Luce e spazio nei nuovi ambienti di apprendimento

Una proposta progettuale per l'Istituto Drovetti di Torino

Tesi di Laurea Magistrale
Floriana Imperiale

POLITECNICO DI TORINO

Facoltà di Architettura
Corso di Laurea Magistrale Architettura per il progetto sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

Luce e spazio nei nuovi ambienti di apprendimento
Una proposta progettuale per l'Istituto Drovetti di Torino

Relatore
Prof. Anna Pellegrino

Candidato
Floriana Imperiale

Correlatori
Prof. Valeria Minucciani
Ing. Fiorenzo Namèche
Arch. Pier Giorgio Turi

Luglio 2018

“Our goal is not to create lovely design.
Our goal is influencing the society.”

Rosan Bosch

Indice

Abstract

Parte I

1 Le premesse per introdurre il tema

1.1. Evoluzione del modello scolastico nella città sostenibile
1.2. Storia e sviluppo dell'edilizia scolastica italiana
1.3. Relazione tra architettura e pedagogia
1.4. Il processo partecipativo

2 La nascita di un nuovo modello scolastico

2.1. Le cause del cambiamento
2.2. Il superamento della classe tradizionale: l'esempio della classe 3.0 di Ancona
    2.2.1. Le differenti disposizioni spaziali
2.3. Potenzialità e limiti delle ICT
2.4. Oltre la classe: il coinvolgimento dell'intera scuola
    2.4.1. La multifunzionalità degli spazi: la scuola come civic center

3 Ricerca e interventi a livello internazionale

3.1. Contributi e ricerca di organi internazionali
3.2. Iniziative e casi studio oltreconfine
    3.2.1. Portogallo
    3.2.2. Belgio
    3.2.3. Danimarca
    3.2.4. Paesi Scandinavi

4 Il caso italiano

4.1. Il quadro normativo
4.1.1. Leggi e decreti
4.2. La ricerca italiana: i progetti INDIRE
4.3. Il patrimonio scolastico italiano
4.4. Il rinnovamento degli edifici esistenti: interventi e iniziative
4.4.1. Torino fa scuola: la scuola Fermi
4.4.2. Torino fa scuola: la scuola Pascoli

Parte II

5 L'illuminazione negli edifici scolastici

5.1. Requisiti nei suoi spazi d'apprendimento
5.2. Luce e comfort visivo
5.3. Effetti non visivi della luce
5.3.1. I ritmi circadiani
5.4. Influenza dell'illuminazione artificiale sulle prestazioni degli utenti
5.5. La normativa vigente
5.5.1. UNI 12464-1:2011
5.5.2. UNI 10840:2007

6 Illuminazione naturale

6.1. Il ruolo della luce naturale in campo educativo
6.2. La valutazione dell'illuminazione naturale
6.3. Sistemi di controllo per la radiazione solare

7 Luce ed energia

7.1. L'illuminazione nella valutazione del fabbisogno energetico degli edifici
7.2. La normativa in ambito energetico: UNI 15193-1:2017

7.2.1. L'indicatore LENI
7.3. Controllo e gestione della luce naturale e artificiale

Parte III

8 Caso studio Istituto Drovetti: stato dell'arte

8.1. Inquadramento generale e analisi architettonica
8.2. Analisi illuminazione
8.2.1.Illuminazione naturale
8.2.2.Illuminazione artificiale
8.3. Occupazione
8.4. Iniziative e interventi

9 Proposta progettuale

9.1.Programma funzionale: spazi previsti e previsione iscritti
9.2. Aula
9.3. Spazio comune
9.4. Laboratori
9.5. Sala docenti e sala colloqui
9.6. Area amministrativa: presidenza e segreteria
9.7. Aula studio
9.8. Sala polifunzionale
9.9. Costi illuminazione e allestimento
9.10. Valutazione LENI

10 Conclusioni

Bibliografia

Allegati

Abstract

L'idea di questa tesi nasce da una riflessione maturata durante il tirocinio curriculare, in cui il retrofit e la progettazione illuminotecnica di edifici scolastici costituivano una delle maggiori attività. Analizzare gli spazi, studiarne l'utilizzo e capire le esigenze degli utenti diventavano componenti fondamentali per giungere all'ultimo stadio dell'iter progettuale: la scelta degli apparecchi luminosi. Il processo risultava ancora più completo nella valutazione economica e ambientale delle scelte effettuate.
Valutare a posteriori l'eterogeneità delle tipologie di scuole che sono state oggetto di studio ha scaturito una seconda riflessione, riguardo l'evoluzione dello spazio scolastico. Nonostante sia un lento processo, Il superamento del modello di scuola "standard", composto da classi e corridoi sta cominciando a svilupparsi, scaturendo riflessioni sull'importanza dello spazio e sulle cause del suo cambiamento.
Se in passato il concetto di scuola era associato alla sola trasmissione dei saperi, oggi diventa uno spazio attento alle esigenze dello studente e di tutti i suoi fruitori.

La tesi viene dunque suddivisa in tre parti.

La prima parte si concentra sui cambiamenti del modello scolastico e sulle sue conseguenze: incentivare lo sviluppo della qualità degli spazi contribuisce al miglioramento dell'efficienza educativa e alla funzionalità delle strutture scolastiche. Il primo ambiente coinvolto è l'aula, per decenni considerato l'unico spazio d'apprendimento. Da modello statico composto da cattedra e banchi per l'erogazione della lezione frontale, essa diventa un ambiente attivo che consente, all'interno di un unico spazio, attività di scambio, condivisione, riflessione e relax.
Tra gli elementi d'innovazione, le nuove tecnologie rappresentano una grande risorsa che hanno alterato le modalità di apprendