, come si comporterebbero le persone se fosse stato ancora tutto integro;
- centri commerciali di grandi dimensioni.

Per motivi di privacy, non tutte le opere menzionate sopra, soprattutto gli stadi, fanno vedere tali simulazioni. Nelle immagini sottostanti si possono osservare alcuni esempi di simulazioni condotte mediante tale software.



Esempi di simulazioni condotte mediante MassMotion

[1]

Come riferimenti bibliografici per quanto riguarda l'utilizzo del programma, sono state prese in considerazione una pubblicazione sul portale *Research Gate* del titolo "*Sensitivity analysis for the evacuation modelling of road tunnels using MassMotion*" " [2]". Questo studio si propone di evidenziare il vantaggio di eseguire simulazioni di evacuazione attraverso un'analisi dei parametri di input di base con MassMotion. Considerando l'assenza di caratteristiche omogenee degli occupanti, tale simulazione permette di fornire una stima plausibile del tempo di uscita in sicurezza richiesto (RSET). E' un problema molto complicato perché risultano presenti un gran

numero di incertezze che occorre tenere in considerazione durante lo svolgimento della simulazione.

Un altro riferimento è anche una tesi di laurea magistrale fatta all'Università di Lund, in Svezia titolato [3]"MassMotion Evacuation Model Validation".. Lo scopo della tesi era quello di convalidare un insieme di funzionalità di MassMotion. MassMotion è un modello di evacuazione in grado di simulare il movimento pedonale. In questa tesi sono stati proposti tre test per esaminare diverse funzionalità che sono: comportamento pedonali finalizzato alla stima del tempo complessivo di arrivo delle persone durante l'esodo, le portate e la densità, i tempi di pre-evacuazione prodotti da MassMotion e la rappresentazione del comportamento dei pedoni in un esperimento in un teatro, e l'analisi dei rapporti di fusione delle scale in cui due flussi di pedoni si incontrano in un determinato luogo.

Prima di procedere con lo studio nel dettaglio delle modalità di funzionamento del software e dello svolgimento delle relative simulazioni, è stato affrontato l'importante aspetto dell'interoperabilità con il software di modellazione. Il modello BIM rappresenta infatti la banca dati geometrica e alfanumerica costituente la base per la definizione degli ambienti necessari allo svolgimento della simulazione. Il principale aspetto da risolvere ha riguardato la scelta di impiego del modello federato o dei singoli modelli costituenti le parti dello stadio utilizzate per lo svolgimento delle simulazioni ossia: il Livello 3, una porzione del Livello 4 e il Catino.

Il modello federato

Tutte le informazioni sono raccolte in modelli interconnessi tra loro (modelli federati) da cui vengono "richiamate" a seconda delle necessità. Gli oggetti hanno informazioni e quantità (dati). Il Database è "parametrico", si può interrogare, può essere letto da più software.

Federazione di dati

Il collegamento tra file è un esempio di federazione dei dati: i dati di un modello BIM sono collegati ai dati di un altro modello BIM. I file non sono né importati né esportati ma i soggetti che consultano il modello BIM possono leggere e calcolare i dati caricati nel file collegato.

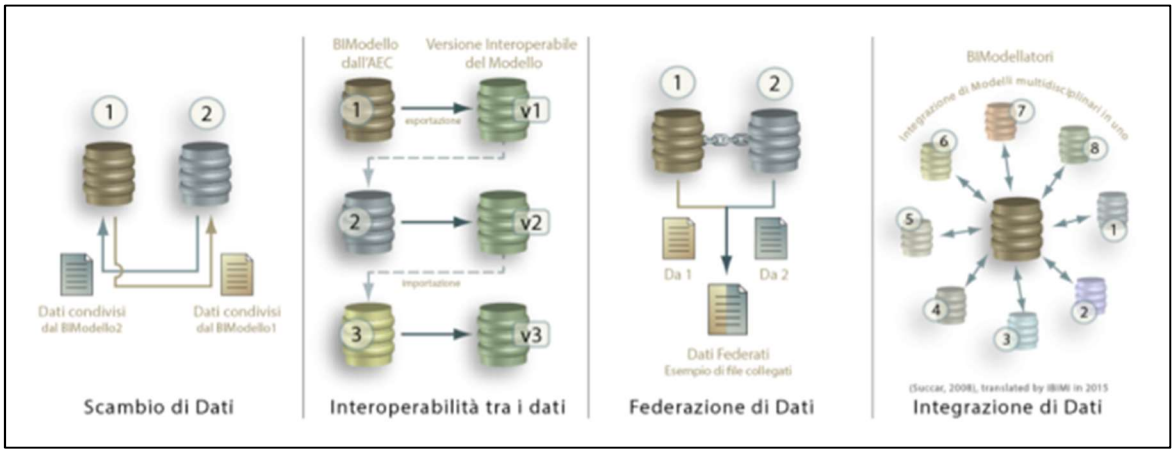
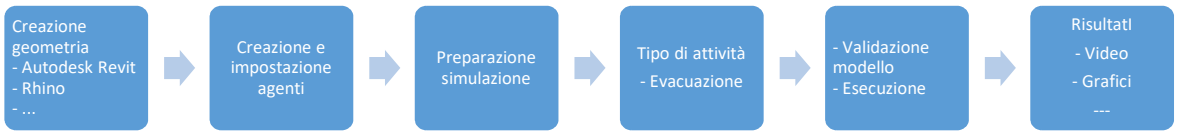


Figura 6. 1. Federazione dati, introduzione [4]

MassMotion come software di simulazione

Nel diagramma seguente si è cercato di sintetizzare il processo di passaggio da Autodesk Revit a MassMotion, fino alla simulazione finale:



MassMotion (MM) supporta diverse geometrie create con altri software (Autodesk Revit, Rhino, …), una volta che questi sono convertiti in formato IFC o FBX, più comodi ad usare per una modellazione 3D che lo stesso MassMotion. Lo stesso software però, non è abilitato ad importare il modello 3D creato con Autodesk Revit. Per garantire l'interoperabilità tra i due programmi, una volta che si ha la geometria, è utile convertire lo stesso file in formato **IFC** oppure **FBX,** che come visto nella *Tabella 6.1*, MassMotion è in grado di importarli.

Il vantaggio di *.ifc* rispetto a *.fbx* è che oltre la geometria, riesce a conservare **altri parametri** utili alla classificazione degli oggetti all'interno di MassMotion, come per esempio la tipologia dell'elemento muro, porta, scala, e convertirli in automatico rispettivamente in barriera, link, stair, elementi necessari e indispensabili per il funzionamento di MassMotion.

Di conseguenza sono stati fatti dei test con elementi semplici per validare tale procedimento, e per evidenziare i vantaggi e svantaggi della metodologia applicata e anche per tenere sotto controllo la risposta del software di simulazione, con particolare riferimento alla strutturazione adottata per il progetto BIM dello stadio, ossia la scelta tra l'utilizzo di un modello federato o un modello unico.

Come leggere le tabelle seguenti:

<u>I modelli creati sono</u>: Architettonico (Arch), Strutturale (Str) e Impiantistica (Mep).
<u>File di conversione</u>: i formati in cui si è cercato di convertire i modelli creati esito positivo, *Si*; esito negativo, *No*.
<u>Esito conversione</u>: S*i*, se la conversione è avvenuta con successo; altrimenti *No.*
<u>Geometria</u>: se il processo di esportazione da Autodesk Revit fino all'importazione del modello in MassMotion ha avuto esito positivo, *Si*, altrimenti *No*.
<u>Altri parametri</u>: questa voce nella tabella fa riferimento alle caratteristiche degli elementi di tipo muro, porta, scala, pavimenti, pianerottoli. Se l'esito di conversione è *Si*, allora MassMotion riesce a leggere e convertire tali elementi con più facilità.

Test 1

Tale test è stato condotto su un modello di esempio semplificato, al fine di gestire con maggior consapevolezza il processo di interoperabilità tra i software.

Modello	Metodologia	File di conversione	Esito conversione	Geometria	Altri parametri
Arch	Modello unico	IFC	Si	Si	Si
		FBX	Si	Si	No
Str	Modello unico	IFC	Si	Si	Si
		FBX	Si	Si	No
Mep	Modello unico	IFC	Si	Si	Si
		FBX	Si	Si	No

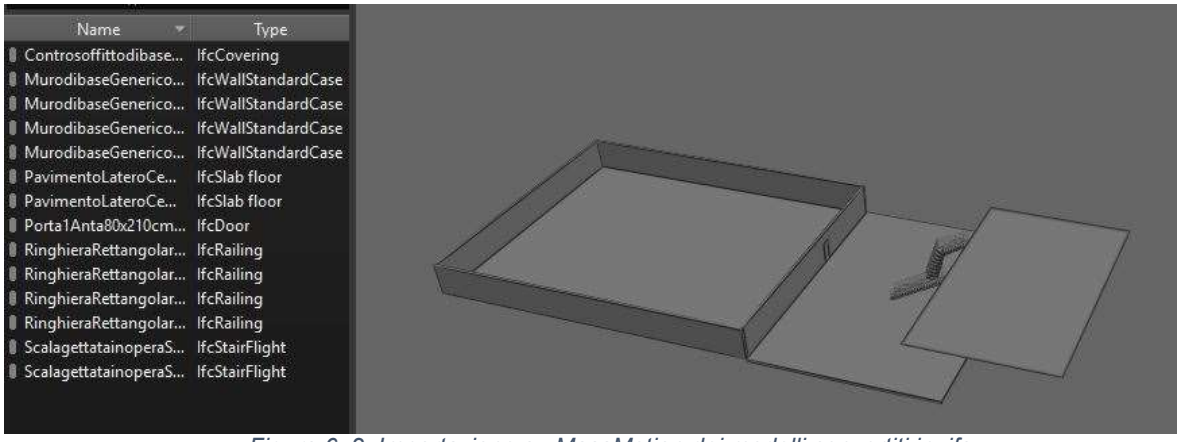


Figura 6. 2. Importazione su MassMotion dei modelli convertiti in .ifc

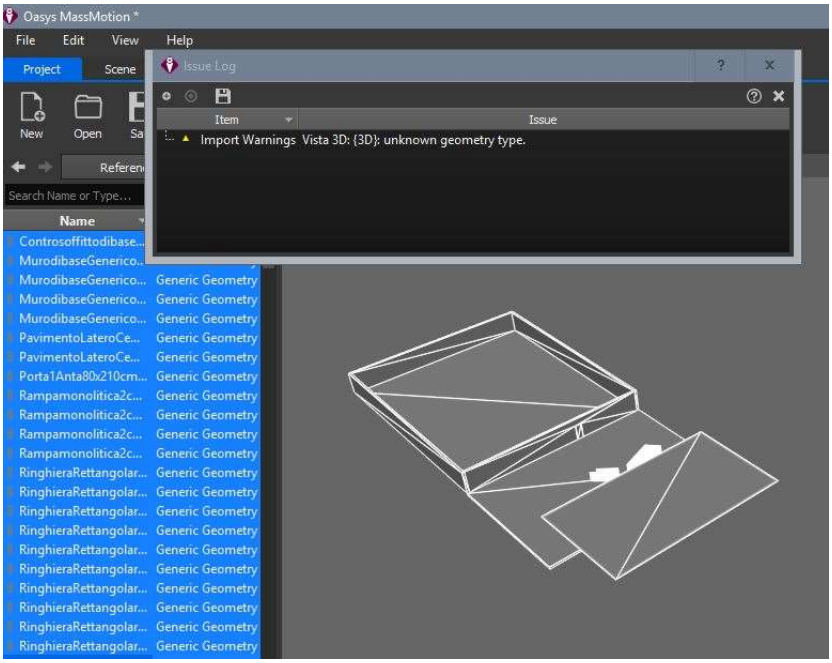


Figura 6. 3. Importazione su MassMotion dei modelli convertiti in .fbx

Dalle immagini si vede che MassMotion, quando importa una geometria prima convertita in *.ifc*, riesce ad individuare la categoria a cui appartengono gli elementi, p.e. *IfcWallStandardCase, IfcSlabFloor, IfcStairFlight, IfcDoor*. Quando deve importare una geometria prima convertita in .fbx, compare l'avviso del **non**

riconoscimento della geometria, non spaziale, ma le categorie a cui fanno parte gli elementi, come si vede evidenziato in blu, “Generic Geometry”. Questo aspetto comporta inoltre la perdita di informazioni utili allo svolgimento delle simulazioni d'esodo, quali:

- non riconoscimento della porta, mancanza di collegamento tra due pavimenti con i **link**;
- non conservazione della geometria della scala.

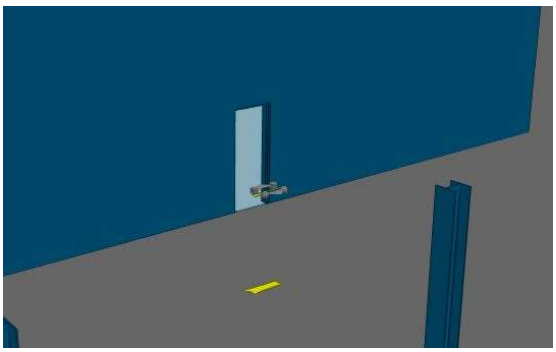


Figura 6. 4.Problemi relativi alla conversione della porta in link

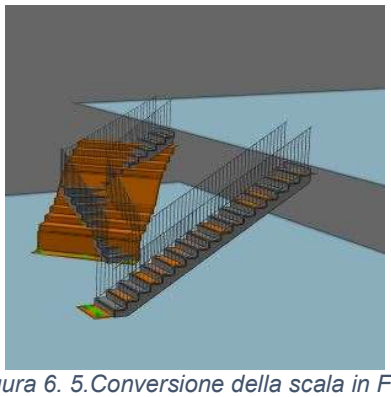


Figura 6. 5.Conversione della scala in FBX

Per quanto riguarda l’importazione della geometria in formato *.IFC* su MassMotion, come detto prima, il programma riesce ad individuare le proprietà degli elementi e le converte in automatico in elementi MassMotion. Tra tutti gli elementi convertiti fanno eccezione i pavimenti. Sono riconosciuti come categoria *Floor*, ma la loro conversione non avviene in automatico e in automatico: occorre quindi selezionarli e convertirli manualmente. Altro problema legato all’importazione della geometria è la compatibilità delle scale a L con gli elementi di MassMotion. Il problema si risolve creando manualmente la scala direttamente su MassMotion.

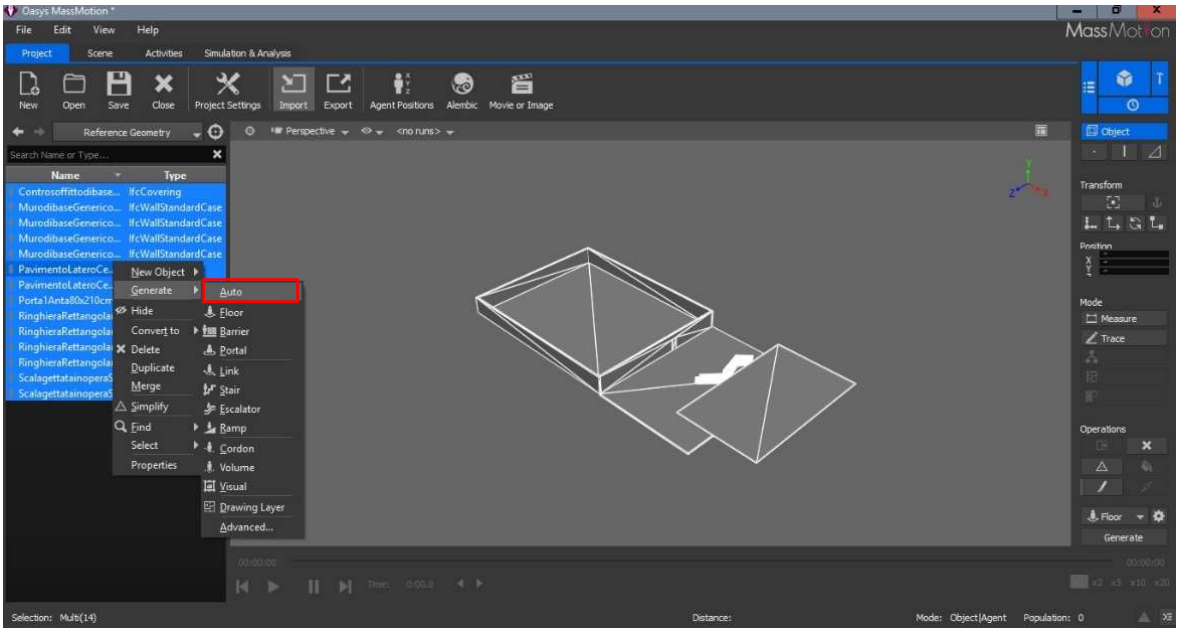


Figura 6. 6. Comando Auto per la generazione degli elementi.

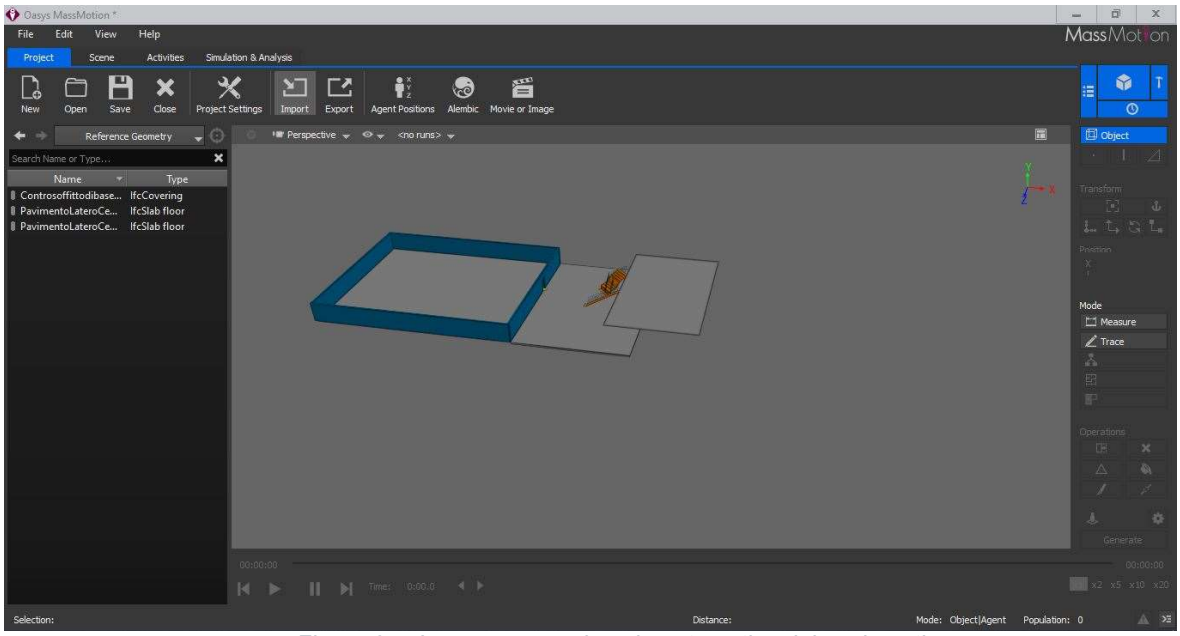


Figura 6. 7.La non conversione in automatico dei pavimenti

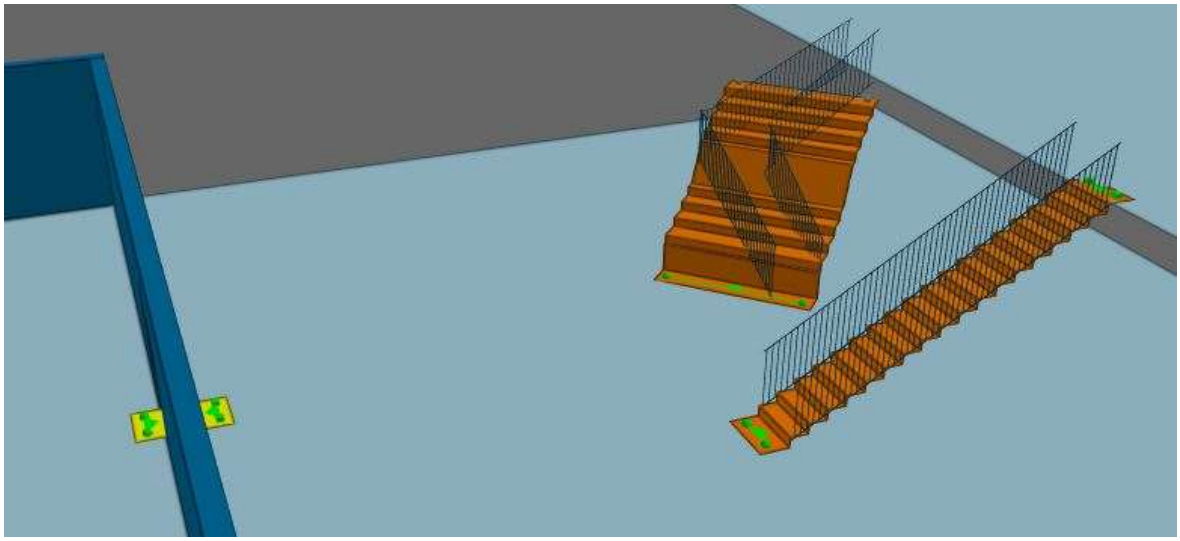


Figura 6. 8. Importazione di un file IFC su MassMotion contenente gli elementi scale, porte, pavimenti, muri

Test 2

Modello	Metodologia	File di conversione	Esito conversione	Geometria	Altri dati
Arch	Modello Federato BIM (rvt)	*IFC*	No	-	-
Str					
Mep		*FBX*	Si	Si	No

Qui sotto è riportato un'immagine con le criticità dovute alla conversione del Modello Federato in **FBX**.

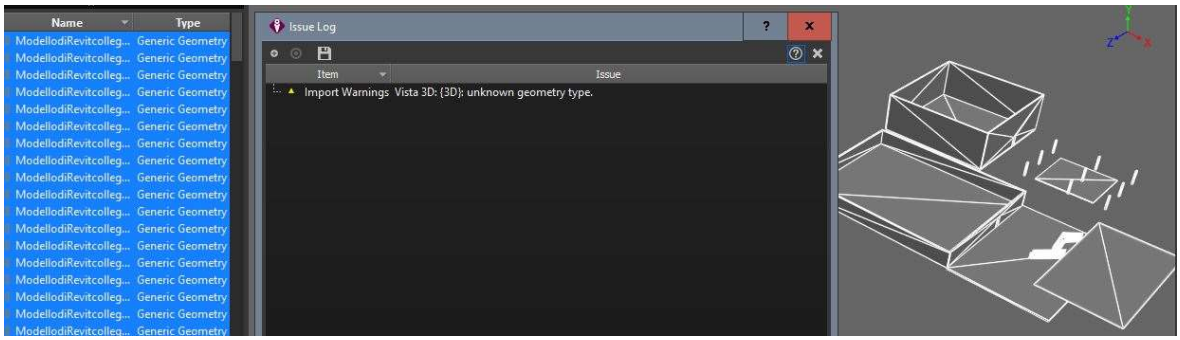


Figura 6. 9. Importazione su MassMotion del formato FBX del modello federato con il seguente errore "Generic Geometry"

Non è stato possibile esportare il formato *.IFC* del *modello federato* dei modelli creati apposta per fare i test. Il file di conversione risulta **vuoto**.

È stato invece possibile la conversione del *modello federato* in *.fbx*. Ciò però ha comportato gli stessi problemi riscontrati e visti precedentemente, quindi avviene in maniera corretta il riconoscimento della geometria ma comporta la **perdita di altri dati** importanti. Di conseguenza la scelta di utilizzare il formato **.ifc**, comporta la non utilizzazione del **Modello Federato** fatto su **Autodesk Revit**, ma l'importazione uno ad uno dei modelli .**rvt** (modello di progetto del programma Autodesk Revit).

Test 3

Modello	Metodologia	File di conv.	Esito conv.	Geometria	Altri dati	Unione su MassMotion
Arch	Modello unico	IFC	Si	Si	Si	Si
Str	Modello unico	IFC	Si	Si	Si	
Mep	Modello unico	IFC	Si	Si	Si	

Unione su MassMotion: nella tabella, questa voce specifica che le coordinate impostate e condivise tra i modelli su Autodesk Revit sono stati conservati dopo l'esportazione del file in formato *IFC* e importati successivamente su MassMotion, permettendo automaticamente l'allineamento spaziale dei modelli.

Per il Test 3, dopo che tutti i file sono stati convertiti in *IFC* singolarmente, è stata effettuata l'unione dei singoli modelli, importati separatamente, direttamente in MassMotion ottenendo un unico modello nel software di modellazione. I risultati risultano soddisfacenti dal momento che, una volta uniti, hanno mantenuto anche la geometria spaziale, la collocazione spaziale e le proprietà dei singoli elementi, oltre le proprietà degli elementi.

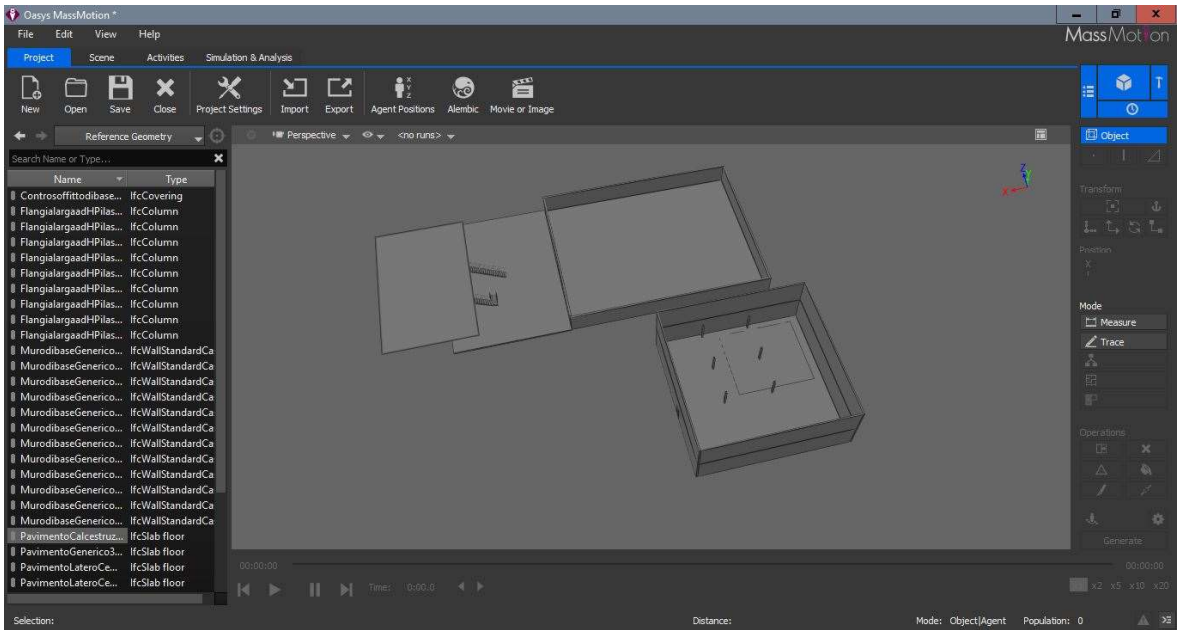


Figura 6. 10. Unione geometrie su MassMotion, conservazione delle coordinate nello spazio

<u>Conclusione dei Test 1, 2 e 3:</u> visti i risultati ottenuti, è stata adottata la soluzione che comporta la minor perdita di dati e la definizione della metodologia operativa più idonea alle finalità del presente elaborato, sulla base dei test di interoperabilità tra i software.

<u>Test 4</u>

Partendo da questi test svolti, in base alle considerazioni fatte a valle dei confronti precedenti, allora per il caso studio si tiene presente che l'esportazione del modello BIM fatto su Autodesk Revit deve essere in formato .ifc.

Il *Livello 3* è stato esportato in *IFC*, importato successivamente all'interno di MassMotion. Vengono di seguito riportati le immagini del *Livello 3* su Autodesk Revit, e il risultato conseguito al termine della sua importazione su MassMotion.

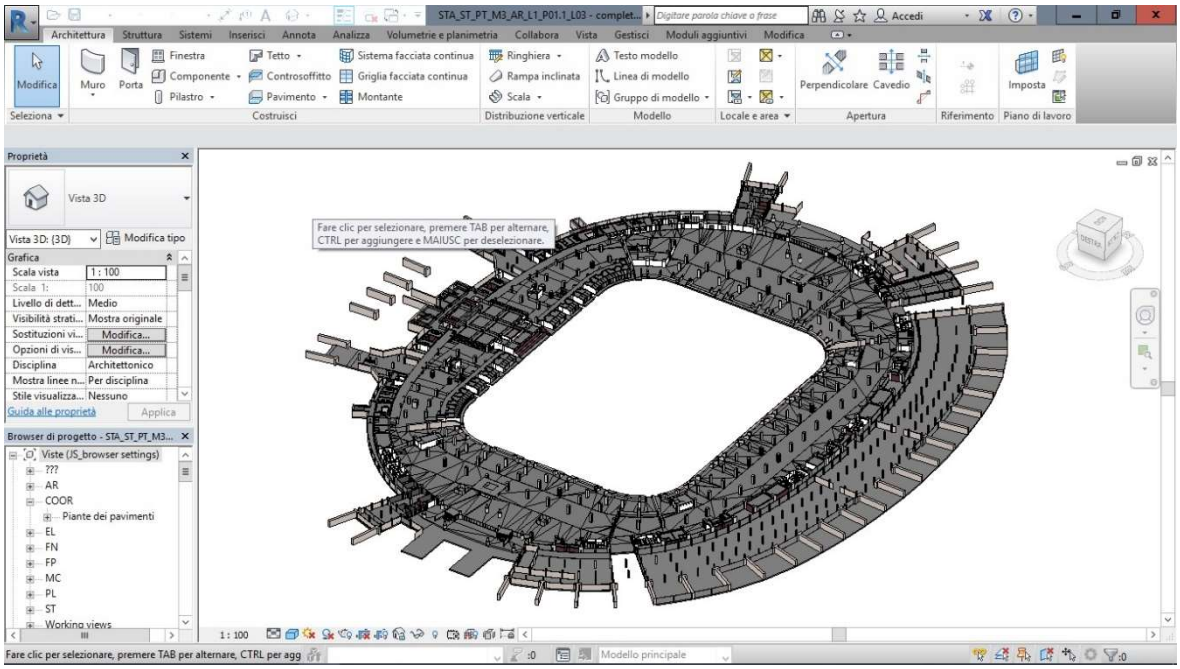


Figura 6. 11. Vista del Livello 3 su Autodesk Revit

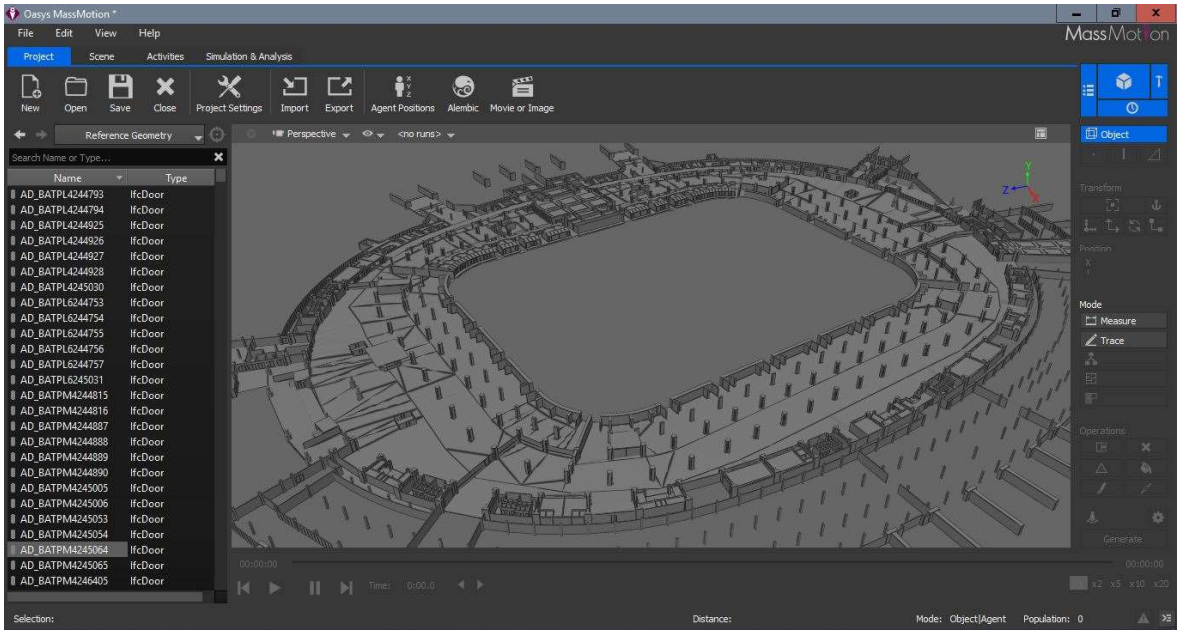


Figura 6. 12. Vista del Livello 3 dopo l'importazione su MassMotion

Dal momento che l'analisi condotta all'interno del presente elaborato riguarda solamente la porzione della Tribuna Ovest dello stadio. A tal fine è stata effettuata la semplificazione geometrica all'interno di Atuodesk Revit, procedendo nuovamente all'esportazione in .ifc. Dai test condotti è stato riscontrato che il formato maggiormente compatibile con MassMotion risulta quello chiamato "Ifc 2x2 Singapore BCA e e-Plan check". Gli altri formati non riescono a mantenere tutti gli elementi una volta importati su MassMotion. Nelle immagini sottostanti vengono illustrati tutti i passaggi operativi inerenti quest'ultima attività.

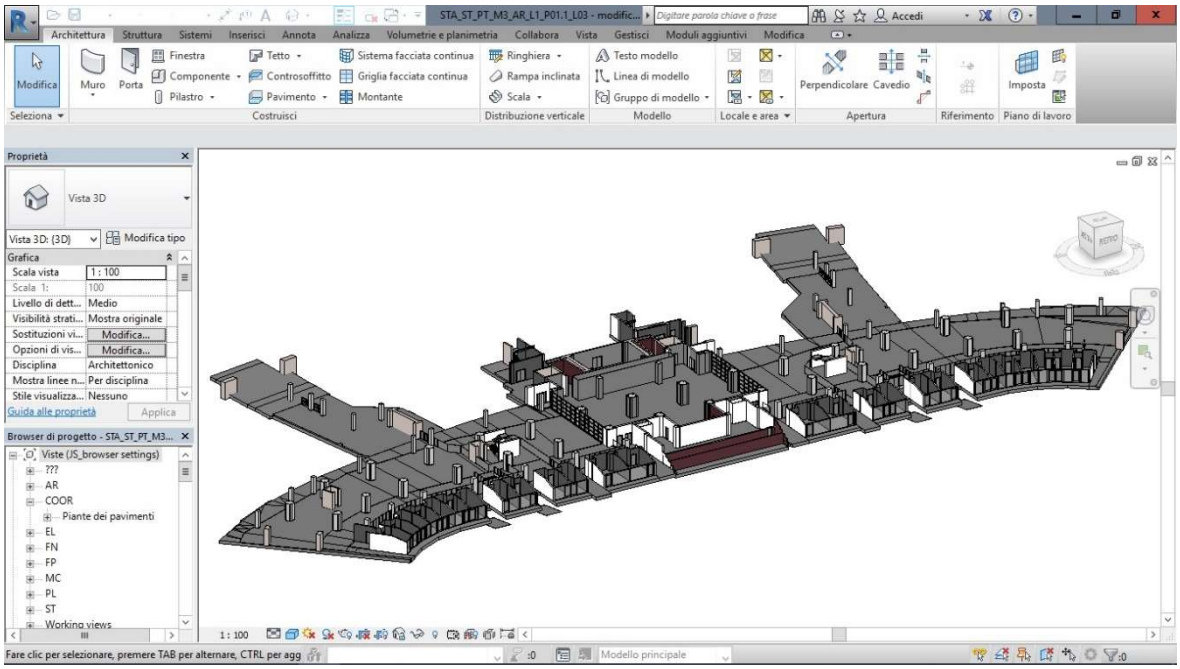


Figura 6. 13. La semplificazione del Livello 3, effettuata in Autodesk Revit

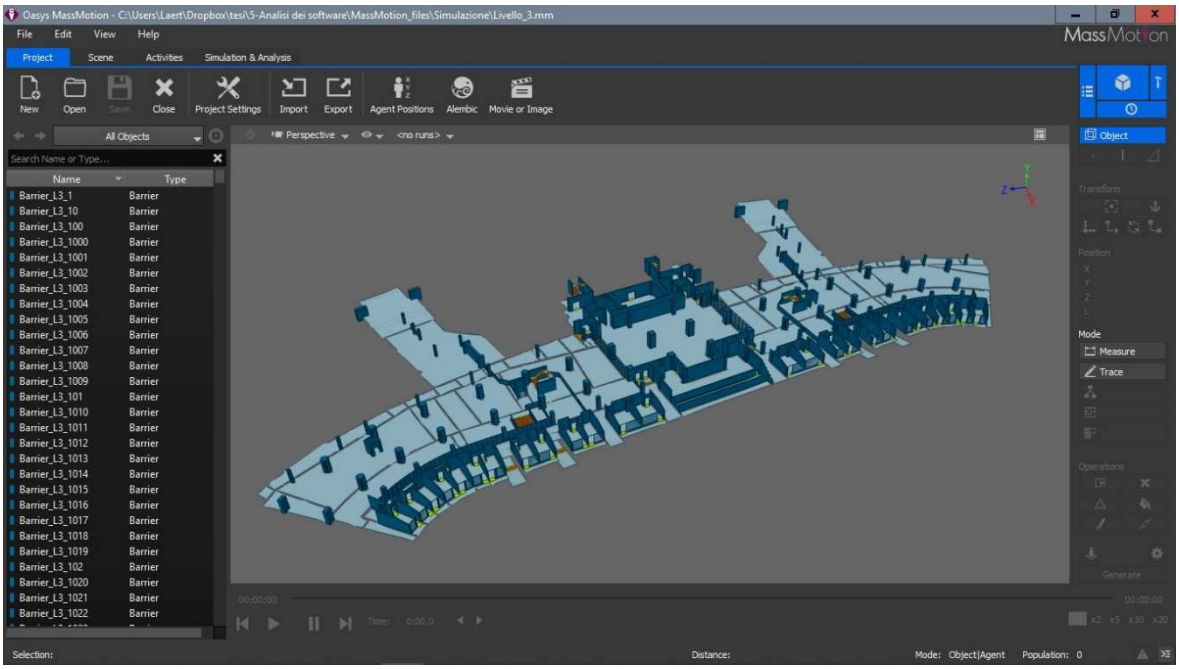


Figura 6. 14. L'importazione del Livello 3 su MassMotion dopo la conversione di ogni elemento costruttivo

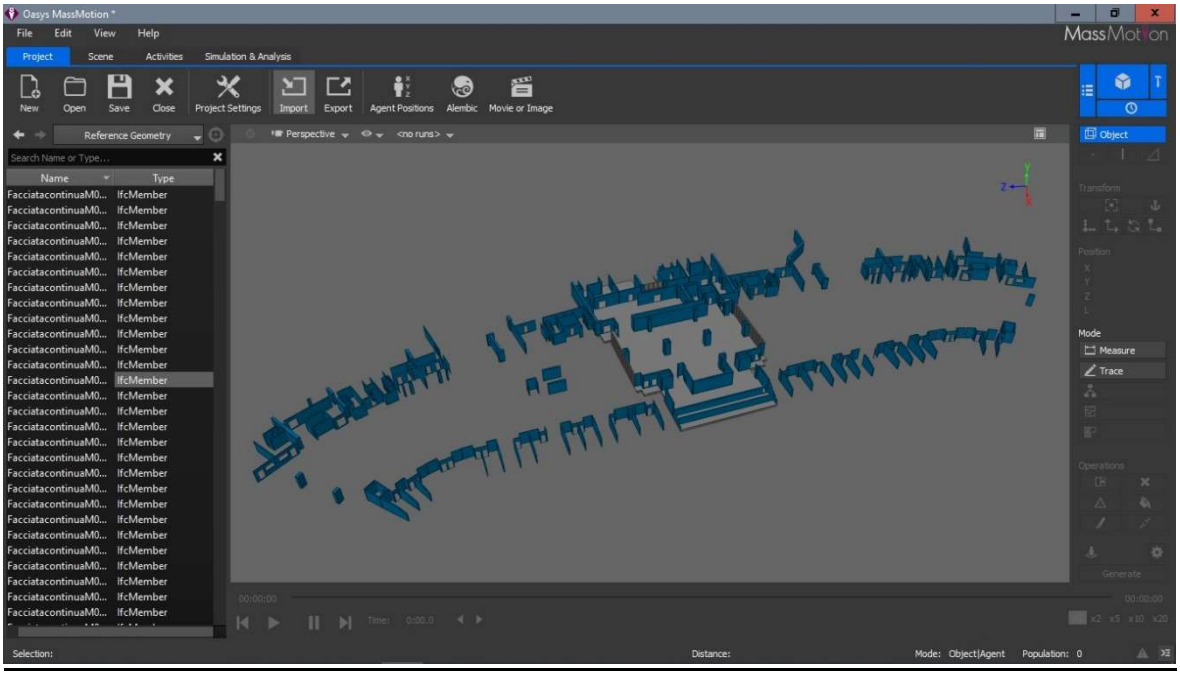


Figura 6. 15. Errori durante la conversione del Livello 3, legato al non riconoscimento dei pavimenti

Test 5

Tale test ha interessato l'esportazione del modello Catino in .ifc. A differenza di quanto accaduto per i modelli precedenti, in tal caso tale esportazione ha generato delle problematiche legate alle modalità con cui erano state create le geometrie contenute in tale modello. Le geometrie 3D del catino sono state realizzate con Dynamo (plugin di Autodesk Revit che rappresenta un Visual Programming Process Tool), per affrontare la sua particolare configurazione geometrica. Tale scelta, condotta in un momento antecedente, si è rivelata una criticità rispetto alla conversazione nel formato .ifc, finalizzata all'importazione su MassMotin.

Test 6

Per risolvere il problema del catino è stata testata anche la conversione del file in formato **FBX**. La conversione è avvenuta con successo. L'importazione ha comportato comunque le seguenti criticità simili a quelle riscontrate nei test precedenti condotti sugli altri file:

- riconoscimento della geometria come un elemento unico. Le gradinate risultano un unico oggetto pavimento per MassMotion e ciò fa sì che gli agenti (nello software rappresentano le persone) lo lo utilizzino come scala e non come via esodo orizzontale prima dell'intercettazione degli effettivi elementi scala che risultano presenti all'interno del Catino;
- essendo il pavimento un elemento unico, le scale come elemento MassMotion non possono essere funzionali, quindi di conseguenza i cubi e le sfere, insieme alla freccia che li connette non diventano verdi.

Di seguito sono riportate le immagini con i problemi relativi alla conversione del catino in **FBX**.

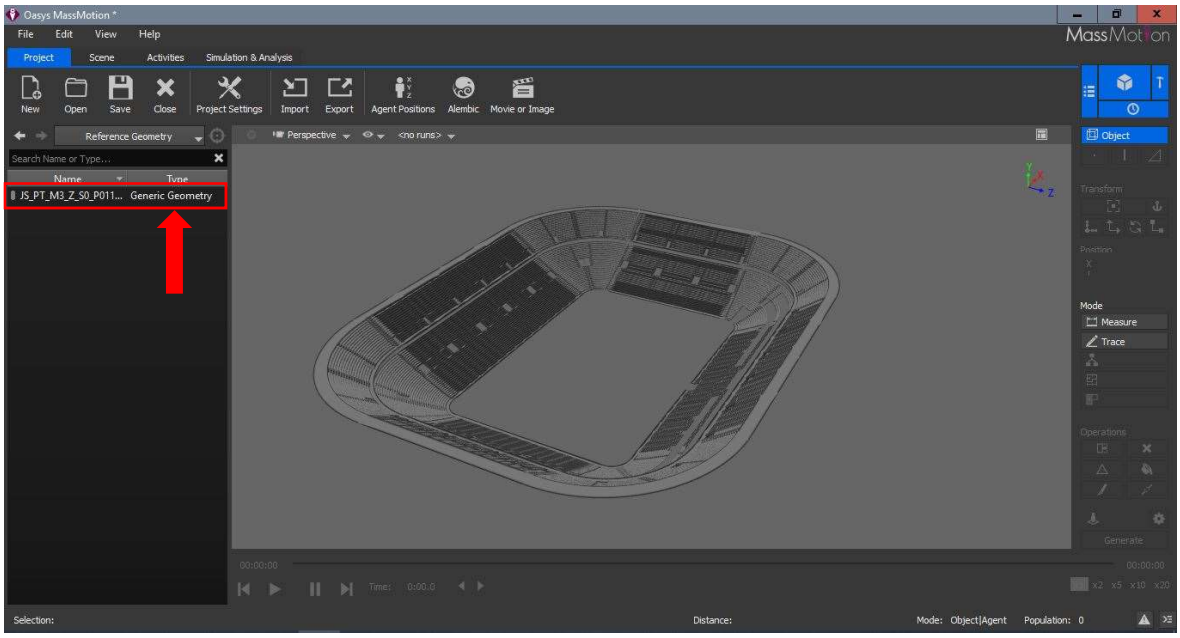


Figura 6. 16. Importazione del Catino su MassMotion in formato FBX

Come si vede nell'*immagine 6.16*, il Catino è stato importato come un elemento unico. Nella finestra a sinistra dell'immagine relativa alla voce "*Reference geometry*", si vede che MassMotion ha riconosciuto il Catino come un solo elemento, comportando in questo modo le criticità spiegate precedentemente. Da notare anche il non riconoscimento della geometria, evidenziato in rosso, sotto la voce "*Generic Geometry*". La seguente immagine illustra l'uso dei gradoni come scale, invece che andare a cercare la vera scala.

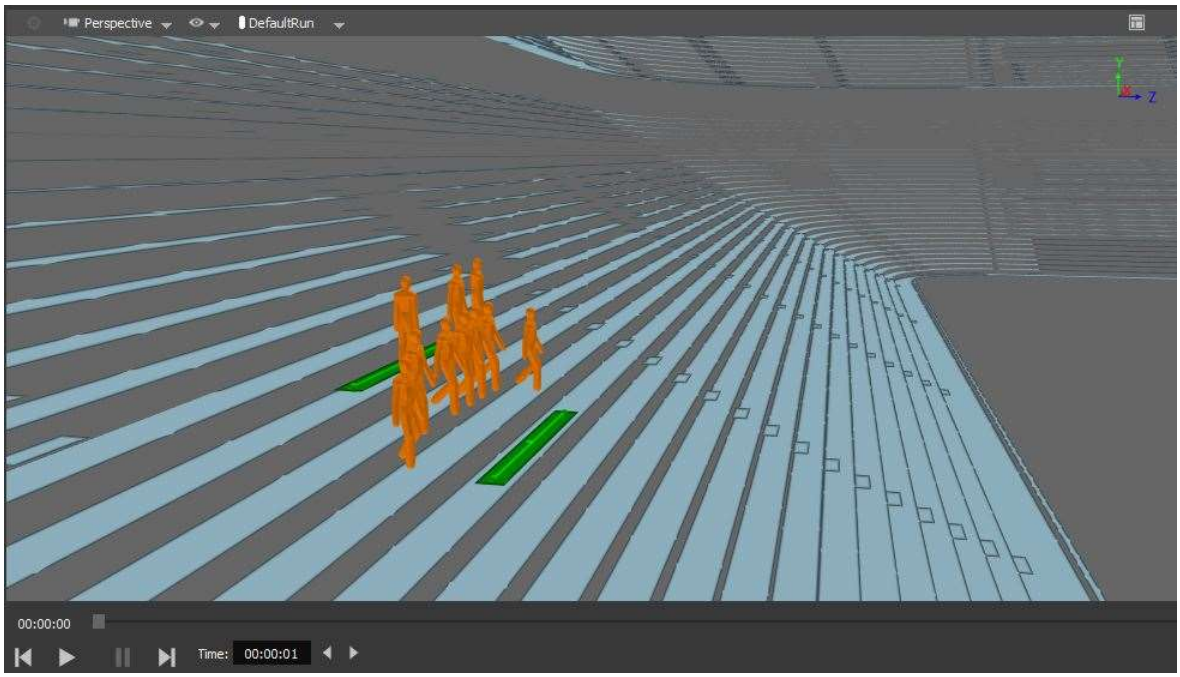


Figura 6. 17. L'uso dei gradoni del Catino come scale da parte degli agenti

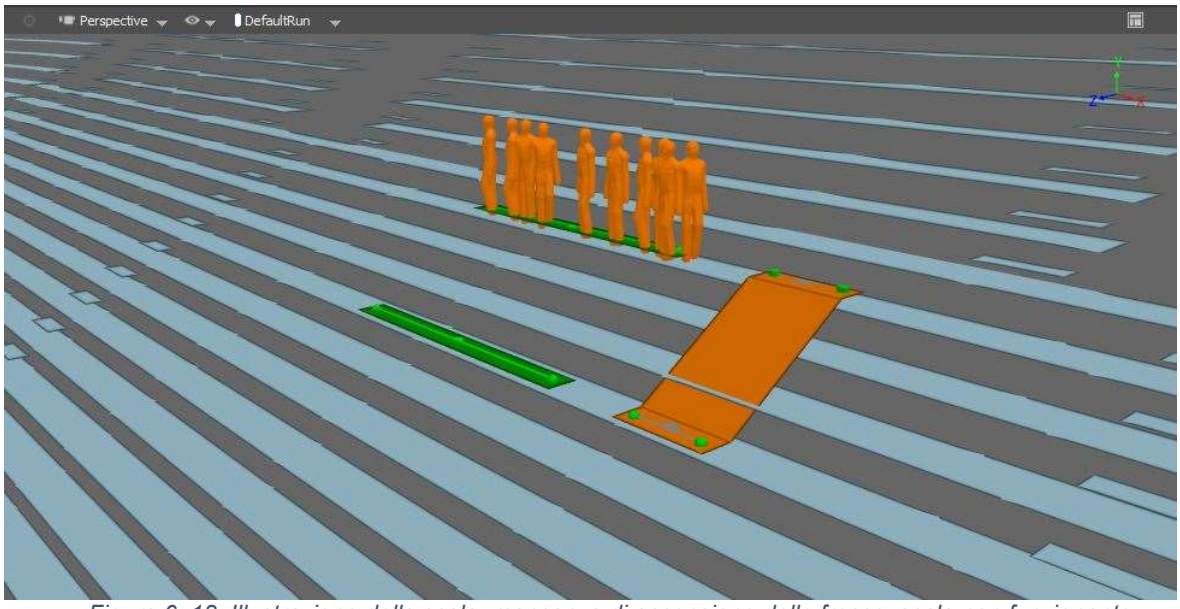


Figura 6. 18. Illustrazione della scala, mancanza di accensione delle frecce, scala non funzionante

Come si vede nell'*immagine 6.18*, la scala non riesce a collegare i gradoni nel modo giusto (*la freccia di collegamento non è accesa, non è verde*). Il motivo è riportato anche nell'estratto della guida MassMotion, evidenziato in blu. La frase è in inglese e tradotta in italiano è "I due pavimenti devono essere diversi (una scala non può essere usata per connettere due porzioni dello stesso pavimento)".

MassMotion

considered during the simulation.

In order to run a simulation, the stair landings must be placed such that each goal line is between 0.01m and 0.20m above a floor, at least 0.20m from the edge of the floor. The two floors must be different (a stair cannot be used to connect two portions of the same floor).

Impact on Agent Speed
By default, agent speed is modified as a function of the stair angle and direction of travel (see table below). Speed can also be capped at a specific value through enabling the 'Limit Speed' properties. See Agent Profile for information on agent speed.

Direction of Travel	Angle X (degrees)	Percentage of Natural Speed
Up	0 < X < 27	42.6
Up	27 <= X <= 32	Interpolated between 42.6 and 37.8

Figura 6. 19. Estratto Guida MassMotion

Il funzionamento corretto della scala è illustrato nell'immagine seguente, dove si vede che quando connette due pavimenti diversi, tutti i simboli rappresentanti la correttezza del collegamento risultano attivi (le sfere, i cubi e le frecce sono colorati di verde).

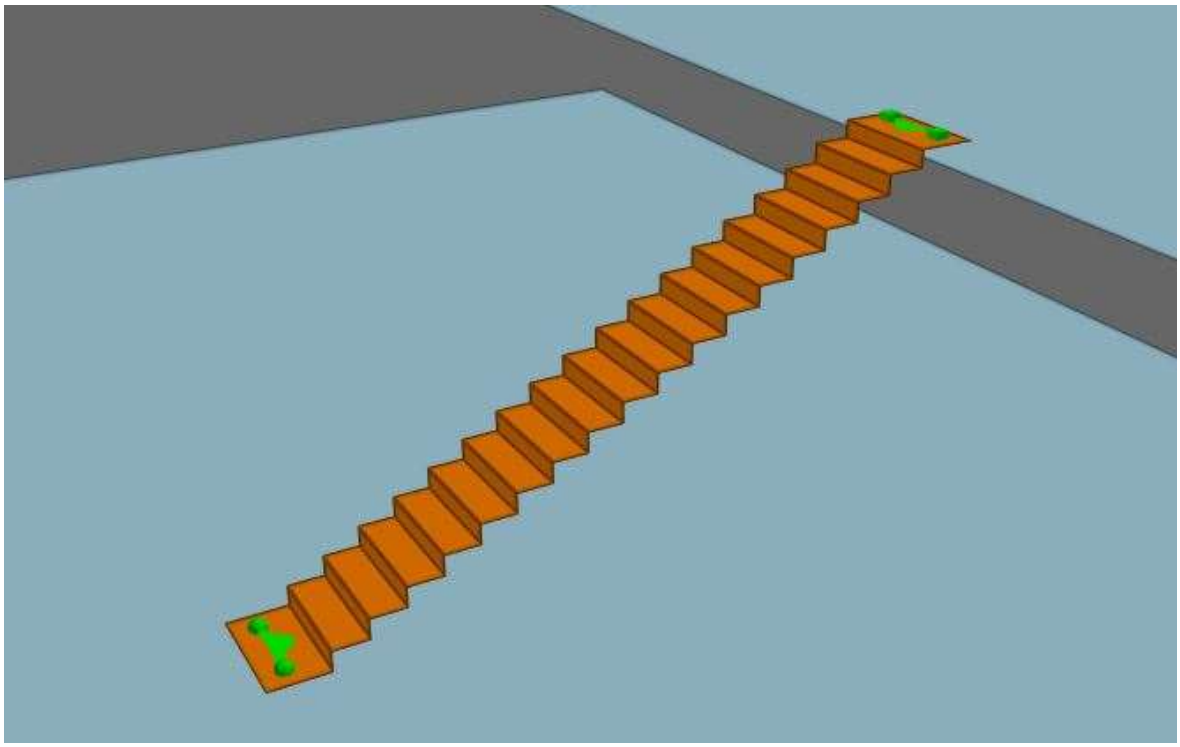


Figura 6. 20. Funzionamento corretto della scala; cubi, sfere e frecce sono accesi

Test 7

Se per il *Livello 3* i problemi sono risolvibili, per il Catino invece, si è deciso di rimodellare tale oggetto, andando a materializzare una singola geometria per ciascun gradone in modo tale da essere consono al software di simulazione. La modellazione di tali oggetti è stata effettuata andando a creare le singole componenti come "Componenti" modellati direttamente all'interno del modello .rvt mediante il comando "Estrusione su percorso".

Nelle immagini sottostanti si vede che si è passato dal Catino realizzato con Dynamo, alla creazione dei gradoni del primo anello, per poi semplificare quest'ultimo al fine di materializzare la sola Tribuna Ovest dello stadio.

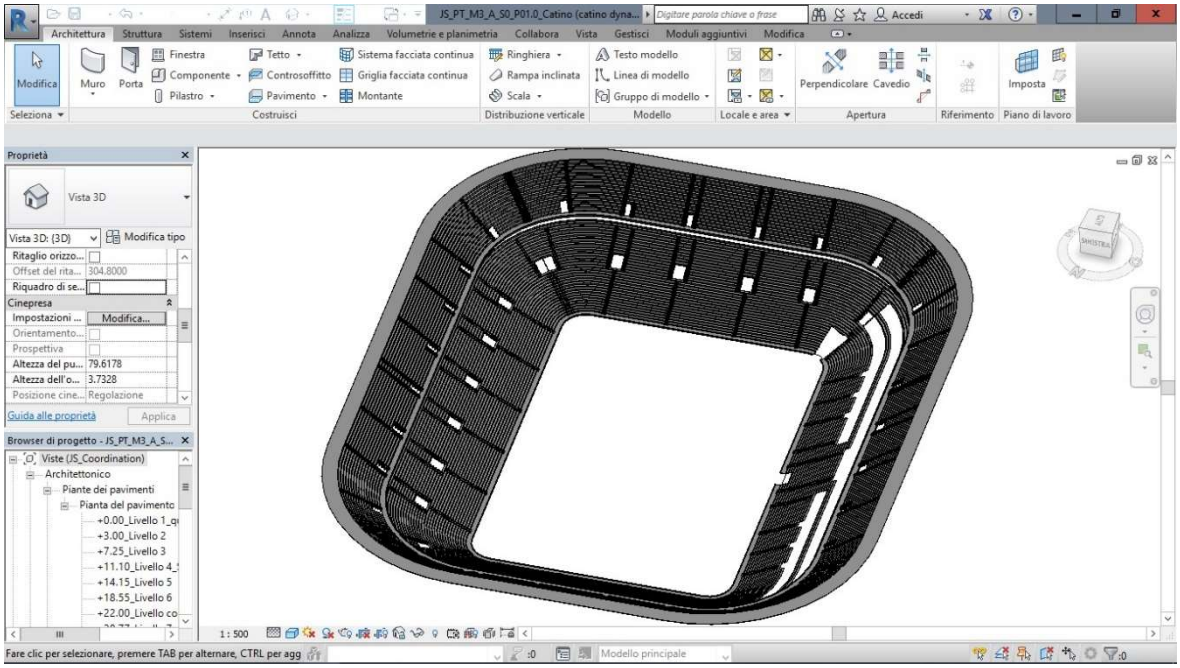


Figura 6. 21. Vista del Catino in 3D su Autodesk Revit, modello creato con Dynamo

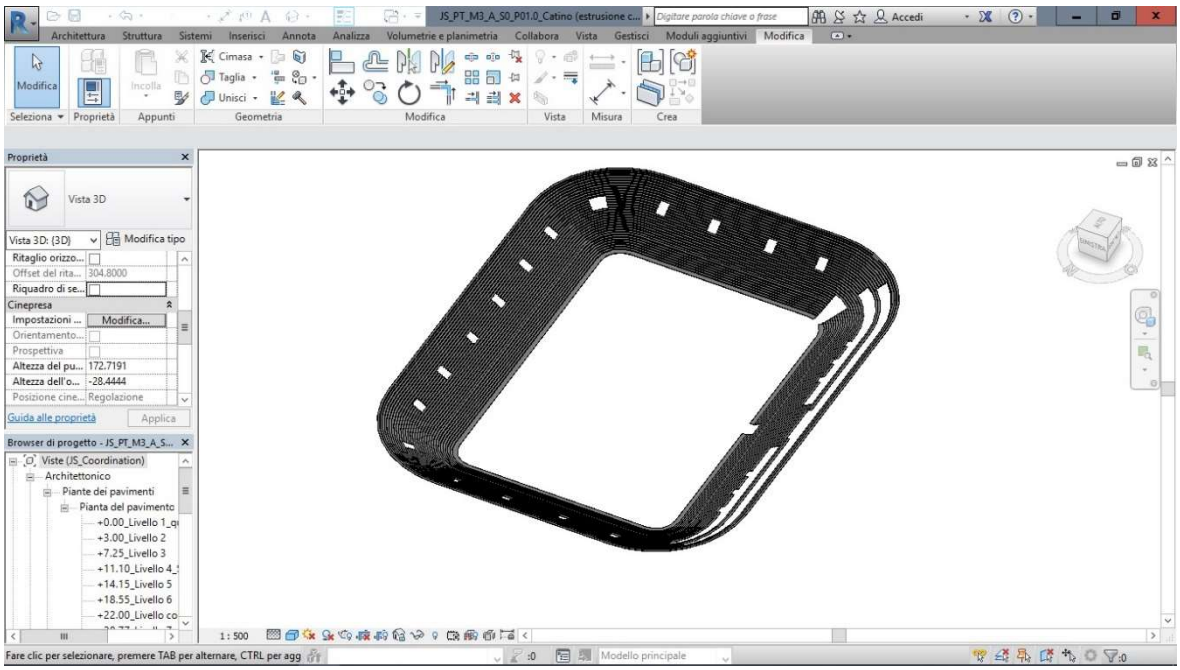


Figura 6. 22. Vista in 3D del Primo Anello del Catino su Autodesk Revit, modello creato con i gradoni singoli

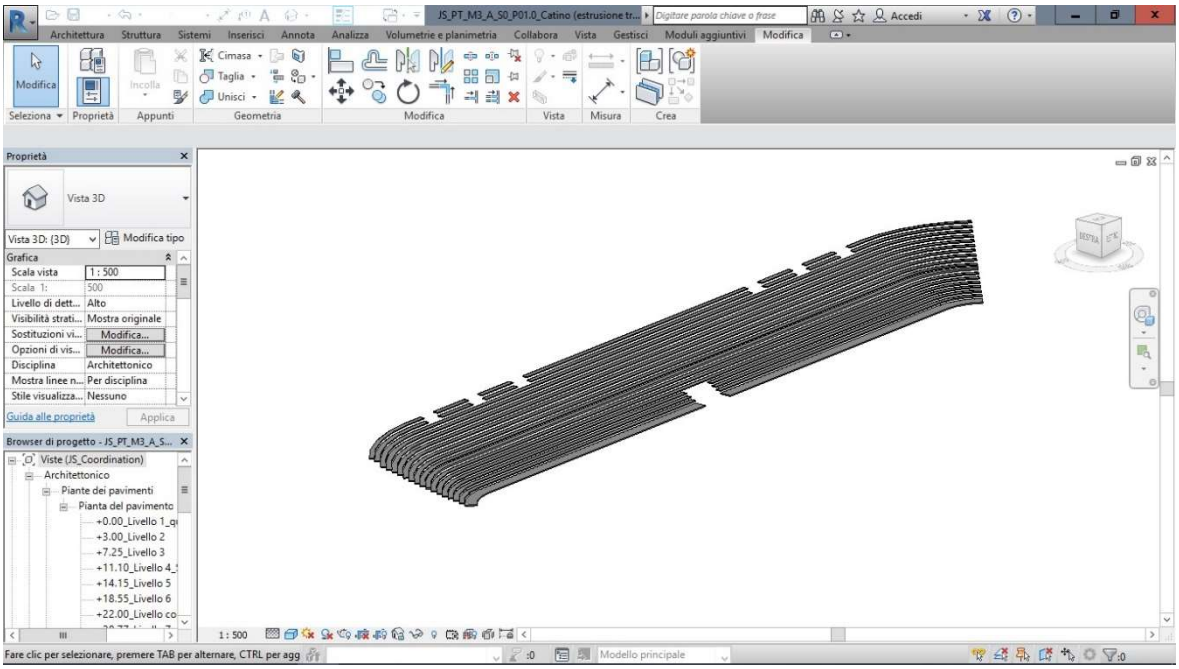


Figura 6. 23. Vista in 3D del Primo Anello Tribuna Ovest su Autodesk Revit

Il modello del Primo Anello della Tribuna Ovest, è stato quindi esportato nel formato .ifc, per poi essere importato su MassMotion. L'esportazione in IFC è stata prima testato in tutti i formati disponibili. Si è notato che durante l'importazione di tale modello su MassMotion si presentano dei problemi poiché MassMotion non riesce a riconoscere tutti gli elementi in tutti i formati IFC disponibili, come evidenziato anche a valle dei test di esportazione dei modelli inerenti il Livello 3 e il Livello 4 dello stadio. Il formato che MassMotion riesce a importare, conservando e riconoscendo tutti gli elementi, è "Ifc 2x2 Singapore BCA e e-Plan check".

Nelle due immagini seguenti si vedono le differenze tra uno dei formati qualsiasi IFC e "Ifc 2x2 Singapore BCA e e-Plan check".

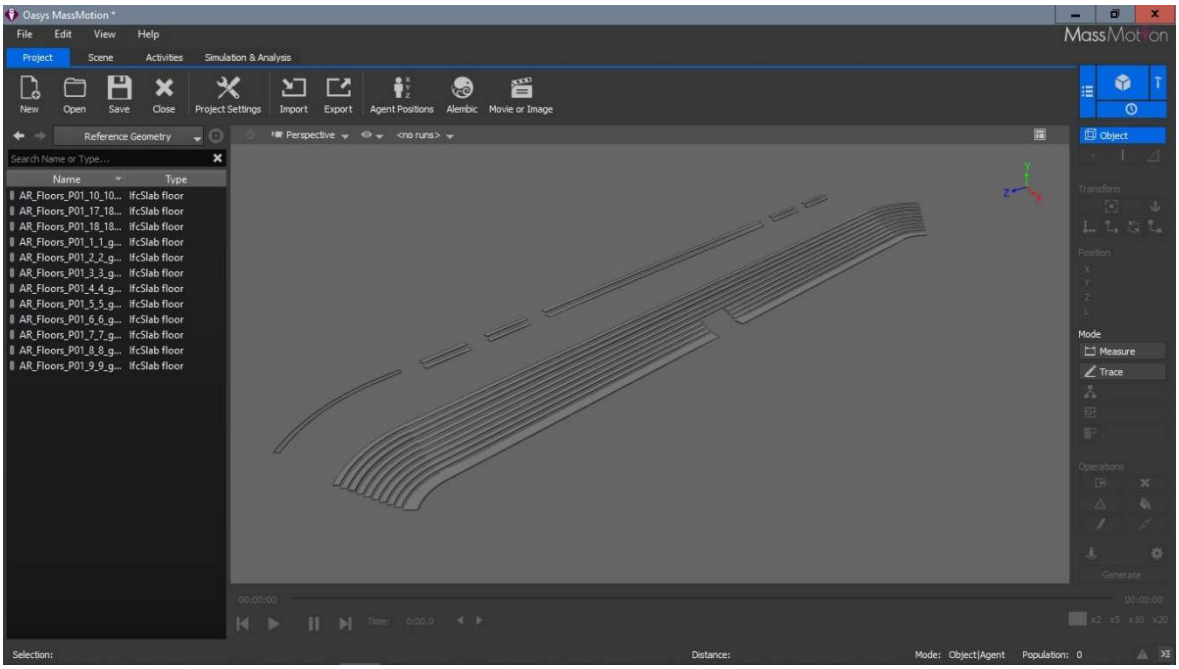


Figura 6. 24. Modello 3D importato su MassMotion della Tribuna Ovest con gli errori di importazione

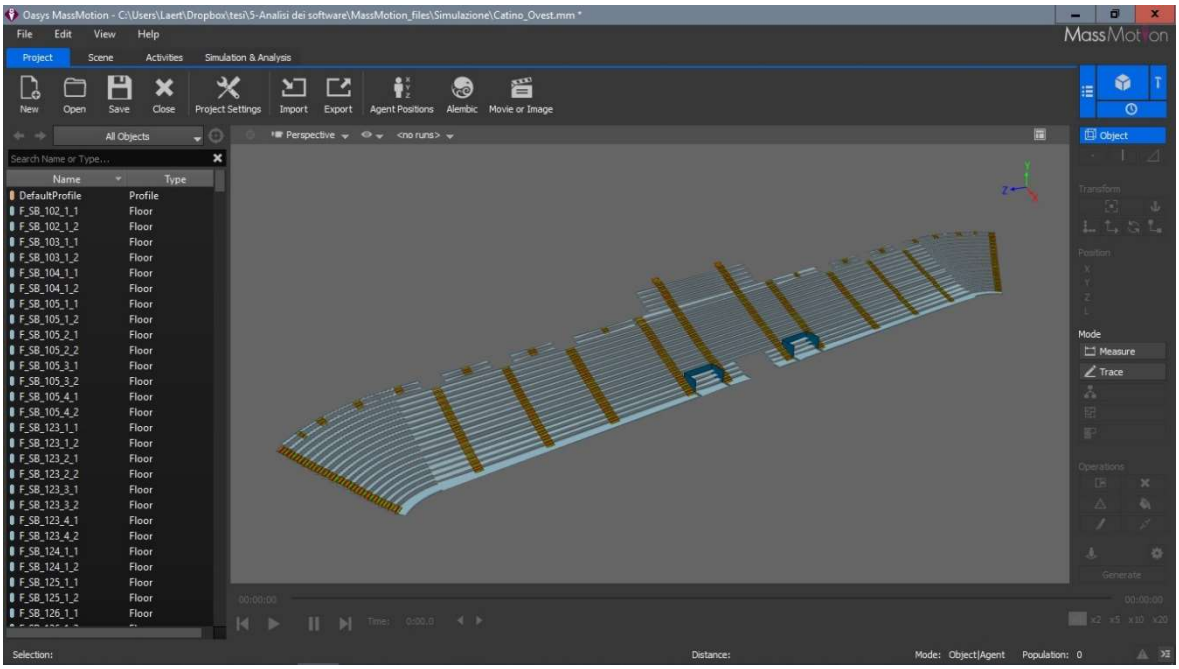


Figura 6. 25. Corretta conversione degli elementi dopo l'importazione del modello 3D del Primo Anello tribuna Ovest su MassMotion

Un altro aspetto importante nella preparazione del modello per far funzionare ed eseguire la simulazione sono le scale che collegano i gradoni del Catino agli elementi di sviluppo orizzontali dei modelli costituenti il Livello 3 e 4 connessi al Catino stesso. Non conviene crearle su Autodesk Revit perché, una volta che si è in ambiente MassMotion, le scale devono connettere anche i gradoni uno con l'altro, oltre che il Catino con i Livelli 3 e 4. Il problema è che non è possibile fare una modellazione su Autodesk Revit per essere convertita come una scala idonea sul Catino. Per risolvere tale problema, le scale sono modellate direttamente su MassMotion, creando una scala diversa per collegare i gradoni uno ad uno. Sotto è stato riportato un'immagine per mostrare tale aspetto.

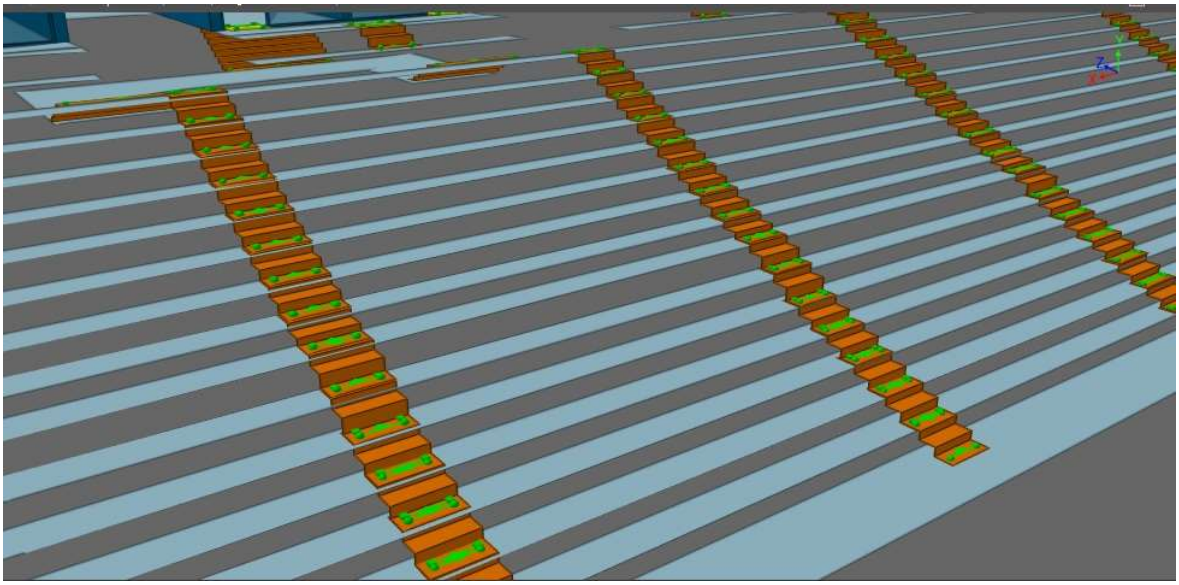


Figura 6. 26. La creazione delle scale su MassMotion, collegando ogni gradone con una scala diversa

Test 8

Dal momento che, sulla base degli elaborati As-Built inerenti le modalità di esodo dei diversi settori, è stata evidenziata per il settore 101 la possibilità di alcuni spettatori di svolgere l'esodo passando per il Livello 4, è stato necessario importare tale livello all'interno del modello di MassMotion. In particolare, una volta saliti a Livello 4, gli spettatori durante l'esodo si muovono orizzontalmente fino al raggiungimento delle scale di collegamento al Livello 3, dal quale cercano l'uscita più vicina seguendo le relative indicazioni e segnaletiche. Perciò un altro passaggio fatto è anche quello di convertire il *Livello 4*, semplificarlo e rendere idoneo la simulazione con tale modello. A tal fine sono state ripetute per tale livello le medesime operazioni condotte per il Livello 3, illustrate nel Test 7. Le immagini seguenti illustrano il passaggio dal modello 3D, creato sempre su Autodesk Revit, fino alla sua importazione e conversione degli elementi sullo software MassMotion.

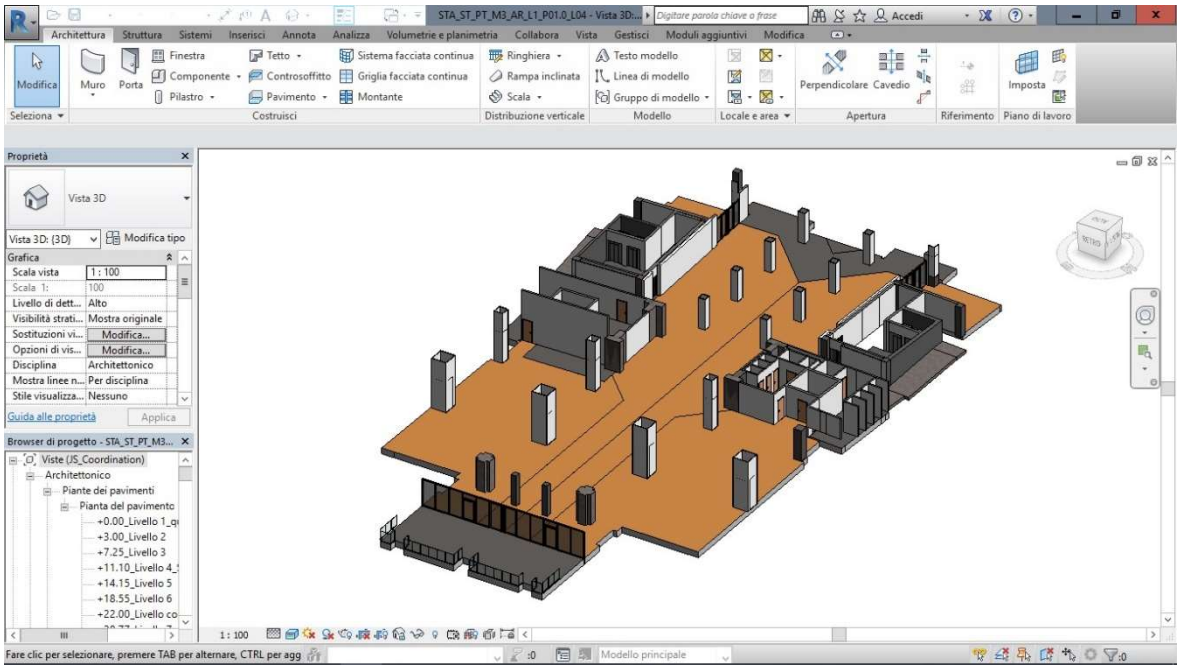


Figura 6. 27. Il Livello 4 dello stadio dopo la semplificazione del relativo modello BIM

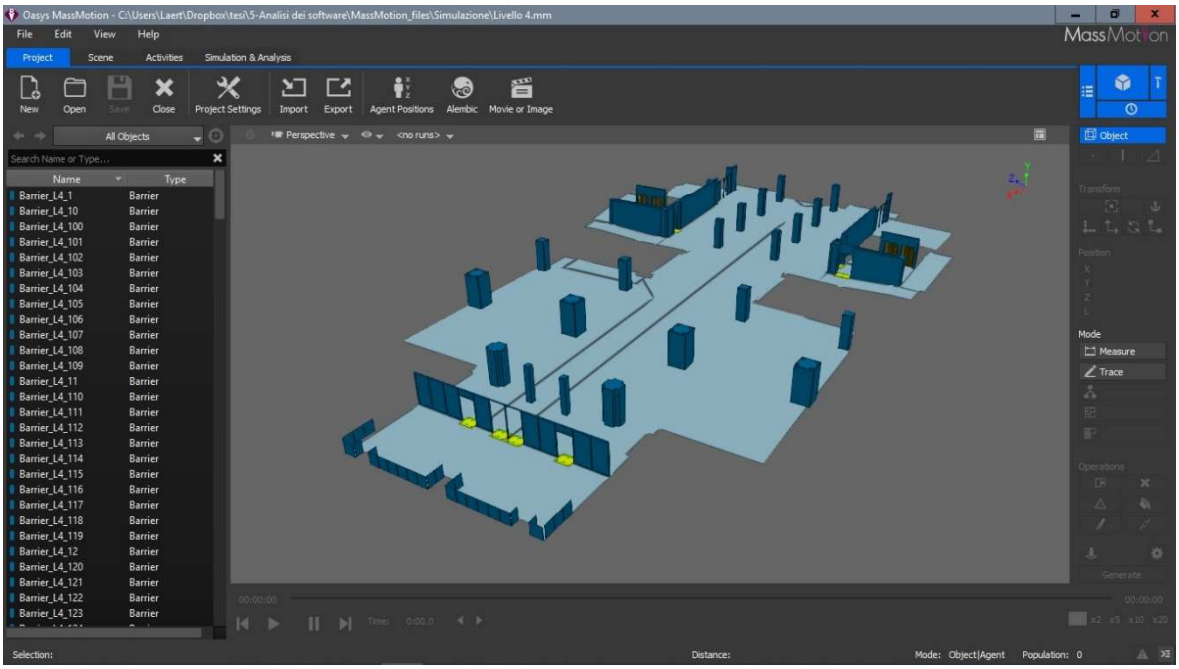


Figura 6. 28. La corretta conversione degli elementi dopo l'importazione su MassMotion

Test 9:

La modellazione e la conversione di tutti i modelli e gli elementi necessari per eseguire la simulazione è avvenuto con successo I modelli BIM dello stadio presentano le medesime coordinate condivise che costituiscono la discriminante mediante la quale effettuare il collegamento tra gli stessi all'interno del modello federato, così come illustrato nell'immagine sottostante, che ne garantisce il corretto collocamento spaziale.

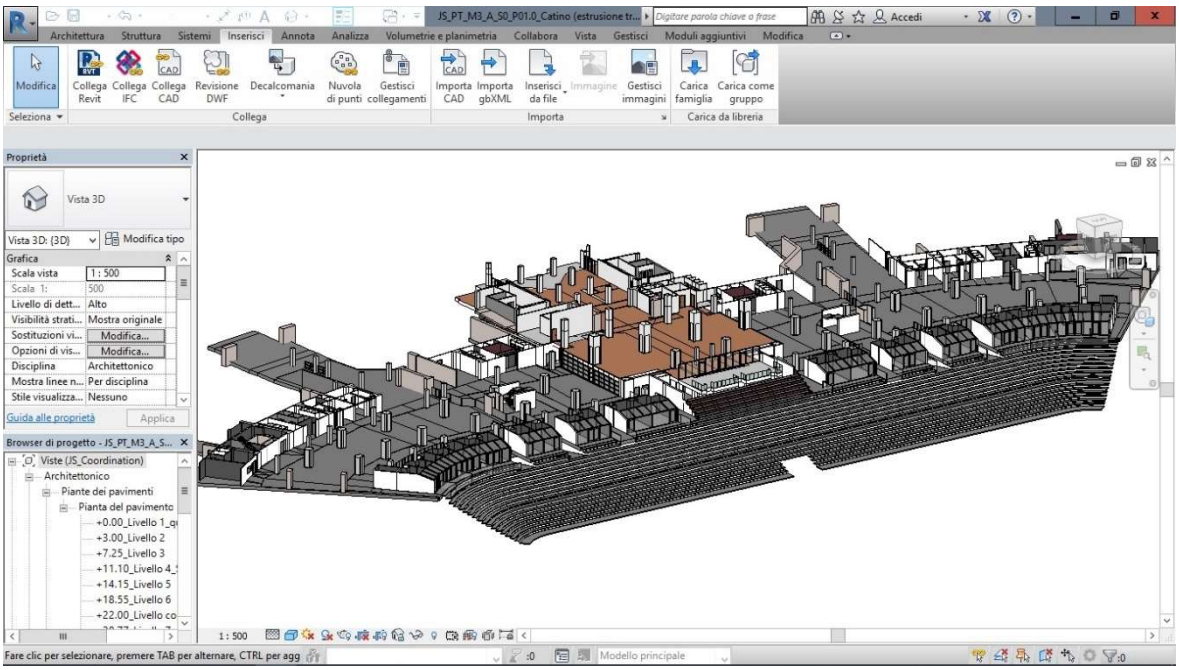


Figura 6. 29. Vista 3D del Primo Anello della Tribuna Ovest con i livelli corrispettivi, Autodesk Revit

Lo stesso procedimento è stato eseguito su MassMotion. Tutti e tre i file con gli elementi corrispondenti sono convertiti correttamente. Il passaggio successivo è stato quello di esportare ogni modello MassMotion in un suo sotto insieme *"**.mmxml**"*. Dopodiché, questi singoli modelli si sono uniti e hanno formato un unico modello su cui poi si è andato a fare la simulazione. Va notato che questi modelli hanno conservato le coordinate imposte già da Autodesk Revit. Nell'immagine seguente si fa vedere l'unione dei tre modelli in un unico modello.

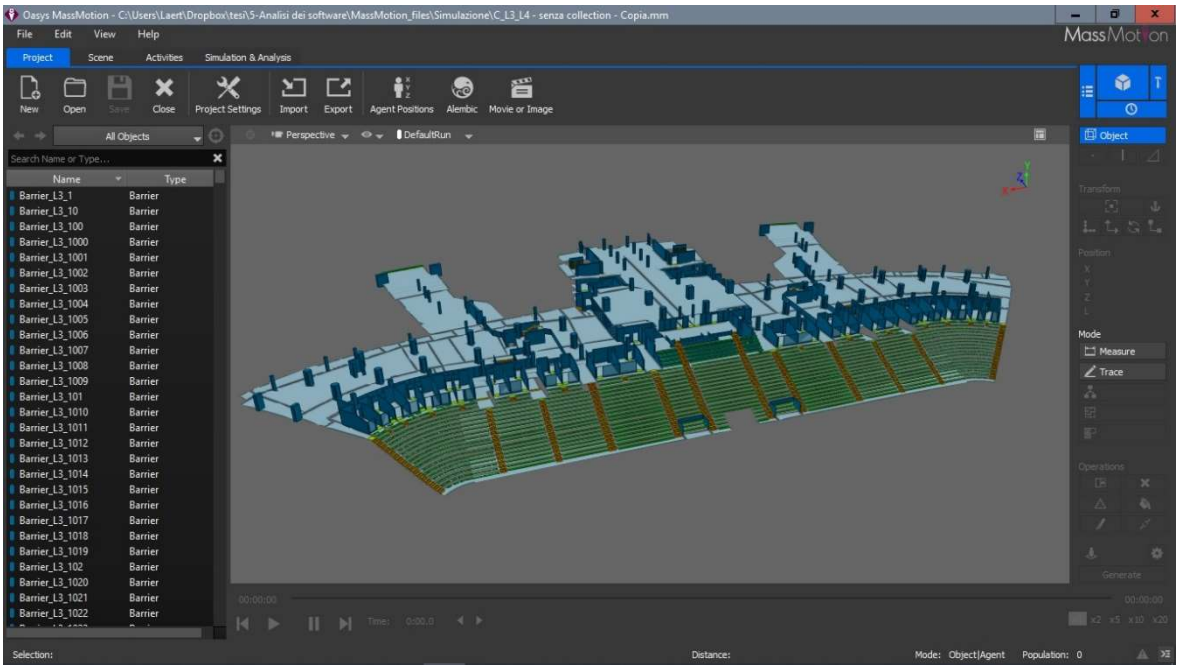


Figura 6. 30. L'unione delle tre geometrie su MassMotion, conservazione delle coordinate imposte su Autodesk Revit

<u>Test 10</u>

Nella presente tesi, come si è visto nei capitoli precedenti, non è stato considerato soltanto l'esodo del Primo Anello Tribuna Ovest, ma anche il ristorante che si trova nel Livello 3, ovvero il cosiddetto locale T100. Il servizio è attivo non soltanto durante una partita, perciò si considera opportuno fare una simulazione d'esodo, al fine di valutare una configurazione differente da quella cosiddetta "di gara". Il T100 può subire configurazioni di arredamento diverse per consentire anche una labilità del locale in base agli eventi. In esso si trovano la cucina, il bancone, i tavoli e ha una capienza di 350 persone.

Il livello considerato è il Livello 3. In più, rispetto alla conversione del modello in IFC, fatto precedentemente, in questo caso sono stati implementati anche gli arredi. Quest'ultimi sono inseriti prima nel modello BIM, come "Famiglie" nella sezione "Arredi", per avere anche risultati migliori durante il processo della conversione Revit -> IFC -> MassMotion. Una criticità riscontrata durante tale simulazione è rappresentata dal fatto che gli agenti, durante la simulazione, erano in grado di attraversare elementi/barriere aventi una larghezza inferiore ai 25 cm. Al fine di risolvere tale criticità, si rende quindi necessario incrementare lo spessore degli oggetti in questione a livello di modellazione BIM. Le immagini sottostanti illustrano quanto descritto:

Figura 6. 31. L'errore dovuto allo spessore degli elementi su MassMotion, attraversamento del bancone

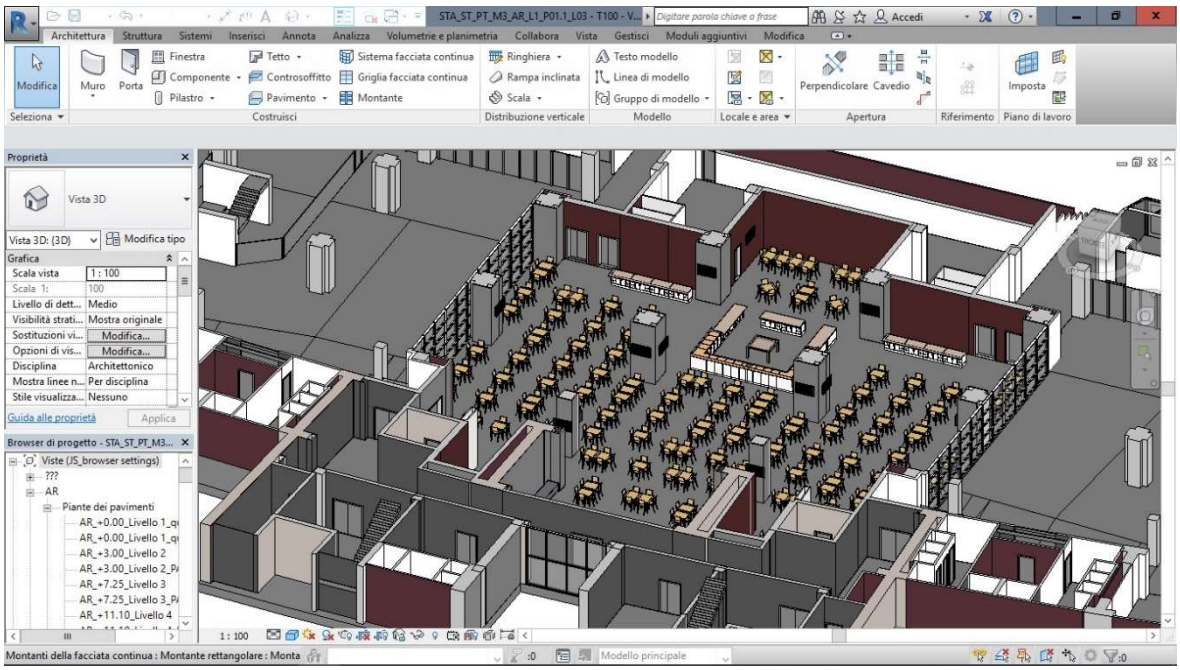


Figura 6. 32. Vista del T100 arredato, Autodesk Revit

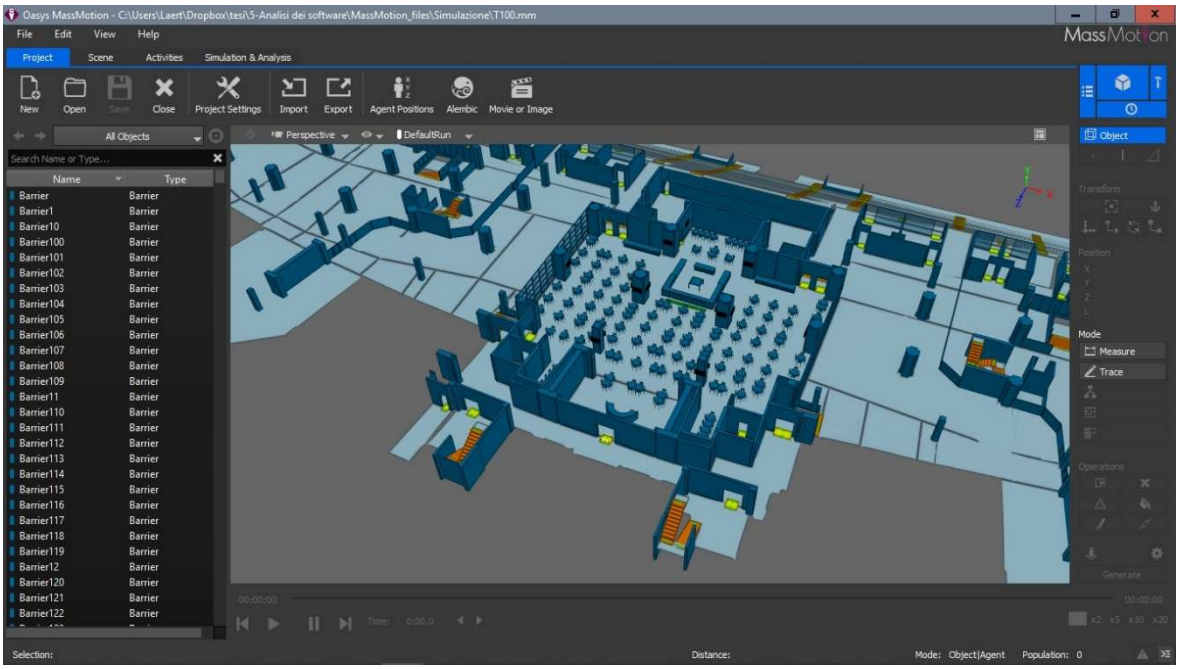
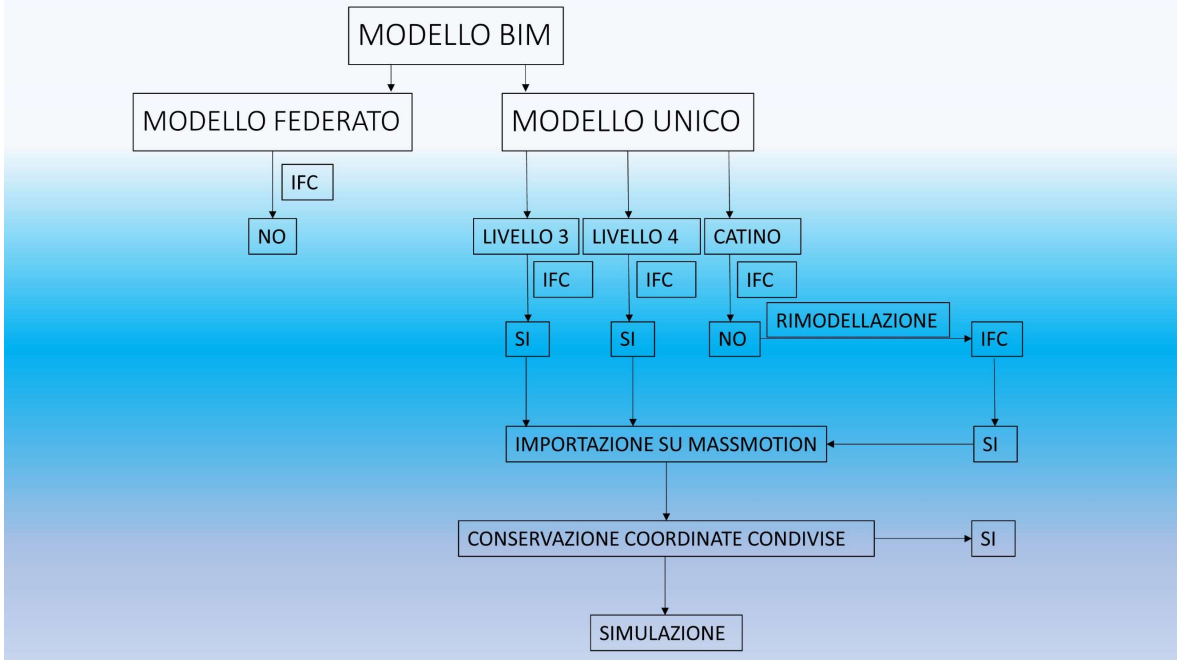


Figura 6. 33. Vista del T100 dopo l'importazione e la conversione di tutti gli elementi, MassMotion

È stato riportato sopra lo schema metodologico del presente capitolo.



7. SIMULAZIONE

In questo capitolo si tratterà la simulazione d'esodo seguendo le indicazioni del regolamento britannico denominato "*Green Guide*" al fine di valutare la capacità di sfollamento di tutti i settori in un determinato tempo, sia in caso di un'evacuazione in condizioni normali che in un'evacuazione in emergenza. Le simulazioni seguenti e i calcoli riportati in seguito sono stati fatti sia sul programma di calcolo "Excel", che sul software di simulazione introdotto nel capitolo precedente, ovvero MassMotion.

Il Primo Anello della Tribuna Ovest, così come si vede nell'*allegato 1*, è composto di 9 settori diversi: *102, 103, 104, 105, 123, 124, 125, 126* e *101*. Per facilità di calcoli e lettura, il settore 101 è stato diviso in tre settori diversi, in *101_s, 101_c e 101_d*, dove *c* si riferisce a *centro*, *s* a *sinistra* e *d* a *destra*. Il sistema di riferimento è guardando dal centro dal campo verso la Tribuna Ovest. I vomitori della sezione presa in considerazione nella tesi sono dodici. A partire da sinistra verso destra (il riferimento è sempre lo stesso), troviamo i seguenti vomitori: *49, 51, 53, 55, 57, 0.A, 0.B, 1, 3, 5, 7* e *9*. Per ogni vomitorio si trova anche la scala corrispondente, per poi alla fine avere anche tutti i percorsi d'esodo. La denominazione degli elementi è stata fatta a libera scelta per il caso studio. Tutti questi dati sono riportati nella *Tabella 5.9* del *Capitolo 5*, e nella *Tabella 7.2* del presente capitolo.

Come visto nel *Capitolo 1.3*, ci sono due fattori fondamentali per calcolare la capacità di contenimento, e di conseguenza anche quello di sfollamento, il fattore (P) e il fattore (S). Nel caso studio, ovvero l'Allianz Stadium, il fattore (P), considerando i tre parametri che lo compongono, quindi la condizione fisica degli spazi comuni, la struttura dello stadio, e la curva di visibilità, sono stati valutati con il valore 1. Il fattore (S) invece, valuta la gestione della sicurezza. Considera quattro parametri diversi: la correttezza nella vendita dei biglietti, la pulizia dello stadio, gli steward e il comportamento della folla. Anche in questo caso, essendo la Juventus una società molto seria e rigorosa nella gestione degli eventi, allora il valore corrispondente al fattore (S) sarà pari a 1.

Fattore "fisico (P)"	1
Fattore "gestione della sicurezza (S)"	1

Altri fattori da tenere in conto durante il calcolo della capacita di contenimento sono la densità adeguata (DA) in una superficie di 10 m^2, la velocità di entrata nei tornelli, e altri **due parametri importanti** nel calcolo dell'esodo. **Il primo** è la capacità o la velocità del flusso di persone ad attraversare o passare in una superficie gradonata e **la seconda** in una superficie piana.

La "Green Guide" riferisce che in condizioni normali, il tempo di evacuazione è pari a otto minuti. Il limite di otto minuti è stato deciso dopo le ricerche fatte, e suggerisce che entro questo lasso di tempo le persone hanno meno possibilità di diventare agitate, provare frustrazione o stress. Per il tempo di evacuazione in emergenza il periodo di tempo da valutare è tra i due minuti e mezzo fino agli otto minuti. Nella presente tesi il tempo valutato più adeguato per fare un calcolo manuale dell'esodo è quello di quattro minuti. Ciò non vuol dire che a questo tempo non va aggiunto anche un altro minuto per considerare il comportamento della folla.

Nella tabella seguente sono inseriti i dati relativi a quanto detto sopra.

Densità (D) in 10 m^2	40	persone
N° tornelli Primo Anello Tribuna Ovest	4	[-]
Velocità entrata tornello (VE)	1000	[persone/ora]
Capacità/velocità di sfollamento scale (CSS)	66	[persone/metro/min]
Capacità/velocità sfollamento vie orizzontali (CSO)	82	[persone/metro/min]
Tempo evacuazione in condizioni normali (TEN)	8	[minuti]
Tempo evacuazione in emergenza (TEE)	4	[minuti]

Tabella 7.1 Dati impostati per il caso studio secondo la "Green Guide"

7.1. Calcolo del tempo di esodo secondo "Green Guide"

La "*Guida*" come detto anche precedentemente è un regolamento e non una normativa. Lei dà consigli, ma non impone le regole. Il progettista deve essere bravo a capire quello che deve fare per soddisfare le esigenze dell'attività in esame, e di conseguenza accontentare le persone che andranno ad usufruire tale attività. Essendo un regolamento fatto per migliorare la progettazione delle strutture adibite ad uso sportivo, si consiglia di seguire alla lettera ogni regola "imposta".

Il miglioramento della progettazione attraverso la guida inizia ad essere efficiente quando si rispettano i seguenti parametri:

a) rispettare le larghezze minime. È vero che la capacità di sfollamento di una superficie gradonata è dato al metro di larghezza, ma la guida impone che la larghezza minima sia 1,20 m, quindi due moduli di passaggio. Per le porte, la larghezza minima è pari a 0,80 m.
b) la velocità di passaggio: è il numero delle persone che passa in un certo punto in un sistema di uscita o in un sistema di esodo, in un dato tempo. Tali valori sono riportati nella tabella sopra. Altri fattori che influenzano la velocità di passaggio sono: il profilo delle persone (adulti, bambini, maschi, femmine, ultrà, ubriachi…); l'attività svolta preso l'ambiente preso in considerazione; il fattore progetto, la qualità dell'opera, ovvero il fattore fisico (P);
c) il tempo di uscita e il tempo di evacuazione;
d) il network dei percorsi: una volta che le persone sono entrati in un sistema d'esodo, deve essere possibile muoversi fino all'uscita finale:
    i. percorsi alternativi, se una via d'esodo non è usufruibile, ci deve essere un'altra;
    ii. le vie dirette;
    iii. la presenza dei percorsi complessi;
    iv. il numero e la disposizione delle uscite;
    v. il mantenimento delle pulizie delle vie d'esodo;
    vi. la segnaletica.

Il network è inteso come un sistema complesso costituito da più di un percorso d'esodo per lo stesso settore. Ciò vuol dire che anche se una delle vie d'esodo è bloccata per vari motivi, allora si deve usare un altro percorso. Le scale di questo sistema devono essere REI e garantire un minimo di resistenza agli incendi pari a 30 minuti. Le vie d'esodo si scaricano in un posto sicuro, in area aperta.

Per il caso studio, seguendo le regole della “Guida”, per trovare la capacità di contenimento di un settore, e quindi riuscire a trovare la velocità o la capacità di sfollamento di tutti i settori presi in considerazione, si è seguita la seguente procedura. Avendo già valutato i fattori (P) e (S) pari ad 1, e considerando il valore della densità (D) pari a 40 persone per ogni 10 m^2, allora si può trovare la densità adeguata (DA) del settore, moltiplicando il minore dei due fattori (P) e (S) con la densità (D):

$$DA = D \times \text{minore}(P)/(S) = 40 \times 1 = 40\,\text{persone}/10\,\text{m}^2 \qquad \{A\}$$

La capacità di contenimento del settore (CS) è dato moltiplicando la superficie utile (SU) del settore con la densità adeguata (DA):

$$CS = SU \times DA \qquad \{1\}$$

La capacità di entrata (CE) dei settori è sempre soddisfatta, e in questo caso si valuterà per tutto il Primo Anello della Tribuna Ovest. È dato moltiplicando la capacità di un tornello (CT) a far passare entro un’ora un totale di persone con il numero dei tornelli presenti alle entrate:

$$CE = n°_{tornelli} \times CT = 4 \times 1000 = 4000\,persone/ora \qquad \{2\}$$

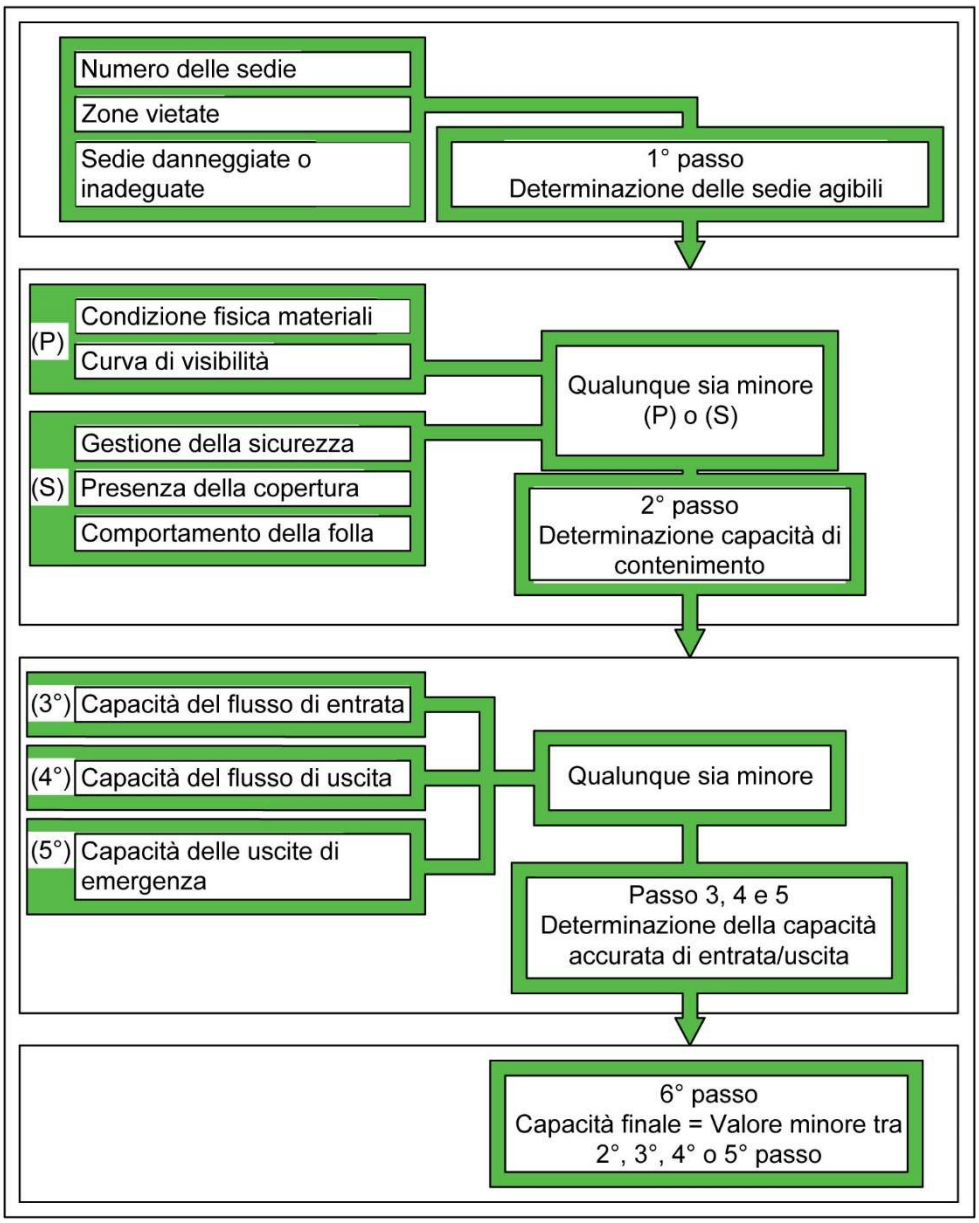
La capacità di uscita (CU) di un settore in condizioni normali si trova moltiplicando la larghezza della scala in corrispondenza di essa con la capacità/velocità di sfollamento scale (CSS) e inoltre anche con il tempo di evacuazione in condizioni normali (TEN):

$$CU = l_{scala} \times CSS \times TEN \qquad \{3\}$$

La capacità di evacuazione in emergenza (CEE) viene calcolato moltiplicando la larghezza dell’elemento costruttivo con la capacità/velocità di sfollamento scale (CSS) e inoltre anche con il tempo di evacuazione in emergenza (TEE):

$$CEE = l_{scala} \times CSS \times TEE \qquad \{4\}$$

La capacità finale del settore sarà dato dal minore dei valori tra {1}, {2}, {3} e {4}. Il *Diagramma 1.1* del *Capitolo 1* è stato riportato anche qui:



I calcoli che seguono sono stati fatti su un foglio di calcolo Excel, tenendo presente tutti i dati necessari per il ricavo della capacità finale.

	Settore [(1/2)x123]		
	Superficie utile settore (SU)	94	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	234	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	376	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x123 + (1/2)x124]		
	Superficie utile settore (SU)	149	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	360	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	596	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x124 + (1/2)x125]		
	Superficie utile settore (SU)	110	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	253	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	440	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x125 + (1/2)x126]		
	Superficie utile settore (SU)	132	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	295	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	526	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	792	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	396	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**396**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x126 + (1/2)x101_s]		
	Superficie utile settore (SU)	107	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	256	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	427	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	792	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	396	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**396**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x101_s + (1/2)x101_c]		
	Superficie utile settore (SU)	105	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	298	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	421	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x101_c + (1/2)x101_d]		
	Superficie utile settore (SU)	105	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	298	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	421	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x101_d + (1/2)x102]		
	Superficie utile settore (SU)	107	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	256	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	427	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	792	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	396	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**396**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x102 + (1/2)x103]		
	Superficie utile settore (SU)	132	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	295	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	526	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	792	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	396	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**396**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x103 + (1/2)x104]		
	Superficie utile settore (SU)	110	[m²]
	Numero spettatori settore (attuali)	253	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m²]
1	Capacità contenimento settore (CS)	440	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x104 + (1/2)x105]		
	Superficie utile settore (SU)	149	[m²]
	Numero spettatori settore (attuali)	353	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m²]
1	Capacità contenimento settore (CS)	596	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [(1/2)x105]		
	Superficie utile settore (SU)	94	[m²]
	Numero spettatori settore (attuali)	227	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m²]
1	Capacità contenimento settore (CS)	376	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	634	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	317	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**317**	**[spettatori]**

	Settore [SkyBox 123 / SkyBox 105]		
	Superficie utile settore (SU)	53	[m²]
	Numero spettatori settore (attuali)	70	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m²]
1	Capacità contenimento settore (CS)	213	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	1574	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	787	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**787**	**[spettatori]**

	Settore [SkyBox 124 / SkyBox 125 / SkyBox 103 / SkyBox 104]		
	Superficie utile settore (SU)	18	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	20	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	72	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	1574	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	787	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**787**	**[spettatori]**

Nelle tabelle riportate sopra, la capacità finale è stata calcolata per ciascun settore. Si vede che per il **Settore [(1/2)x104 + (1/2)x105]** e il **Settore [(1/2)x123 + (1/2)x124]** il limite imposto per l'evacuazione in emergenza di quattro minuti non è sufficiente per sfollare tutto il settore. Questo perché il numero dei posti si confronta con quelli attuali dello stadio. Nel grafico riportato sotto, viene fatto vedere quanto detto prima.

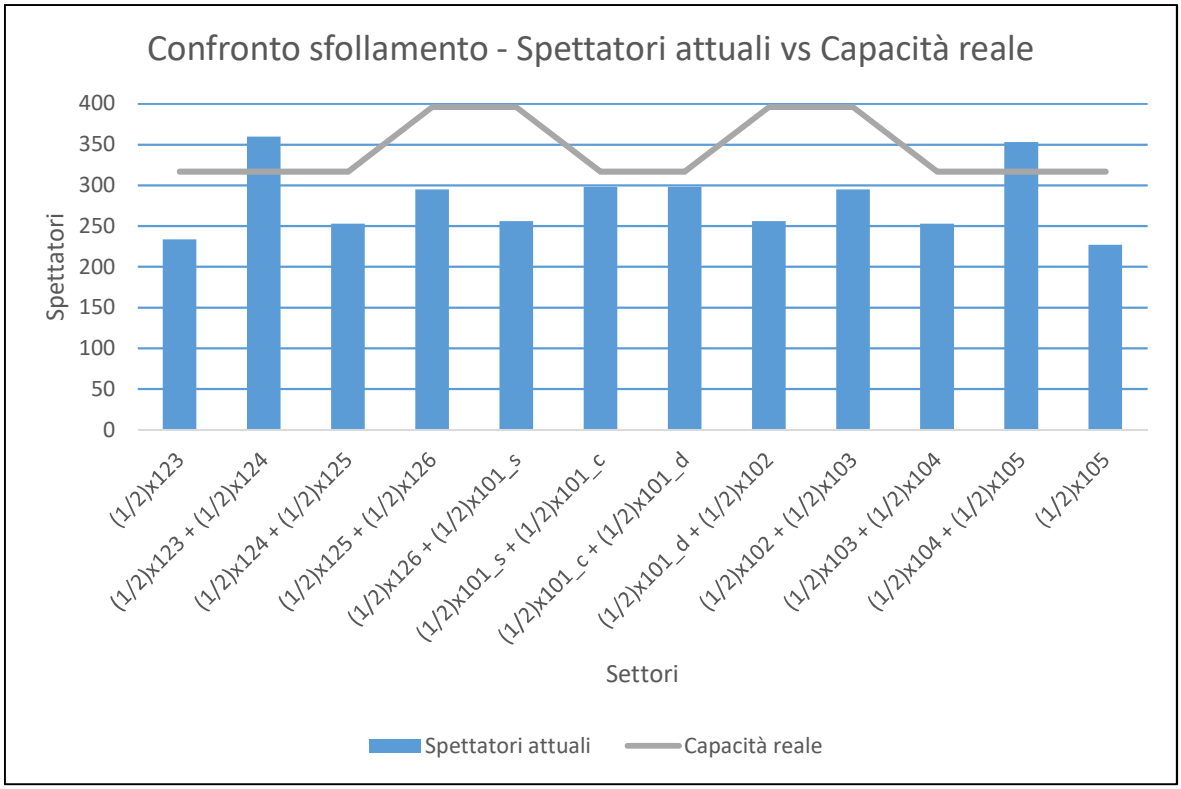


Figura 7. 1. Grafico rappresentante il numero degli spettatori attuali e la capacità reale dei vari settori

Per questo motivo, si è provato a verificare tale tempo, non solo per i settori menzionati sopra, ma includendo anche l'altra metà del **Settore 123** o del **105**. I calcoli sono riportati nella tabella seguente e si nota che ora la verifica è soddisfatta, essendo la capacità finale maggiore del numero degli spettatori attuali.

	Settore [105 + (1/2)x104]		
	Superficie utile settore (SU)	243	[m^2]
	Numero spettatori settore (attuali)	580	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	973	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	1267	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	634	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**634**	**[spettatori]**

Un ulteriore verifica è stata fatta anche per verificare se la tribuna in esame (senza gli Sky Box) soddisfa la capacità finale. I risultati nella tabella sotto.

	Primo Anello Tribuna Ovest		
	Superficie utile settore (SU)	1393	[m^2]
	Numero spettatori (attuali)	3377	[spettatori]
	Densità adeguata (DA)	40	[persone x 10 m^2]
1	Capacità contenimento settore (CS)	5573	[spettatori]
2	Capacità entrata stadio (CE)	4000	[persone/ora]
3	Capacità uscite (CU)	8237	[spettatori]
4	Capacità evacuazione in emergenza (CEE)	4118	[spettatori]
	Capacità finale (il minore tra 1, 2, 3 e 4)	**4118**	**[spettatori]**

Così come per i settori, lo stesso ragionamento è stato fatto anche per tutte le vie e i percorsi d'esodo, considerando quindi la larghezza minore dello stesso percorso, se la capacità di sfollamento viene verificata rispetto alla costruzione attuale dello stadio. Nelle colone troviamo diversi parametri. Per la denominazione è stato improvvisato un codice che corrisponde a ciascun percorso. Con la lettera E si intende l'esodo; Or è l'abbreviazione per orizzontale, quindi si ha una superficie piana; e come ultimo un numero per la numerazione che in certi casi somiglia al vomitorio corrispondente. La numerazione degli Sky Box è stato fatto per corrispondenza al settore soprastante (tutti i codici sono inventati per facilitare la lettura).

Denominazione percorso	Larghezza [m]	Numero spettatori passanti (attuali)	Capacità sfollamento uscita [persone]	Capacità sfollamento evacuazione [persone]	Esito verifica
E_Or_0.A	3,00	210	1968	984	OK
E_Or_0.B	3,00	210	1968	984	OK
E_Or_1	3,20	336	2099	1050	OK
E_Or_3	3,20	336	2099	1050	OK
E_Or_5	3,20	264	2099	1050	OK
E_Or_7	3,20	377	2099	1050	OK
E_Or_9	2,00	234	1312	656	OK
E_Or_SB_105_1	2,40	10	1574	787	OK
E_Or_SB_105_2	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_105_3	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_105_4	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_104	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_103	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_102	2,40	34	1574	787	OK
E_Or_49	2,00	234	1312	656	OK
E_Or_51	3,20	377	2099	1050	OK
E_Or_53	3,20	264	2099	1050	OK
E_Or_55	3,20	336	2099	1050	OK
E_Or_57	3,20	336	2099	1050	OK
E_Or_SB_123_1	2,40	10	1574	787	OK
E_Or_SB_123_2	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_123_3	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_123_4	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_124	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_125	2,40	20	1574	787	OK
E_Or_SB_126	2,40	34	1574	787	OK
E_Or_NO_1	4,83	985	3168	1584	OK
E_Or_NO_2	4,97	706	3260	1630	OK
E_Or_NO_3	4,23	916	2775	1387	OK
E_Or_SO_1	4,83	985	3168	1584	OK
E_Or_SO_2	4,97	706	3260	1630	OK
E_Or_SO_3	4,23	916	2775	1387	OK
E_Or_C_AB	6,00	420	3936	1968	OK

Tabella 7.2. Verifica della capacità di ogni percorso d'esodo

7.2. Simulazione Primo Anello Tribuna Ovest con MassMotion tramite modello BIM

In questo sotto capitolo si tratterà la simulazione d'esodo del Primo Anello Tribuna Ovest con lo software MassMotion in due configurazioni diverse, per vedere le differenze nel tempo e nel comportamento della folla.

La prima simulazione riguarda quella di default del programma stesso, lasciando gli agenti ad agire secondo le indicazioni del programma stesso. In questa configurazione, gli agenti cercano il percorso più breve, tenendo comunque in conto anche il tempo per andare fino all'uscita più vicina. Questo si vede quando gli agenti del *Settore 101*, invece di salire al *Livello 4* dello stadio, cercano di scendere al *Livello 3* e poi cercare l'uscita. Il tempo che gli agenti ci mettono a sfollare i settori è **4' 42"**.

Nell'immagine sotto si vede tutta la tribuna, con i rispettivi tifosi per ogni settore. In questo momento gli spettatori sono fermi e aspettano di eseguire l'evacuazione appena verrà segnalato la fine della partita, o in casi eccezionali, emergenze di vari tipi, incendio, attacco terroristico, ecc…

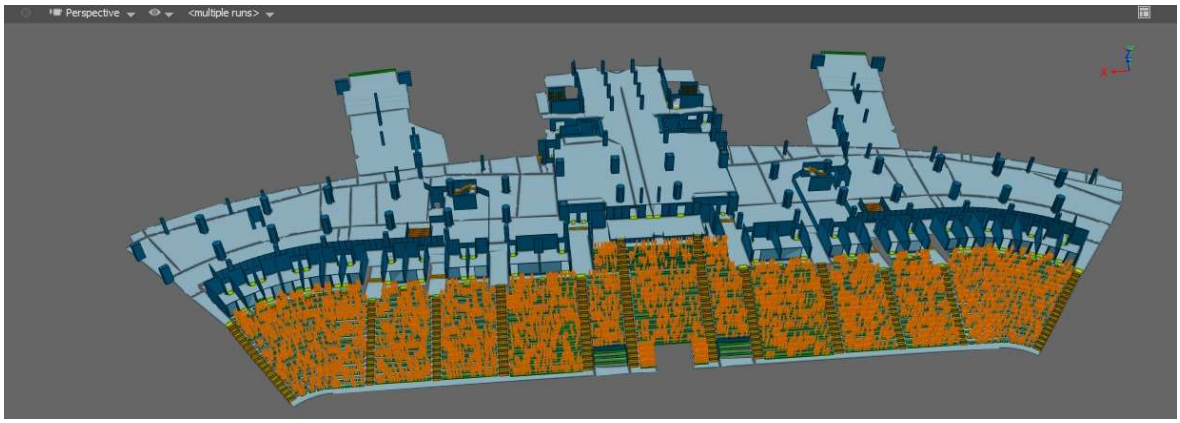


Figura 7. 2. Configurazione iniziale spettatori nella tribuna

L'immagine riportata qui sotto fa vedere il comportamento degli agenti dopo che l'evacuazione è iniziata, e con ciò anche il loro spostamento dalla postazione di sosta fino all'uscita più vicina. Si nota la fila creata nelle due scale (evidenziata di rosso) *E_S_0.A* e *E_S_0.B*, dove gli agenti non salgono per salire al *Livello 4*, ma "preferiscono" di scendere al *Livello 3* perché corrisponde al percorso più breve, al costo di aspettare di più in fila, quindi al costo di avere un tempo d'esodo maggiore.

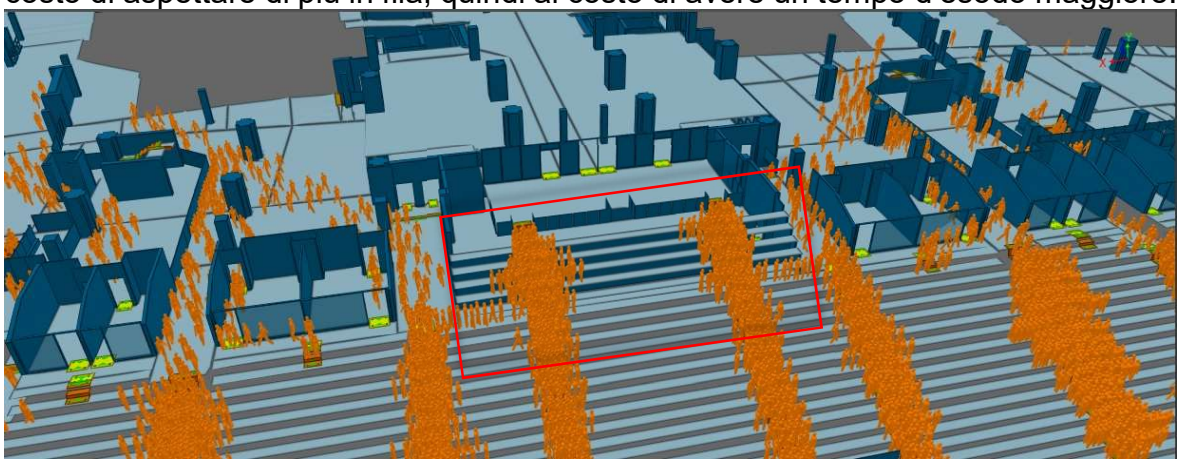


Figura 7. 3. Inizio spostamento dei tifosi

Nell'immagine sotto riportata si vedono i percorsi (in arancione) che seguono gli agenti durante l'esodo.

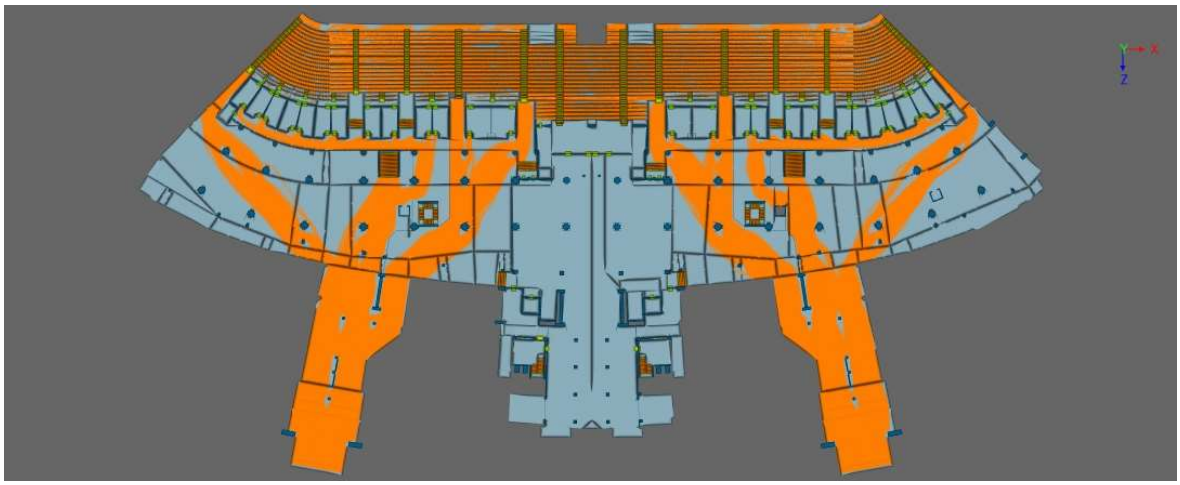


Figura 7. 4. Percorsi tracciati da MassMotion di tutto il processo di evacuazione

Qui sotto si vede la densità media degli agenti lungo il percorso di uscita. Si nota (in rosso) che la densità maggiore si crea in corrispondenza del cambio della direzione del percorso. La densità è misurata in persone al metro quadrato [persone/m^2].

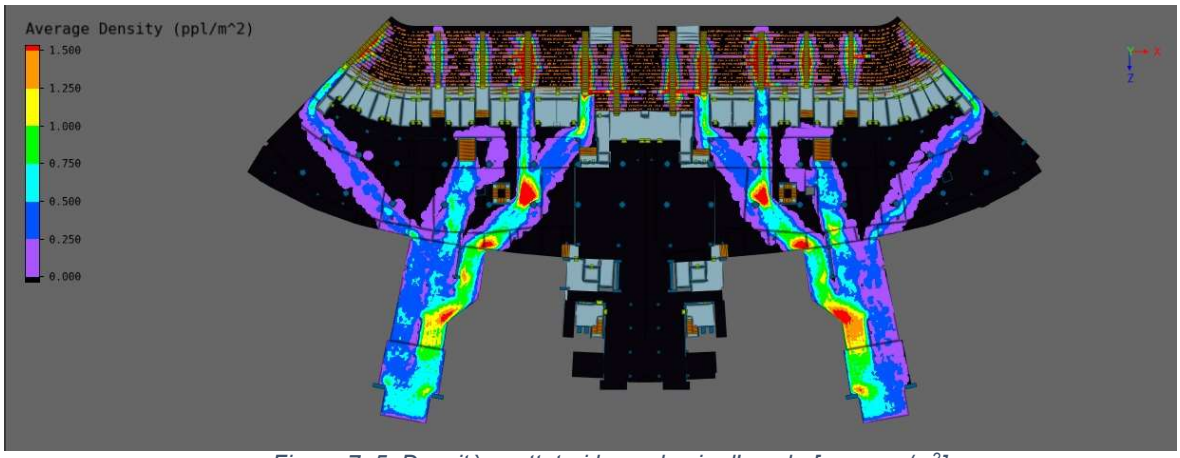


Figura 7. 5. Densità spettatori lungo le vie d'esodo [persone/m^2]

Nell'immagine riportata sotto si vede il tempo che i tifosi ci mettono a sfollare la tribuna (evidenziata in rosso), **4'42"**.

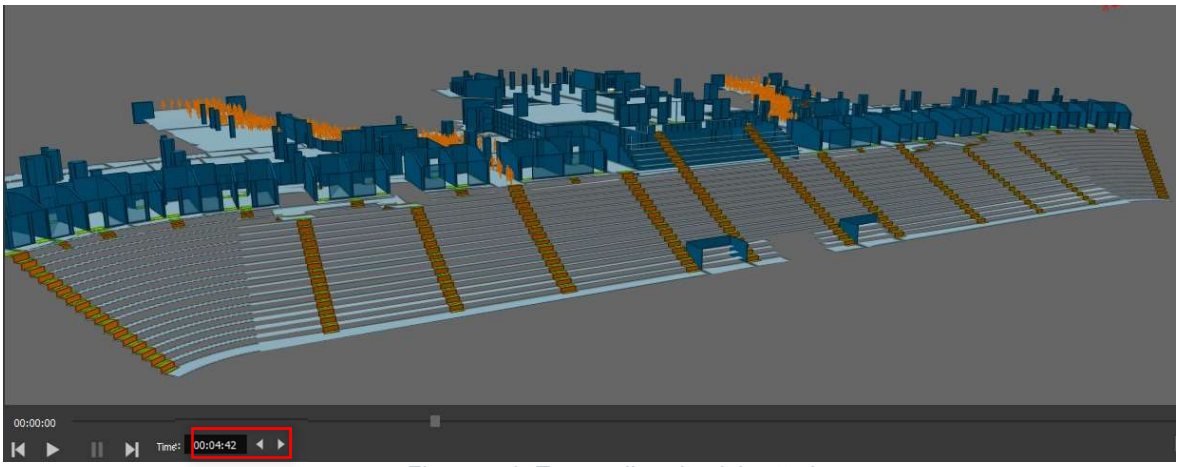


Figura 7. 6. Tempo di uscita dai settori

Nel grafico riportato qui sotto si esprimono i tempi entro i cui gli spettatori riescono ad uscire dallo stadio, non solo dalle tribune. Questo grafico, insieme alle immagini precedenti sono tutte ricavate dallo software di simulazione, MassMotion.

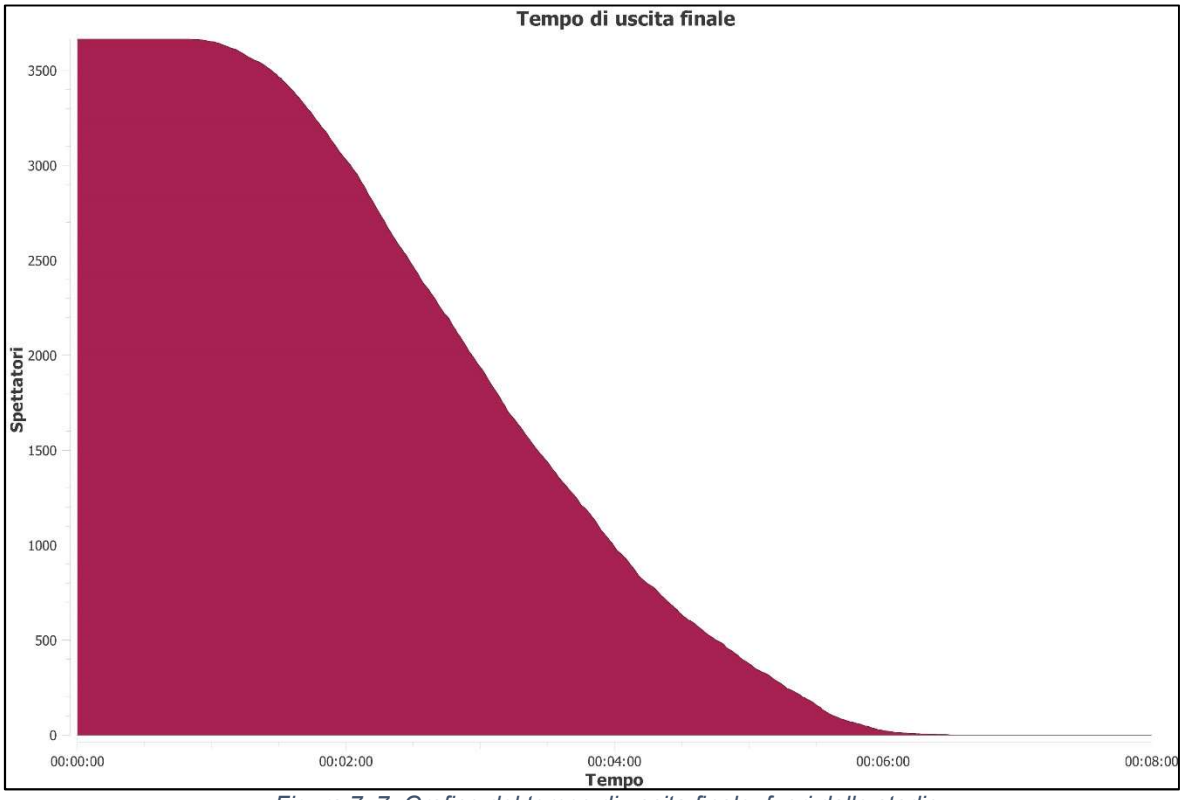


Figura 7. 7. Grafico del tempo di uscita finale, fuori dallo stadio

Nella seconda simulazione invece si è imposto il vero tragitto degli agenti indicando a loro in quale vomitorio entrare e i percorsi da seguire. Nell'immagine sotto si vede la configurazione iniziale dei tifosi prima che iniziano a camminare. Il tempo di esodo è pari a **4'15"**.

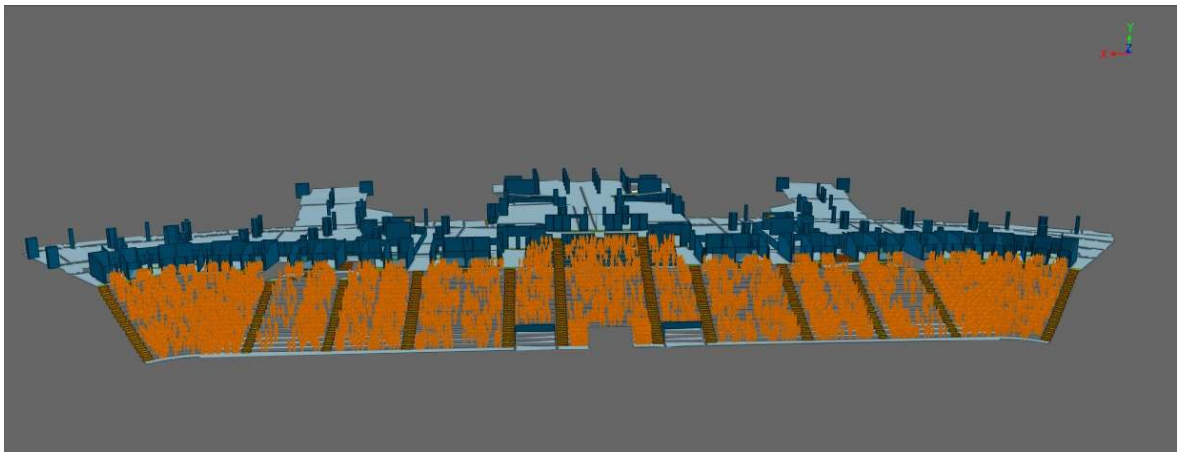


Figura 7. 8. Configurazione iniziale tifosi, Primo Anello Tribuna Ovest

L'immagine riportata qui sotto fa vedere il comportamento degli agenti dopo che hanno iniziato ad evacuare la tribuna, e con ciò anche il loro spostamento dalla postazione di sosta fino all'uscita più vicina. Si nota che i tifosi del settore 101_s, 101_c e 101_d, usano le due scale (evidenziate di rosso) *E_S_0.A* e *E_S_0.B*, perché, come succede anche nella realtà, cercano di uscire da dove sono entrati. Quindi gli agenti salgono per salire al *Livello 4*, per poi prendere le scale e scendere al *Livello 3*, cercando poi l'uscita più vicina.

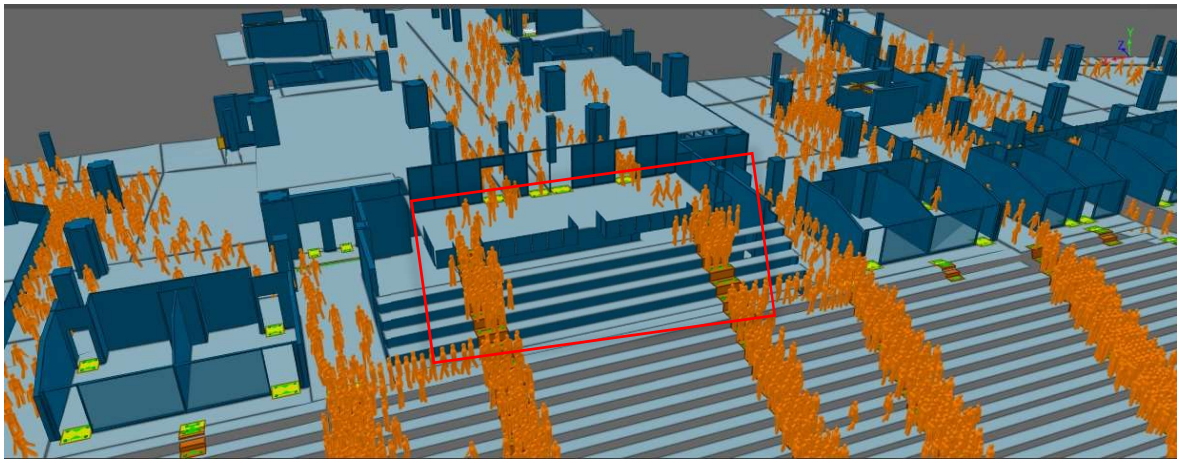


Figura 7. 9. Inizio spostamento tifosi, uso del Livello 4 da parte degli spettatori

Nell'immagine sotto si vedono i percorsi (in arancione) che gli agenti hanno tracciato durante tutto l'evento.

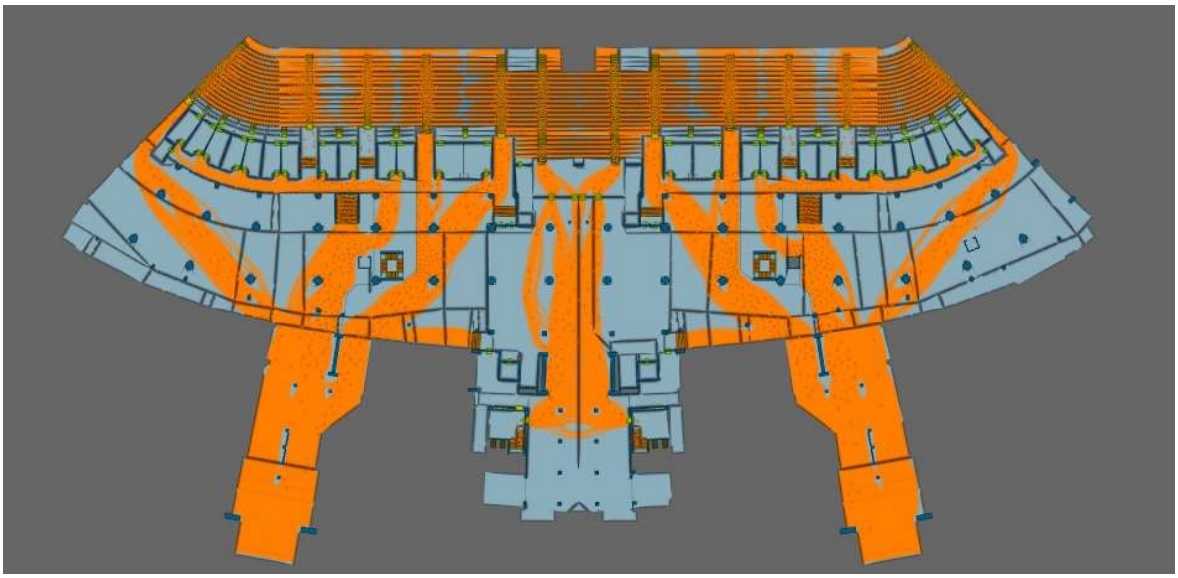


Figura 7. 10. Percorsi d'esodo tracciati da MassMotion, su tutta la durata dell'esodo

L'immagine seguente fa notare la densità media degli agenti lungo il percorso di uscita. Si nota (in blu) che la densità maggiore si crea in corrispondenza del cambio della direzione del percorso. La densità è misurata in persone al metro quadrato [persone/m^2].

Figura 7. 11. Densità dei percorsi d'esodo, [persone/m^2]

Come detto anche prima la tribuna si svuota in **4'15"**. Nell'immagine sotto la verifica.

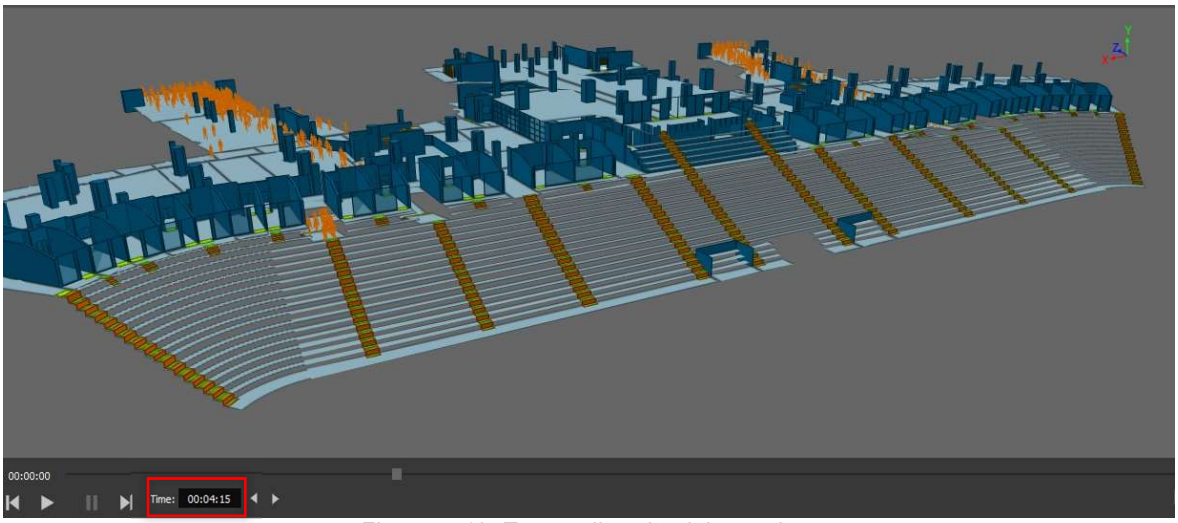


Figura 7. 12. Tempo di uscita dai settori

Il grafico riportato qui sotto fa vedere il tempo di uscita di tutti gli spettatori fuori dallo stadio, ovvero il tempo di uscita degli spettatori fino all'luogo sicuro (se l'evento fosse un incendio). Questo grafico, insieme alle immagini precedenti sono tutte ricavate dallo software di simulazione, MassMotion.

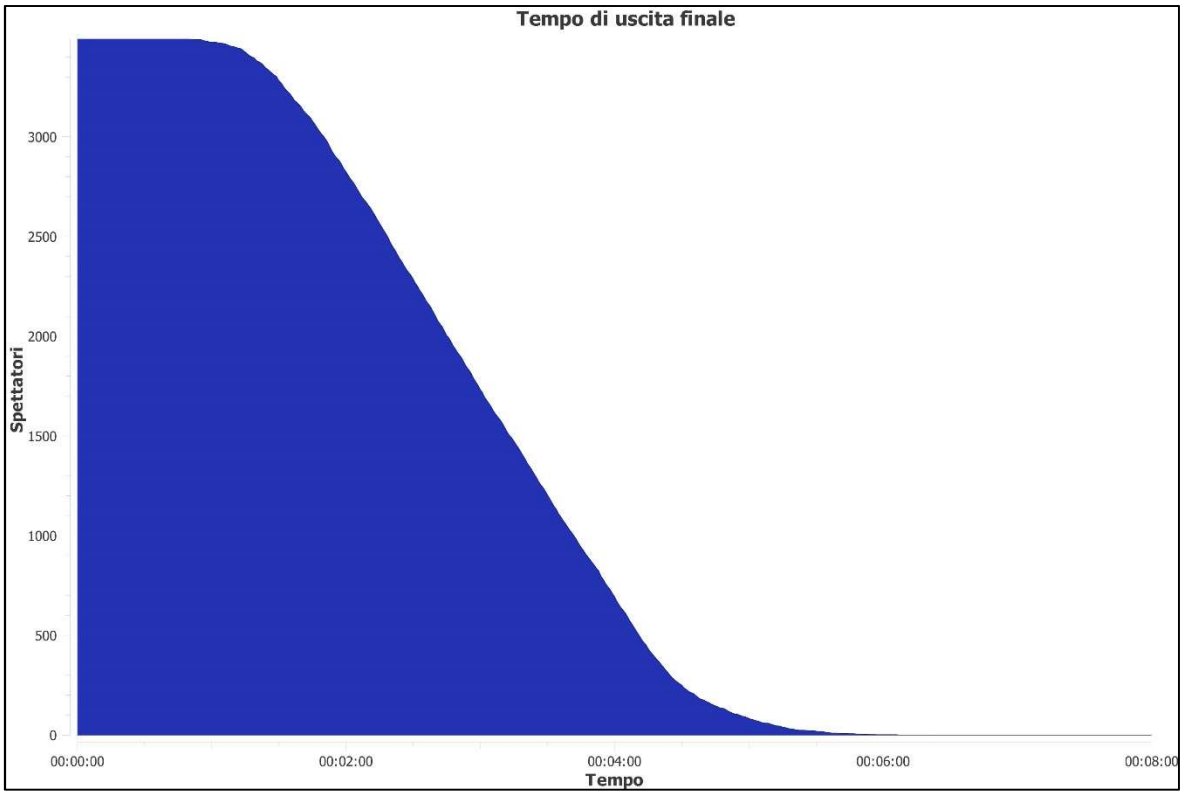


Figura 7. 13. Grafico del tempo di uscita finale, fuori dallo stadio

7.3. Simulazione T100 tramite modello BIM

Così come per la simulazione del Primo Anello della Tribuna Ovest, anche per la simulazione del ristorante al Livello 3 dello stadio, ovvero il T100, si sono considerati due casi diversi.

Il primo è stato quello di fare una simulazione di default, quindi lasciare gli agenti a seguire le indicazioni del programma. Inizieranno a cercare le uscite più vicine per poi rintracciare le uscite finali. La configurazione iniziale degli agenti si vede nell'immagine sotto. Nel modello 3D del locale si sono implementati gli arredi per far coincidere alla realtà il comportamento delle persone nel caso di esodo. Come detto anche nel capitolo precedente, l'arredamento del locale combacia alla prima configurazione del ristorante.

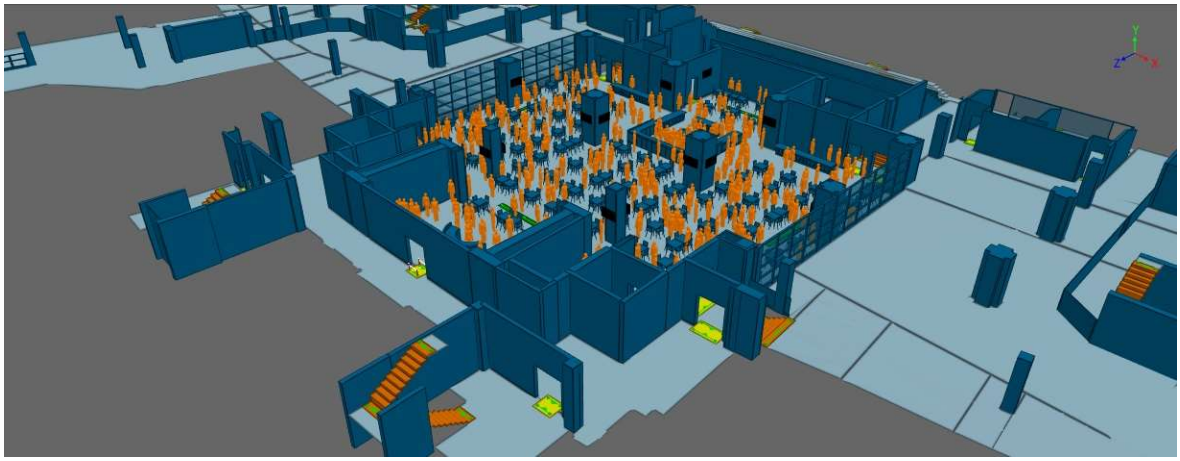


Figura 7. 14. Configurazione iniziale persone dentro il T100

Appena il segnale dà l'avvio al processo di esodo, le persone iniziano a muoversi e dirigersi verso le uscite più vicine. Nell'immagine sottostante si vede tale azione.

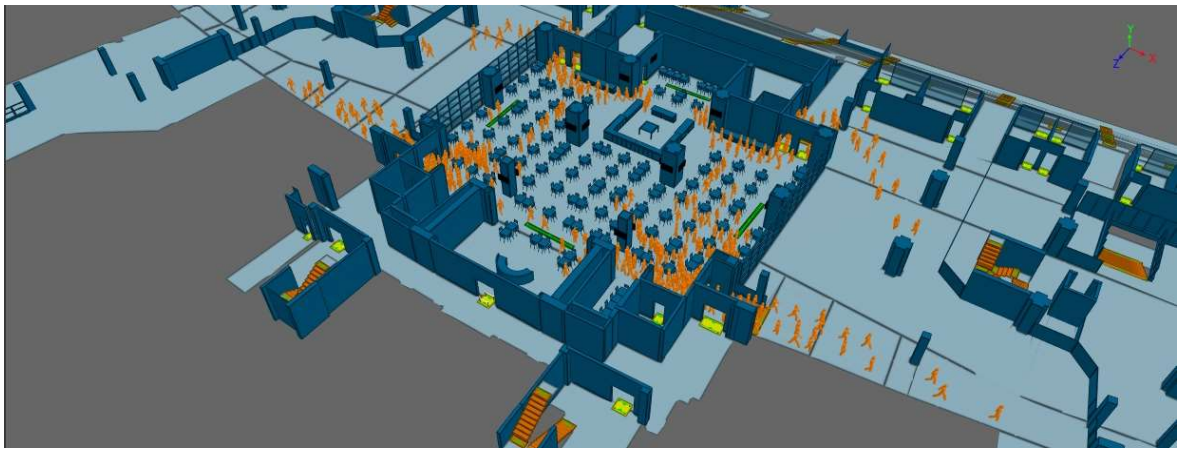


Figura 7. 15. Inizio dello spostamento delle persone

In questa immagine si nota il percorso che hanno compiuto gli agenti per andare verso le uscite di sicurezza per poi uscire fuori dallo stadio.

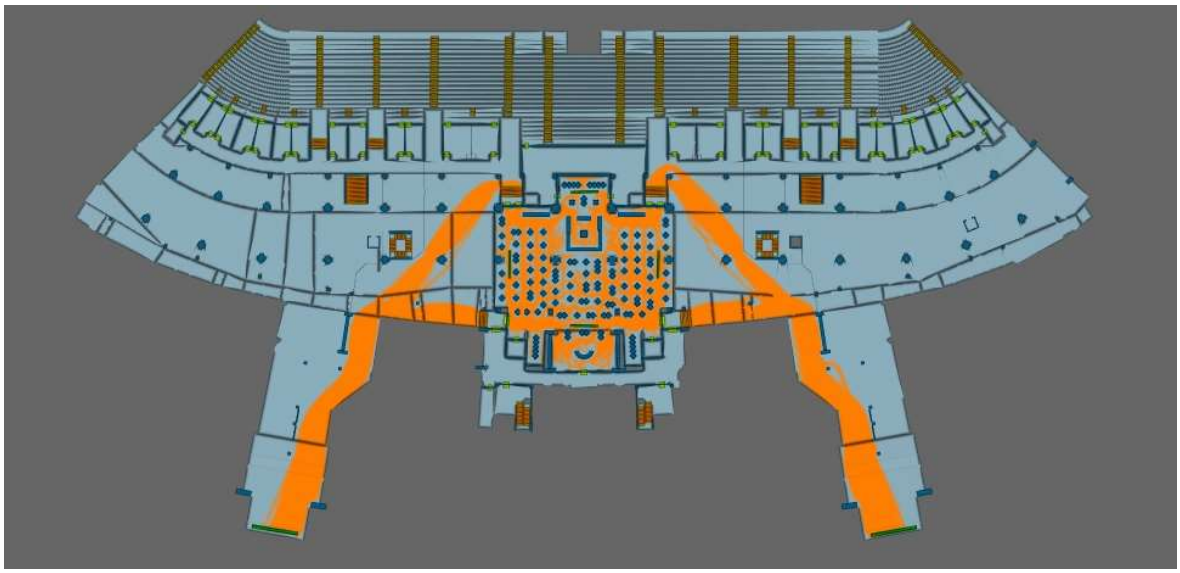


Figura 7. 16. Percorsi tracciati dal programma per tutto l'esodo

La densità delle persone al metro quadro è illustrata nell'immagine seguente. La folla si è accumulata di più in corrispondenza ai percorsi non lineari, e laddove il percorso cambia direzione, si notano le densità maggiori, dove il rosso e il bordeaux fanno notare tale aspetto.

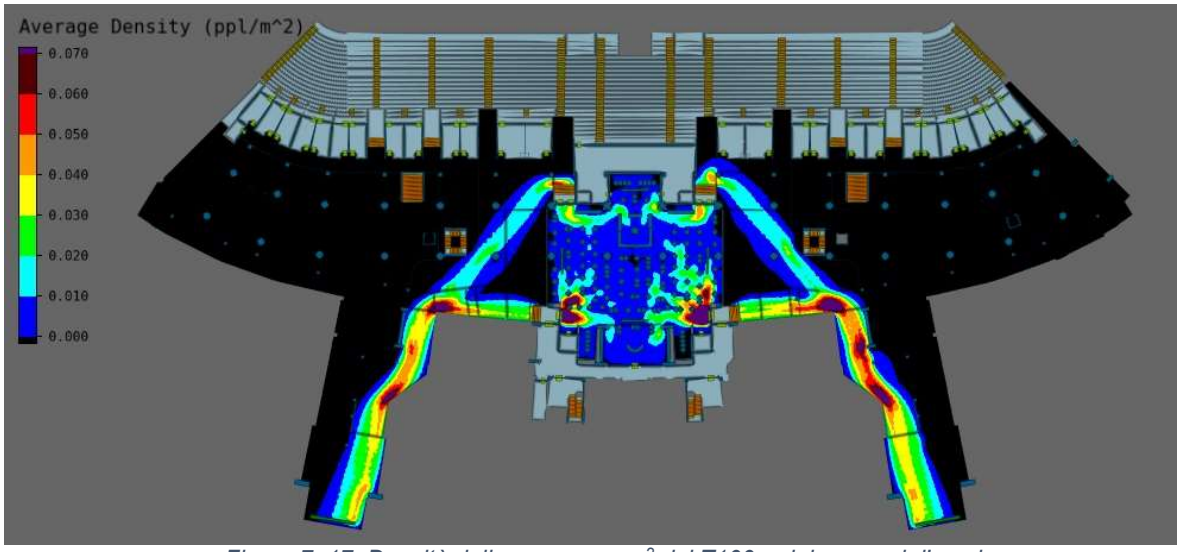


Figura 7. 17. Densità delle persone a m^2 del T100 e dei percorsi d'esodo

In questa caso, cioè quando il modello è quello di default, quindi il programma sceglie lui stesso dove (già imposte le uscite finali) e come far esodare le persone. Il tempo in questo caso è di **0'57"**.

Figura 7. 18. Tempo di uscita dal locale

Per quanto riguarda il tempo di uscita finale, cioè il tempo che ci mettono le persone ad uscire dallo stadio è dato dal grafico seguente. Esso conferma che 350 persone possono uscire dallo stadio in **2'30"**. Il grafico fa vedere che ci sono due picchi, dovuti ai percorsi seguiti dagli agenti. Gli agenti che arrivano per primi all'uscita finale escono dalle porte indicate con la freccia rossa, quindi formano un flusso. Gli agenti che escono dalle porte indicate con la freccia nera e bordo rosso, formano l'altro flusso. Questi due flussi hanno due tempi di arrivo all'uscita finale diversi fra loro, formano i due picchi che si notano sul grafico seguente.

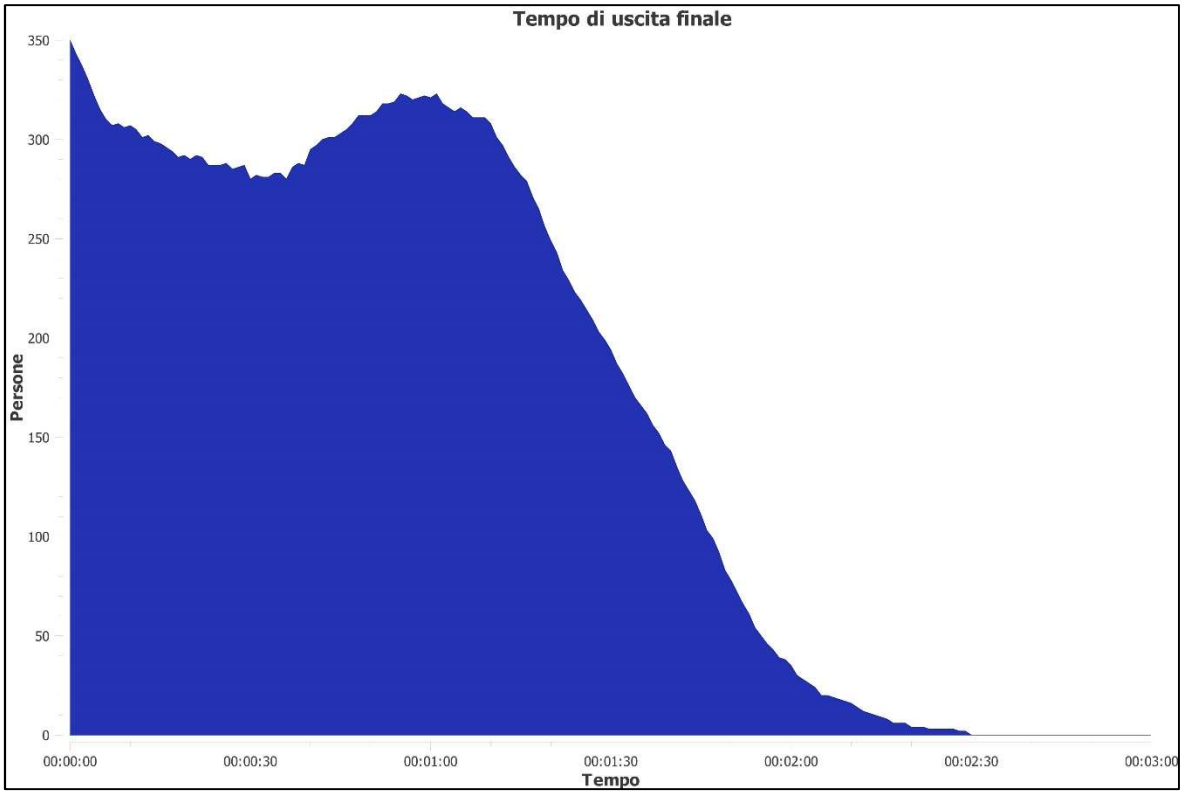


Figura 7. 19. Grafico del tempo di uscita fuori dallo stadio

Nella seconda configurazione, la capacità di sfollamento delle porte d'esodo è impostato basandosi sulla "*Green Guide*", ovvero impostare lo sfollamento in una superficie piana pari a 82 persone/metro/minuto.

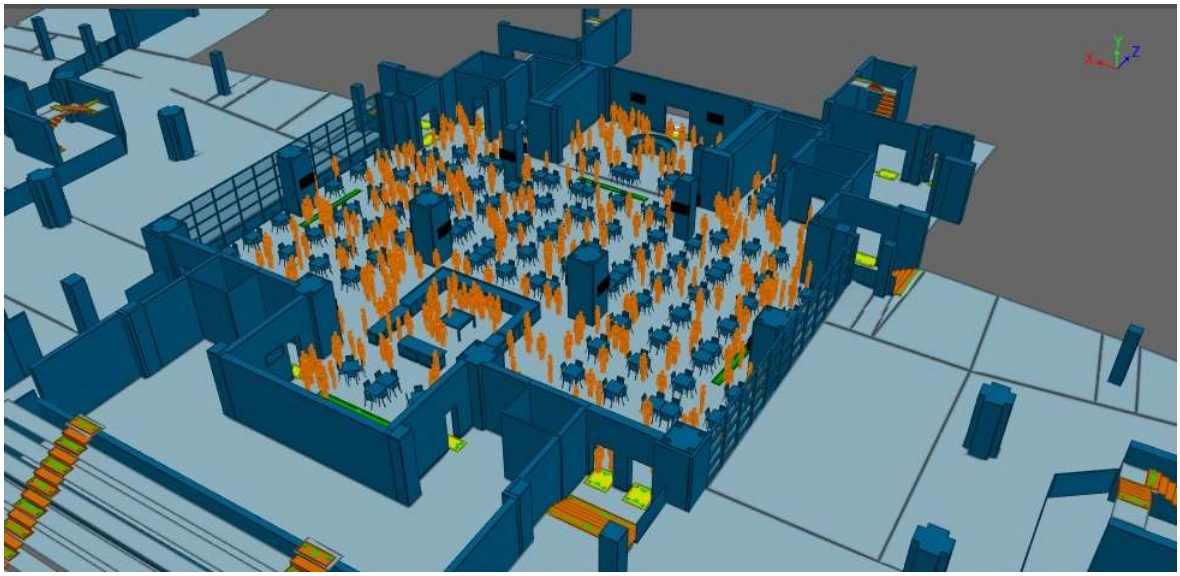


Figura 7. 20. Configurazione iniziale, T100

Nell'immagine seguente viene illustrato ciò che è stato detto prima, ossia l'impostazione della capacità di deflusso.

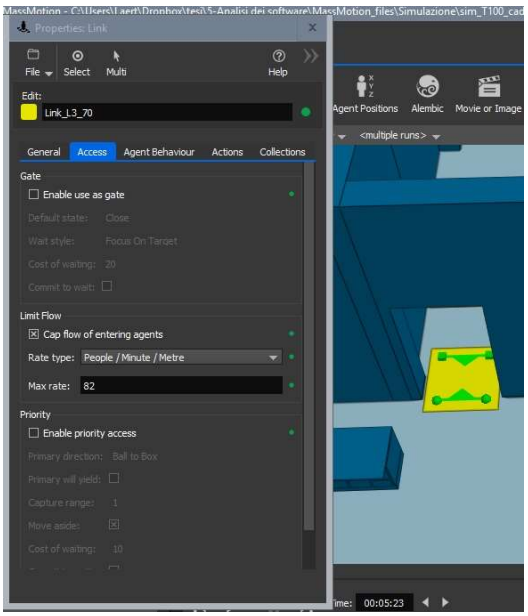


Figura 7. 21.Impostazione del flusso delle persone al metro in un minuto

Appena le persone hanno iniziato a muoversi, si sono indirizzati verse le porte più vicine, lasciando il programma a fare tale ragionamento.

Figura 7. 22. Inizio dello spostamento delle persone dopo l'allarme

Il percorso d'esodo è illustrato nell'immagine seguente, dove in arancione sono tracciati tutti i percorsi d'evacuazione durante tutto il tempo dall'inizio, fino alla fine.

Figura 7. 23. Percorsi seguiti dalle persone in tutto l'evento

La densità delle persone a metro quadro è mostrato nell'immagine sottostante, dove come in tutti gli altri casi, il rosso e il bordeaux, indicano la concentrazione maggiore di persone.

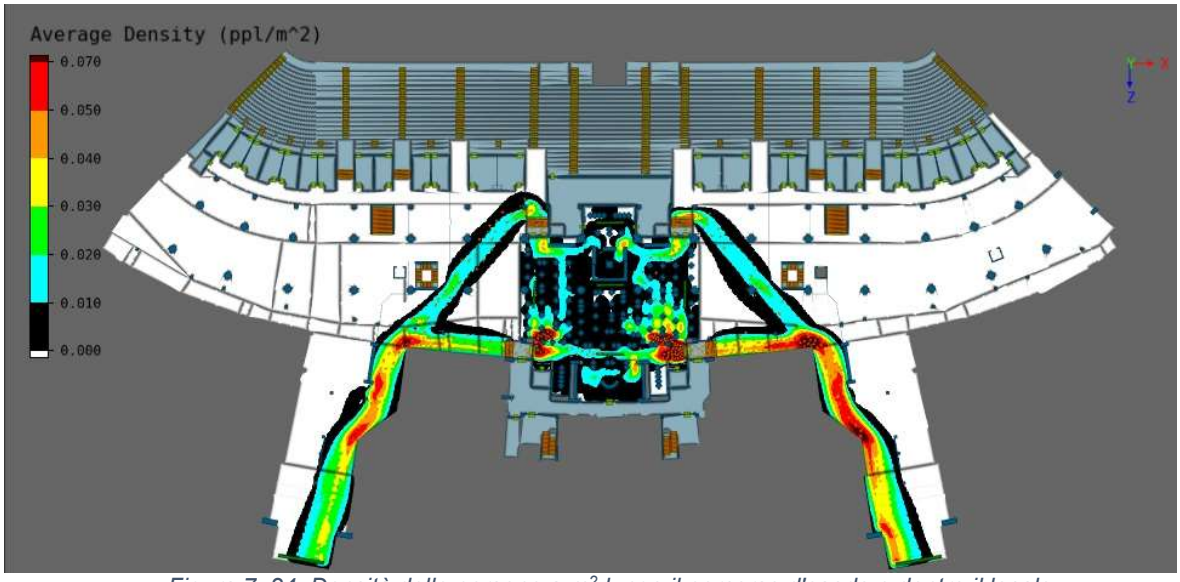


Figura 7. 24. Densità delle persone a m² lungo il percorso d'esodo e dentro il locale

Nell'*immagine 7.25* è indicato il tempo di uscita delle persone dal ristorante, ovvero il T100, in **0'53"**.

Figura 7. 25. Tempo di evacuazione del locale

Per quanto riguarda il tempo di uscita finale, cioè il tempo che ci mettono le persone ad uscire dallo stadio è dato dal grafico seguente. Il grafico seguente conferma che 350 persone possono uscire dallo stadio in poco meno di **2'30"**.

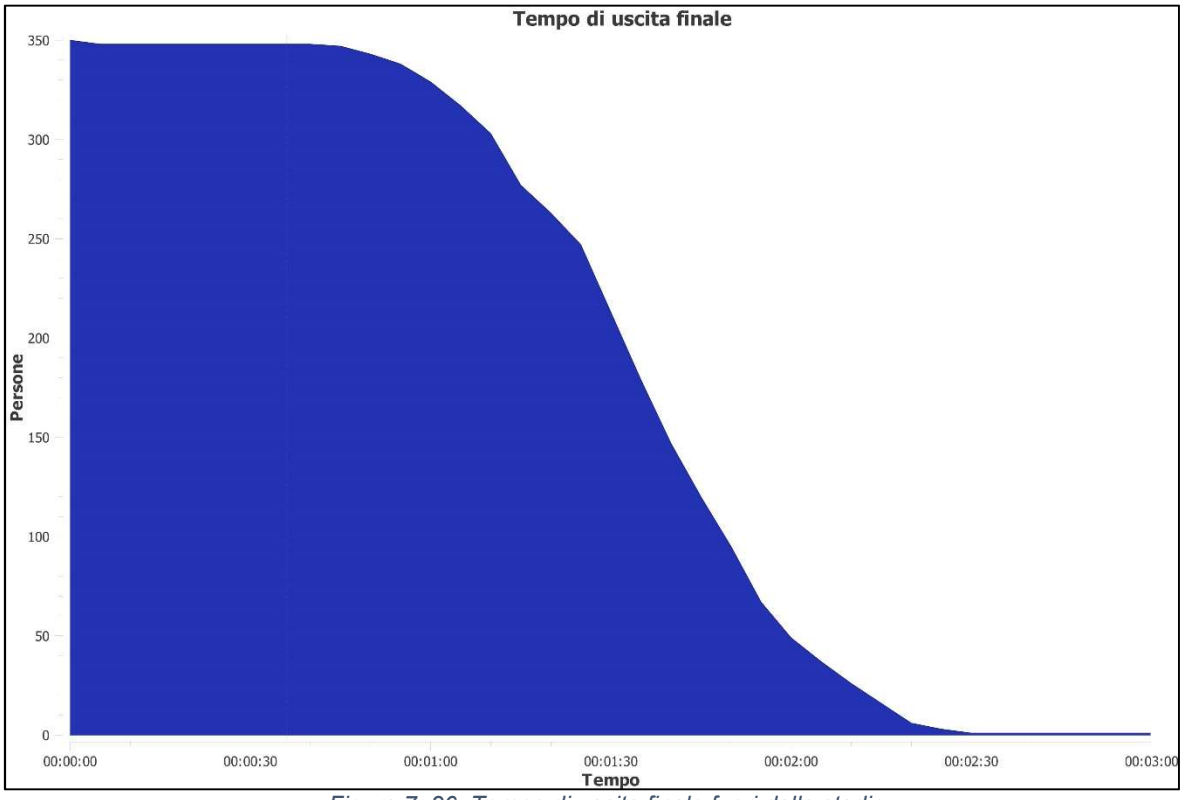
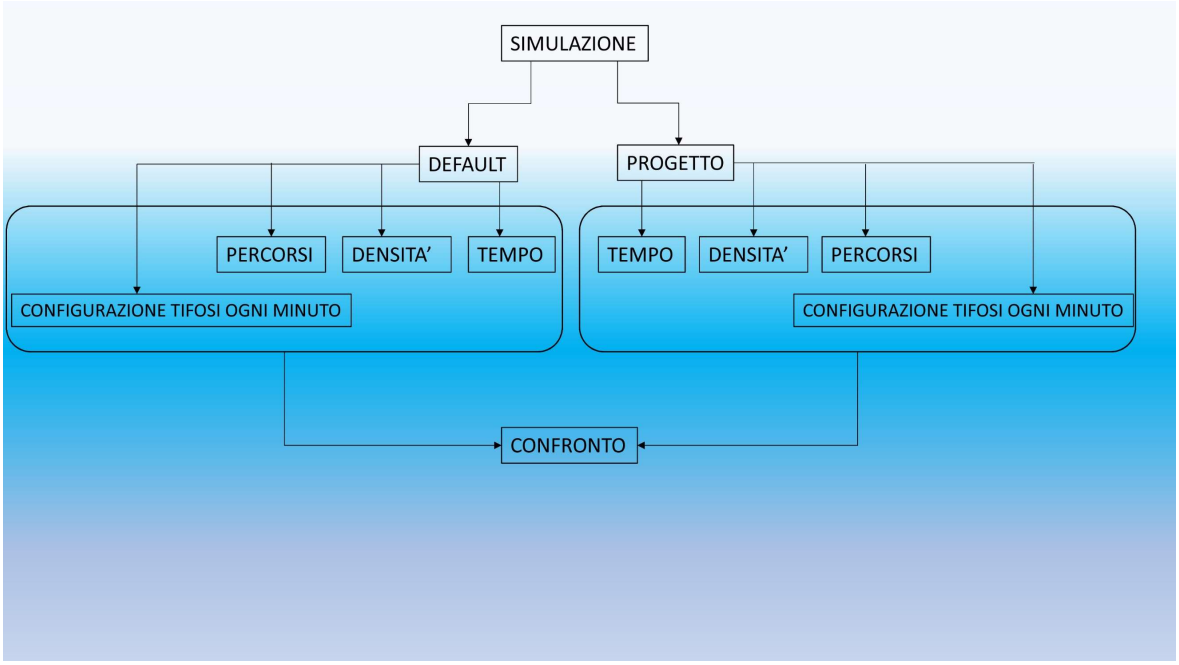
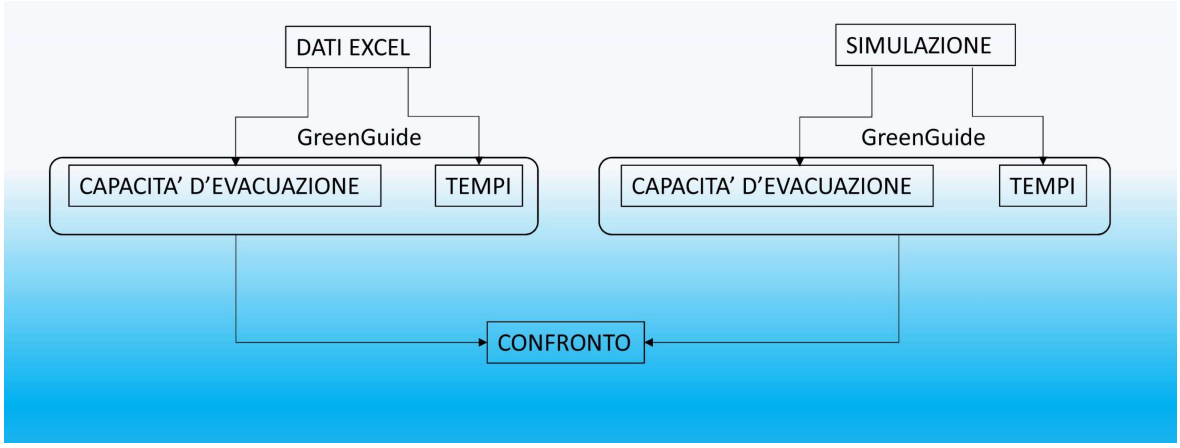


Figura 7. 26. Tempo di uscita finale fuori dallo stadio




DATI EXCEL
SIMULAZIONE
GreenGuide
GreenGuide
CAPACITA' D'EVACUAZIONE
TEMPI
CAPACITA' D'EVACUAZIONE
TEMPI
CONFRONTO

8. CONCLUSIONI

Gli obbiettivi della tesi sono stati quelli di capire come funziona l'esodo in uno stadio di calcio e applicare queste conoscenze ad un caso reale. Il caso studio in esame è lo stadio di una squadra di calcio di Torino, l'Allianz Stadium, di proprietà della società calcistica Juventus F.C.

Le normative di riferimento per tale studio sono "*Il codice prevenzione incendi*" e "*Prevenzione incendi, impianti sportivi*", di carattere nazionale, e un regolamento britannico detto "*Guide to Safety at Sports Grounds – Green Guide*".

Per arrivare all'obbiettivo ad avere un sistema d'esodo funzionale, i parametri in gioco sono tanti, a partire dai materiali usati. Siccome l'esodo in generale è un argomento legato strettamente agli incendi, allora i materiali che compongono i vari settori dello stadio devono essere in conformità alla destinazione d'uso. In questo caso i seggiolini e le poltrone devono essere di Classe 1 IM, quindi resistenti al fuoco. Così come le poltrone, anche gli altri materiali che compongono il sistema d'esodo devono essere resistenti al fuoco. Più questi materiali sono durevoli, minore è il carico d'incendio di un settore, o via d'esodo.

Un altro aspetto molto importante considerato nella presente tesi è il comportamento della folla internamento allo stadio. Essendo uno sport seguito in generale dal sesso maschile, e visti gli esperimenti fatti, si considera come uno dei variabili più importanti, legati strettamente al loro comportamento e al loro profilo, facendo notare il genere umano presente durante la partita. Questo fatto può aiutare un processo di evacuazione, ma può comportare degli aspetti negativi. Tale comportamento è strettamente legato anche alla "filosofia" e la storia del club calcistico a cui i tifosi fanno parte. Altri profili che possono influenzare in negativo lo sfollamento dello stadio sono la presenza dei bambini e la presenza delle persone disabili (anche se i percorsi dedicati a questi ultimi non interferiscono con i percorsi d'esodo previsti per gli spettatori normodotati).

Si considerano come ulteriori fattori da sottolineare gli scenari d'incendio, introdotti nella normativa italiana "*Il codice prevenzioni incendi*". Insieme a tale aspetto, occorre tenere in considerazione anche la durata dell'incendio, quindi anche la durata dello scenario d'incendio. Nell'analisi in esame si considera la salvaguardia della vita, ovvero dall'evento scatenante fino al momento in cui tutti gli occupanti dell'attività raggiungono o permangono in un luogo sicuro. Nel caso in cui, il luogo sicuro risulti in prossimità o interno all'opera, devono essere valutate eventuali interazioni tra il mantenimento della capacità portante dell'opera da costruzione ed il luogo sicuro. In questo punto la cosiddetta "*Green Guide*" cerca di suddividere uno stadio di calcio in cinque zone diverse: le tribune, il campo di calcio, i percorsi sia quelli di uscita che di esodo, un luogo aperto considerato luogo sicuro temporaneo e alla fine lo spazio di servizio fuori dallo stadio, considerato come il luogo finale di uscita.

Per ottenere i risultati espressi nei capitoli precedenti si è fatto fede al programma di calcolo (Excel) e al software di simulazione (MassMotion). Parallelamente, al fine di ottenere gli stessi risultati calcolati secondo la "Green Guide" con MassMotion, è stata seguita una metodologia e l'interoperabilità tra i programmi ha dato i risultati desiderati. Si è passato dal modello BIM dello stadio (realizzato dal laboratorio di

ricerca del *Politecnico di Torino*, **Drawing to the Future**) modellato con *Autodesk Revit*, al formato che consente l'interoperabilità tra gli software, il formato *IFC*, fino ad arrivare al risultato finale, quello di avere il modello pronto per importarlo su *MassMotion*. A questo punto è stata eseguita la simulazione richiesta.

Nei calcoli fatti su Excel si notta che la capacità a far esodare due settori presi in esame, il **Settore [(1/2)x104 + (1/2)x105]** e il **Settore [(1/2)x123 + (1/2)x124]**, non viene verificata in funzione del tempo di riferimento pari a 4 min, come visibile nel grafico sottostante.

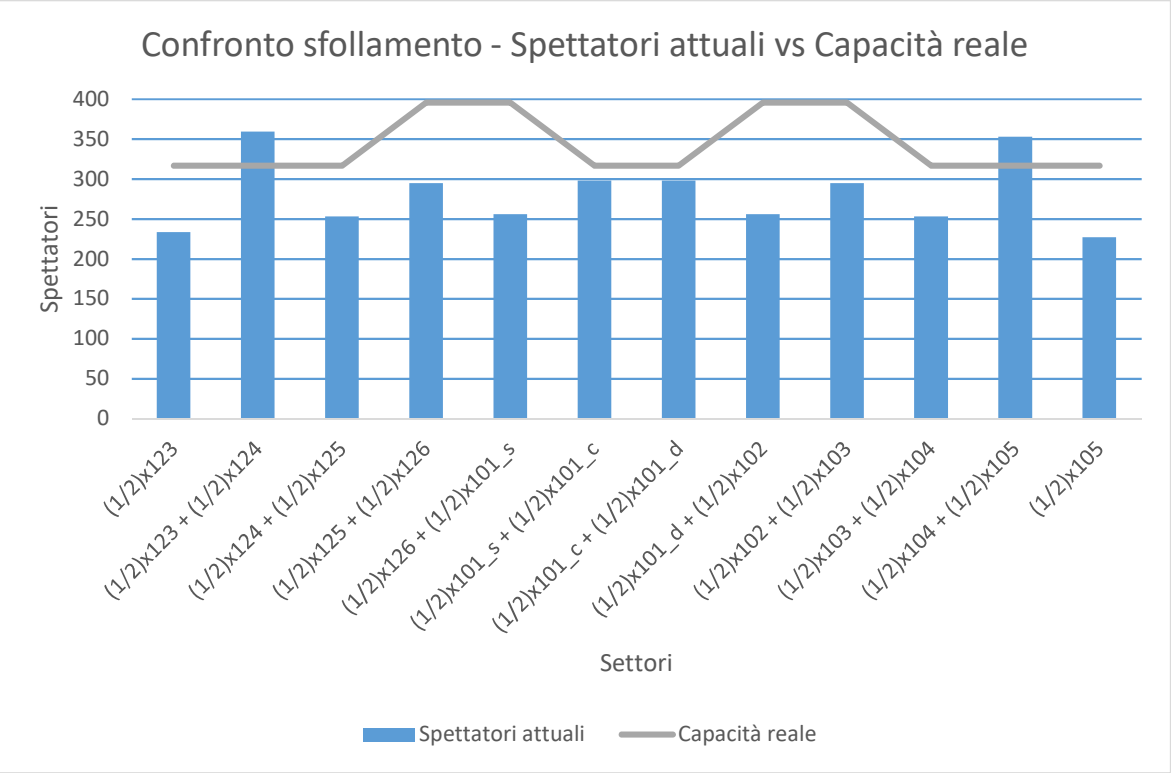
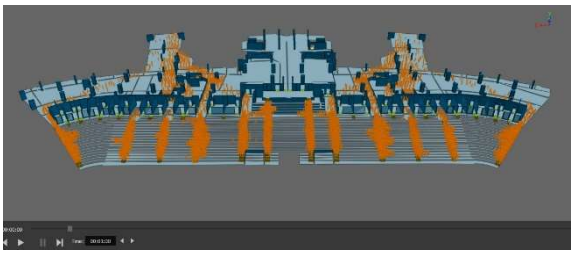


Figura 8. 127. Paragone tra il numero degli spettatori attuali e la capacità reale dei settori

Dunque, il tempo necessario per far esodare i settori sopra menzionati, al termine delle analisi e dei calcoli condotti, risulta pari a **4'36"**. Il confronto di questo risultato viene fatto con le due configurazioni di esodo simulato con MassMotion. Nel primo caso MassMotion ha dato come tempo di evacuazione **4'42"**. Nel secondo caso, quando l'esodo è stato progettato e le vie sono state sfollate seguendo la "Green Guide", il tempo di evacuazione era di **4'15"**. I tre risultati avuti non si differenziano di molto tra di loro, soprattutto i calcoli fatti con Excel e la simulazione di default hanno una differenza di soli 6 secondi. La simulazione fatta seguendo i consigli della guida britannica invece dà risultati notevolmente migliori, ovvero una differenza di **19 secondi** rispetto ai calcoli fatti sul foglio di calcolo.

Sotto sono riportati anche altre differenze tra le due simulazioni, con un intervallo di 1 min. Si notano le diversità tra i due modelli, a sinistra la prima configurazione e a destra la seconda.



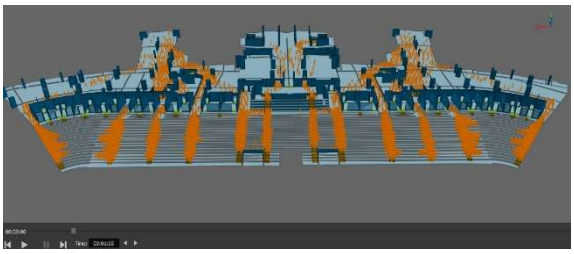
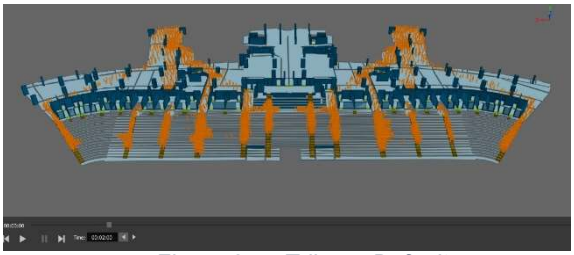


Figura 8. 228. Tribuna Default *Figura 8. 3. Tribuna progetto*

Immagini scattate dopo 1 minuto



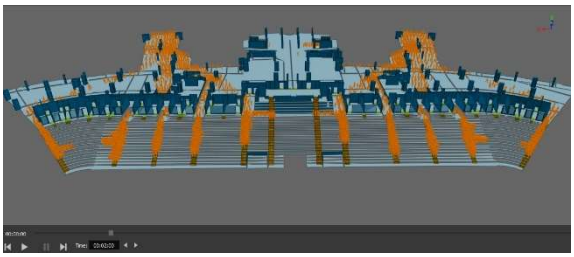
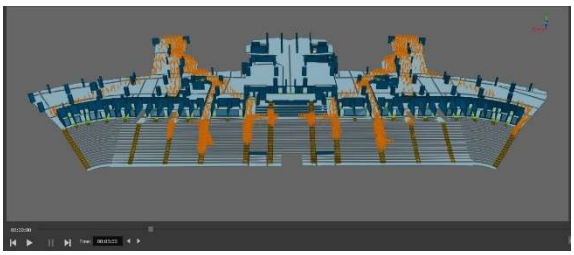


Figura 8. 4. Tribuna Default *Figura 8. 5. Tribuna progetto*

Immagini scattate dopo 2 minuti



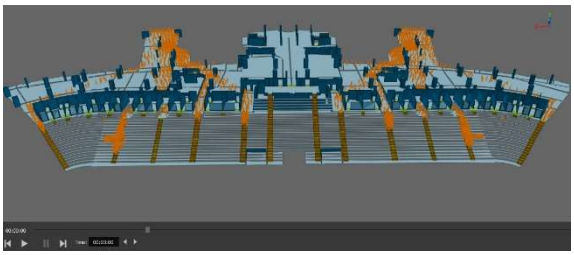
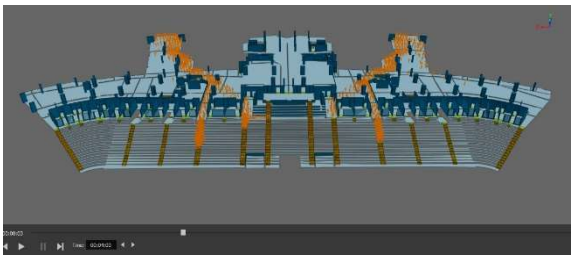


Figura 8. 6. Tribuna Default *Figura 8. 7. Tribuna progetto*

Immagini scattate dopo 3 minuti



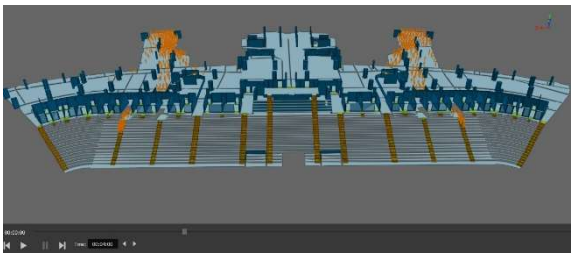


Figura 8. 8. Tribuna Default *Figura 8. 9. Tribuna progetto*

Immagini scattate dopo 4 minuti

Sotto sono stati riportati due estratti dei regolamenti di FIFA e UEFA per quanto riguarda il tempo di evacuazione. Secondo il regolamento della FIFA, il tempo di evacuazione è di 10 minuti. Per quanto riguarda il tempo di esodo negli stadi, il regolamento della UEFA impone che tale tempo sia minore di 8 minuti.

3. Exit capacity (C)

This is the number of people that can safely exit from the viewing area under normal conditions, within a reasonable timeframe, not to exceed ten minutes. The following factors will affect the exit capacity:

a) The number, size and dispersal of exit gates.

b) The adequacy of directional information and communications and the familiarity of the spectators with the stadium layout.

c) The width and distribution of stairways, escalators, and gangways.

Figura 8. 10. Estratto regolamento FIFA, Exit capacity (C)

di ingresso ed uscita, allora questa cifra più bassa deve essere considerata come la capacità di sicurezza dello stadio. È ora ampiamente sancito che tutti gli spettatori debbano poter uscire dal catino dello stadio e raggiungere un punto sicuro entro un massimo di otto minuti. Questo valore è basato sul massimo tasso di deflusso attraverso le uscite dello stadio pari a 660 persone all'ora. Ci sono però dei margini di variazione sulla base della dimensione e del progetto dello stadio, e in particolare in relazione al suo livello di resistenza al fuoco.

valore d
per lo
registra
di sicure
autorità

Scalin

I vomito
vie di a
corridoi
stadio.
passag
dei sed
spettatori accedono ai loro posti
dovrebbero essere progettati p
ottimale di persone in condizior
devono anche essere capaci d
flusso in situazioni di emergenza
debba essere evacuato.

Determinare le dimensioni corret
per soddisfare i requisiti di sicure
che possano essere calcolate c

Figura 8. 11. Estratto regolamento UEFA, tempo massimo uscita

Come si vede dai vari regolamenti e normative, il tempo massimo di esodo negli stadi è di otto minuti. Nelle due tabelle seguenti sono i riportati i dati dei tempi di esodo per i regolamenti nazionali e internazionali. In base a questi tempi si fa la verifica delle simulazioni fatte. Tutti i tempi sono verificati secondo le regole imposte dalle normative/regolamenti.

Regolamento	Tempo di esodo [minuti]
FIFA	10
UEFA	8
GREEN GUIDE	8
NORMATIVA ITALIANA	8

Tabella 8.1. Confronto dei tempi di esodo

Simulazione	Tempo	Esito verifica
GREEN GUIDE	4,25	OK
NORMATIVA ITALIANA	4,71	OK
MASSMOTION	4,7	OK

Tabella 8.2. Esito delle verifiche dei tempi

Nel caso della simulazione con MassMotion dei due scenari, quello di default e secondo “Green Guide”, il confronto è stato utile per capire anche le differenze tra i due, in tempi, densità di persone a metro quadrato, percorsi e capacità di sfollamento.

Nel T100, i tempi di esodo, i percorsi tracciati, e le densità lungo tutte le vie d’esodo, cambiano poco perché in questo caso la simulazione riguarda un locale di piccoli dimensioni, quindi riguarda una folla di 350 persone.

Tempi d'esodo secondo [minuti]		Esito verifica
GREEN GUIDE	0,53	OK
MASSMOTION	0,58	OK

Tabella 8.3. Esito delle verifiche dei tempi per il T100

9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Marsella S., Nassi L., **L'ingegneria della sicurezza antincendio e il processo prestazionale. Guida alla fire safety engineering ed esempi applicativi**, EPC; 2° edizione, 2010

- Amico A., Bellomia G., **Fire safety engineering. Ingegneria della sicurezza antincendio**, Utet Scienze Tecniche, 2011.

- **Codice prevenzione incendi**, D.M. 3 agosto 2015.

- **Prevenzione Incendi Impianti Sportivi**, D.M. 18 marzo 1996.

- Department for Culture, Media and Sport, **Guide to Safety at Sports Grounds, Green Guide 2008***,* 5° edition, 2008.

- Rose Challenger, Chris W. Clegg, Mark A. Robinson, **Understanding crowd behaviours, supporting evidence**, University of Leeds, June 2009.

- Wanless, Graham, Stanton, Richard, **Crowd behaviour and associated management**, IABSE reports, 1994.

- FIFA**, Stadium Safety and Security Regulations,** Luglio 2008.

- UEFA, **Guida UEFA agli stadi di qualità,** 2006.

- Raineri A., **Crowd science for mass gatherings and events**, Paper, Melbourne, Agosto 2016.

- Oasys Software, **MassMotion help Guide**, Luglio 2017.

- NFPA 101 “Life Safety Code”, National Fire Protection Association: www.nfpa.org sito web attivo al 15/12/2017.

- International Fire Code 2009, International Code Council www.iccsafe.org sito web attivo al 15/12/2017.

- Edilportale: http://www.edilportale.com/normativa/decreto-ministeriale/1996/approvazione-della-regola-tecnica-di-prevenzione-incendi-per-la-progettazione-costruzione-ed-esercizio-dei-locali-di-intrattenimento-e-di-pubblico-spettacolo._569.html sito web attivo al 16/12/2017.

- Notifier by Honeywell: https://www.notifier.it/index.asp sito web attivo al 17/12/2017

- Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco: http://www.vigilfuoco.it/aspx/Page.aspx?IdPage=3861 sito web attivo al 17/12/2017

- Stadia magazine: http://www.stadia-magazine.com/ sito web attivo al 20/06/2017

- National Institute of Standards and Technology: https://www.nist.gov/ sito web attivo al 01/04/2018

- Fire Safety Engineering Italia: https://www.fse-italia.eu/ sito web attivo al 15/02/2018

- World Stadium: http://www.worldstadiums.com/stadium_pictures/europe/italy/torino_juventus.shtml sito web attivo al 20/02/2018

- Mappa Allianz Stadium: https://www.sesei.it/juventus/mappa-stadio/ sito web attivo al 20/10/2017

- Oasys MassMotion: https://www.oasys-software.com/ sito web attivo al 15/04/2018

- Thunderhead Engineering – Pathfinder: https://www.thunderheadeng.com/pathfinder/ sito web attivo al 15/04/2018

- Gestione emergenze in alberghi e ristoranti: https://www.puntosicuro.it/incendio-emergenza-primo-soccorso-C-79/gestione-emergenza-ed-evacuazione-C-84/gestione-emergenze-in-alberghi-ristoranti-AR-15573/ sito web attivo al 10/05/2018

- Ingenio: https://www.ingenio-web.it/6323-il-bim-per-il-fire-engineering-e-per-il-safety-management sito web attivo al 10/05/2018

- Acca Software, nomenclatura elementi: http://biblus.acca.it/bim-nomenclatura-dei-dati-da-archiviare/ sito web attivo al 11/05/2018

- Famiglie Autodesk Revit: https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ITA/Revit-Model/files/GUID-4EBB97AD-C7B6-4828-91EB-BC0E99B81E43-htm.html sito web attivo al 11/05/2018

- Formato IFC: https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Revit-DocumentPresent/files/GUID-E029E3AD-1639-4446-A935-C9796BC34C95-htm.html sito web attivo al 20/05/2018

- Formato IFC: https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ITA/Revit-DocumentPresent/files/GUID-7119A8C3-A0EE-4568-8C35-750410D867C9-htm.html sito web attivo al 20/05/2018

RIFERIMENTI

[1] Oasys-Arup, «Oasys-Arup,» Arup, [Online]. Available: https://www.oasys-software.com/case-studies/. [Consultato il giorno 06 Luglio 2018].

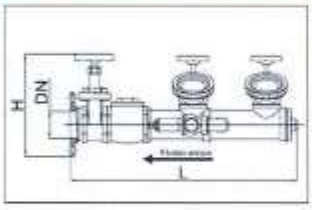
[2] P. Cancelliere e G. Gai, «Reseache Gate,» Maggio 2017. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/318659748_Sensitivity_analysis_for_the_evacuation_modelling_of_road_tunnels_using_MassMotion. [Consultato il giorno Giugno 2018].

[3] M. Mashhadawi, «Lund University,» 2016. [Online]. Available: https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8875378. [Consultato il giorno Giugno 2018].

ALLEGATI

Art. 205/B

Gruppo attacco autopompa di mandata UNI 10779 FLANGIATO PN 16 con attacco VV.F. UNI 70 femmina girello - Attestato Istituto Giordano
In ottone EN 1982, attacco UNI 70 a norma UNI 808;
Connessione idrica flangiata PN 16
Valvola di sicurezza tarata a 12 Bar
Tappi di protezione in polipropilene secondo UNI10779.
Modello da coibentare
Per installazione orizzontale (per installazione verticale richiedere modello 205D, pag. 40)
Connection for fire brigade truck pump flanged type



COD.	SPECIFICA	DN	L	H	P
2972	Orizzontale con 1 idrante	100 (4")	500	340	260

Art. 36/GM

Cassetta da esterno per gruppo autopompa sigillabile con lastra
In acciaio zincato non verniciato. Telaio portavetro in alluminio anodizzato.
Cabinet for fire department connection - outdoor installation

COD.	SPECIFICA	B x H x P (mm)
0141L	Per gruppi autopompa lunghi fino a 600 mm.	800x460x415

NB. per verniciatura rosso RAL 3000 su cassette gruppi autopompa aggiungere al prezzo base 85,00 €
Legenda: H = altezza massima; B = base massima; P = profondità

Art. 2/V

IDRANTE A MURO DA INTERNO A PARETE UNI EN 671-2 forma C. MARCATO CE CERT. N. 0497-CPD-172-05
Composto da:
- Cassetta a parete a bordi arrotondati e portello pieno DN 45 "Murano Collection", in acciaio al carbonio verniciato in poliestere rosso RAL 3000. Dim. mm H 510 x 400 x 160
- Tubazione flessibile DN 45 a norma EN 14540 mod. AB-PU, dotata di raccordi UNI 804 realizzati in ottone EN 1982; raccordatura a norma UNI 7422;
- Lancia a effetti multipli (vedi tabella per scelta modello)
- Rubinetto idrante a 45° DN 45 x 1"1/2 Gas (ISO 7) PN 16 cod. 0002.005
- Sostegno per tubazione di colore rosso (tipo 2 secondo EN 671-2)

Fire hydrant with lay-flat hose for indoors installation DN 45 - metal door

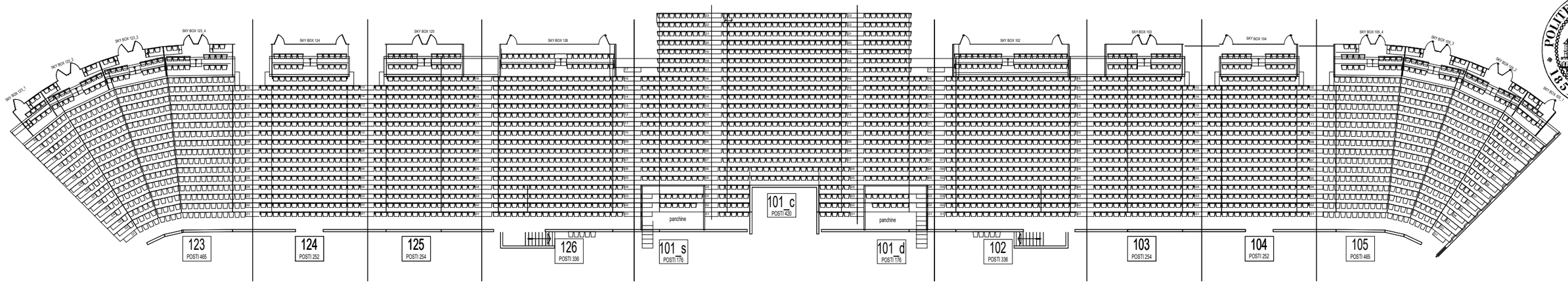
TIPO LANCIA	COD.	m.
STARJET ugello Ø 12 - K 72	1474UCE	20

Art. 64/A

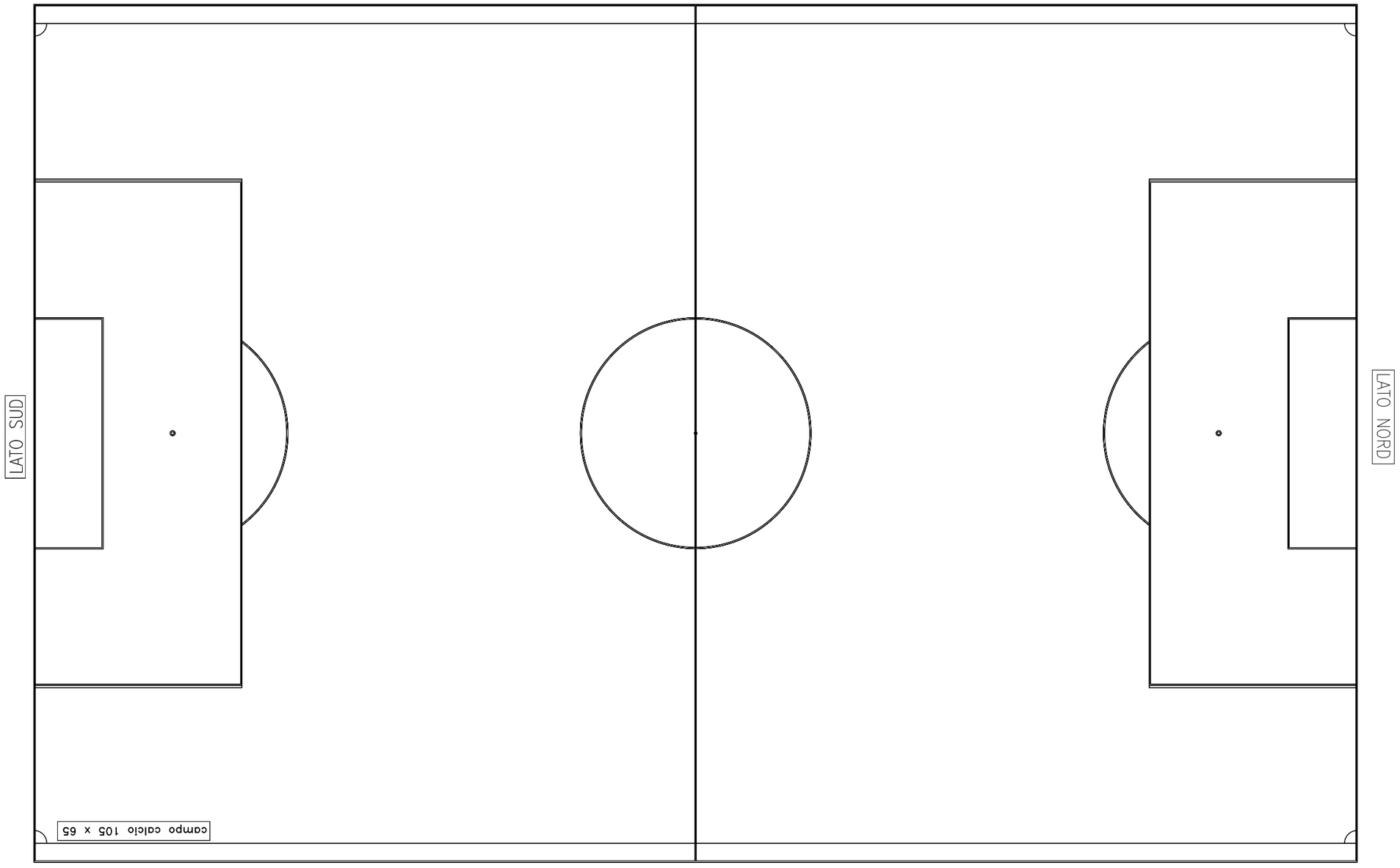
Idrante sottosuolo modello EUR a norma UNI EN 14339* flangiato con sbocco UNI 810
In ghisa EN-GJL-250 secondo UNI EN 1561-1, con scarico automatico antigelo; sbocco in ottone EN 1982 e tappo

COD.	SPECIFICA	H	L
0177C	Crotone DN 50, sbocco in ottone UNI 45	440	260

Allegato, Schede tecniche apparecchi idrici antincendio usati all'Allianz Stadium



LATO OVEST



Allegato

1

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale
Luglio 2018

Relatore:
Prof. Ing. Fabio Manzone

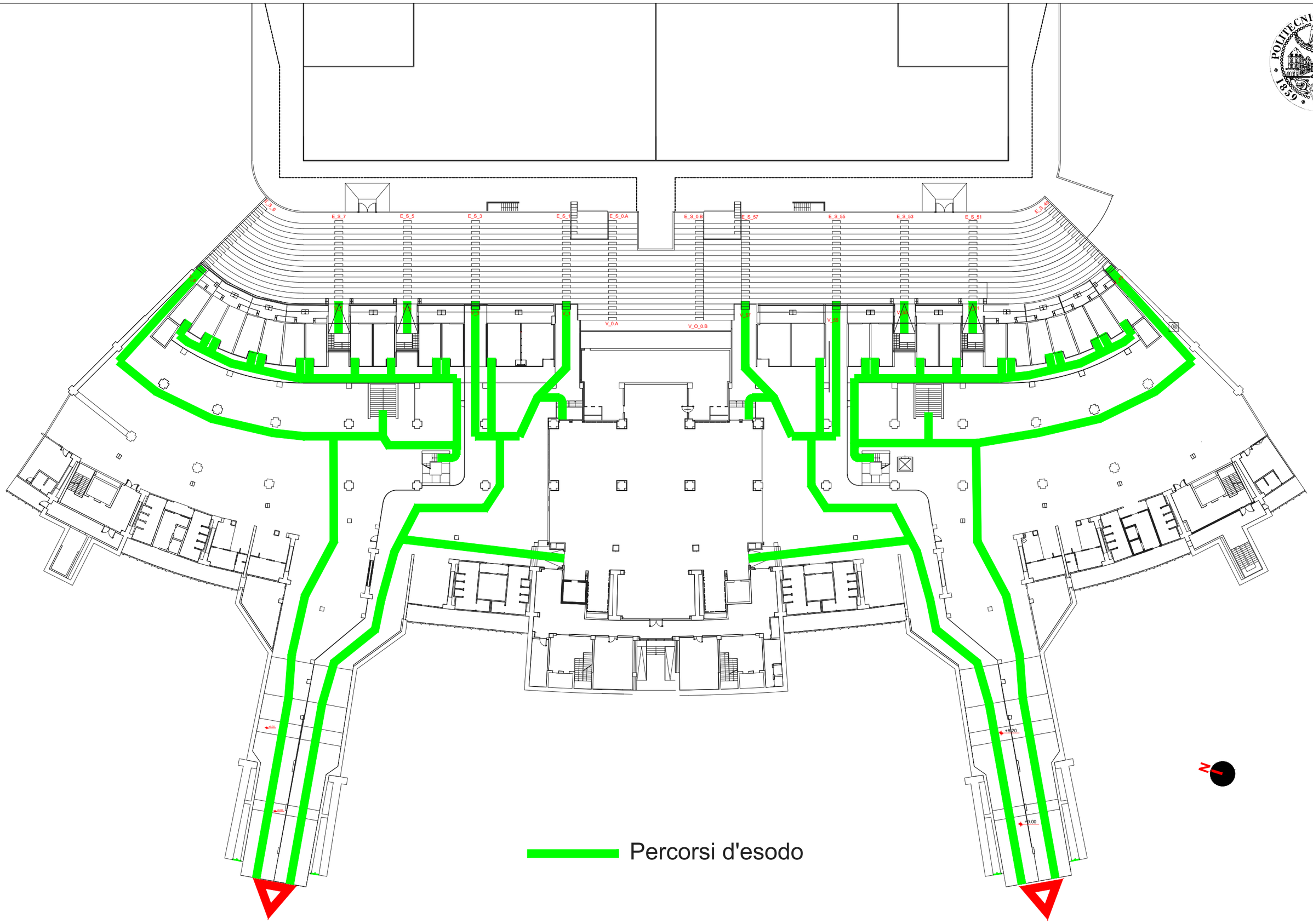
Correlatori:
Ing. Matteo Del Giudice
Ing. Andrea Barbero

Candidato:
Laert Xhembulla s214054

LX

Analisi del Tempo di Esodo
Stadi di calcio
Allianz Stadium

MAPPA SETTORI



Allegato

2

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale
Luglio 2018

Relatore:
Prof. Ing. Fabio Manzone

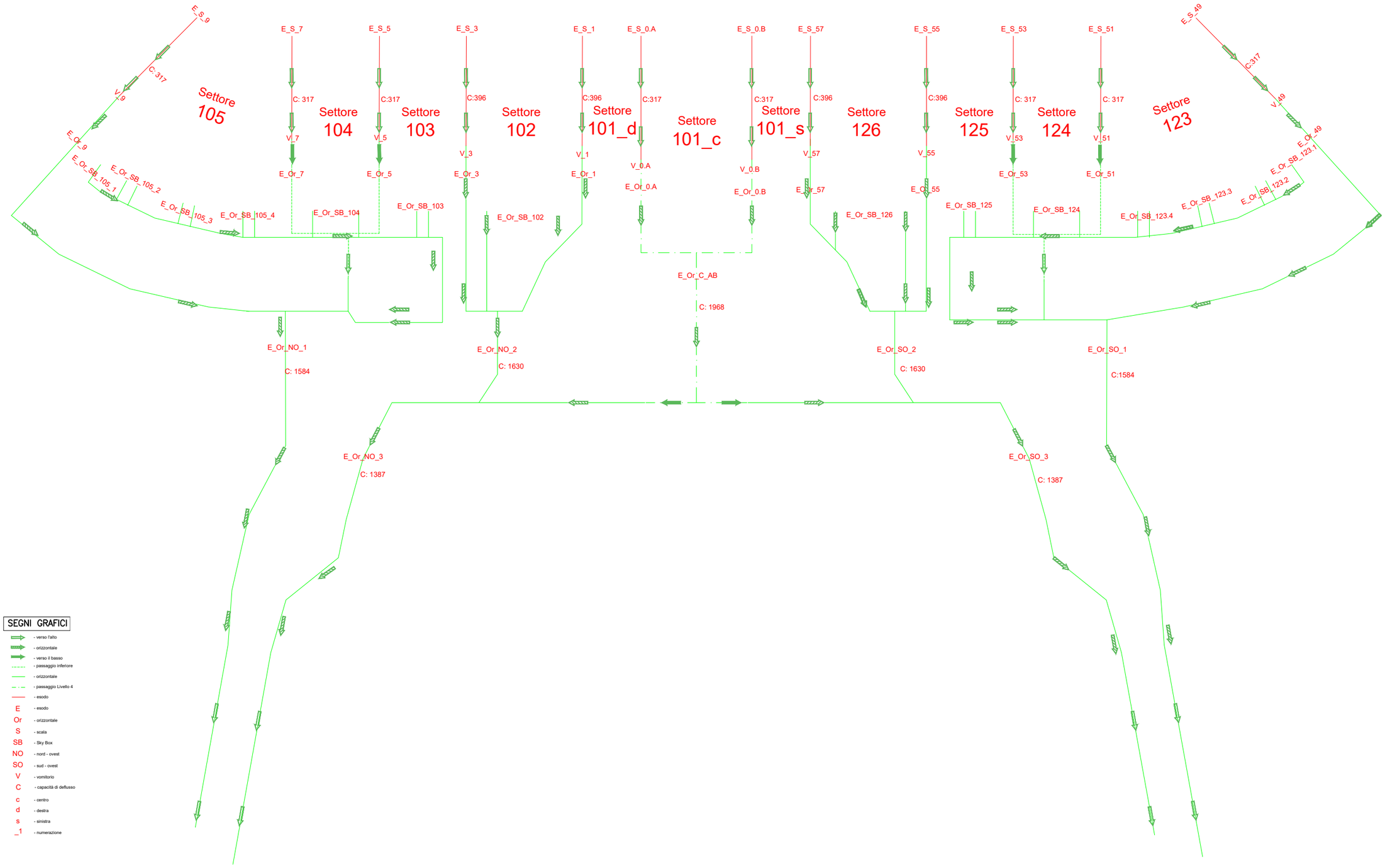
Correlatori:
Ing. Matteo Del Giudice
Ing. Andrea Barbero

Candidato:
Laert Xhembulla s214054

LX

Analisi del Tempo di Esodo
Stadi di calcio
Allianz Stadium

PERCORSI D'ESODO



Allegato

3

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale
Luglio 2018

Relatore:
Prof. Ing. Fabio Manzone

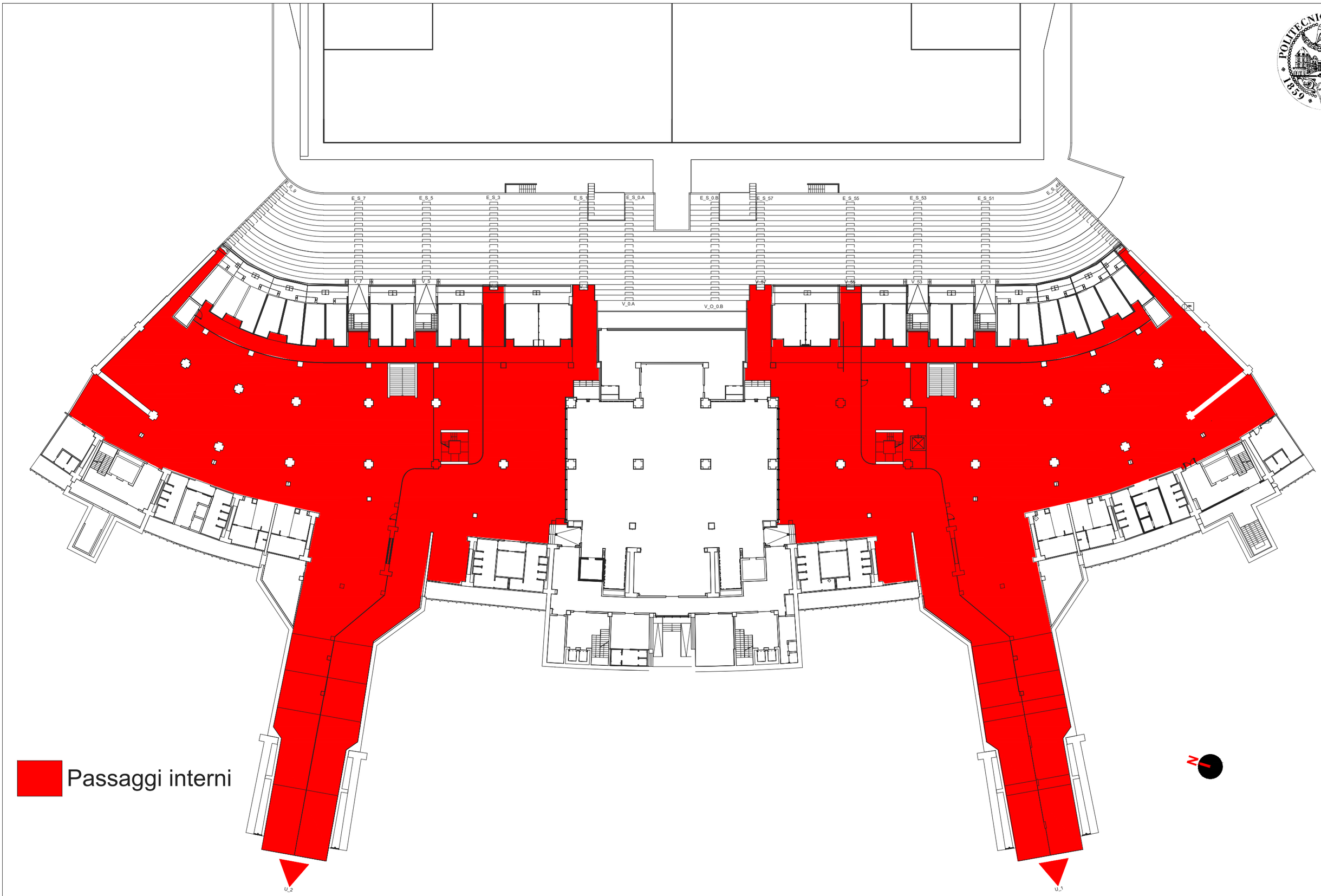
Correlatori:
Ing. Matteo Del Giudice
Ing. Andrea Barbero

Candidato:
Laert Xhembulla s214054

LX

Analisi del Tempo di Esodo
Stadi di calcio
Allianz Stadium

MAPPA PERCORSI D'ESODO
SCALE
VOMITORI



Passaggi interni

Allegato

4

Politecnico di Torino
Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale
Luglio 2018

Relatore:
Prof. Ing. Fabio Manzone

Correlatori:
Ing. Matteo Del Giudice
Ing. Andrea Barbero

Candidato:
Laert Xhembulla s214054

LX

Analisi del Tempo di Esodo
Stadi di calcio
Allianz Stadium

PASSAGGI INTERNI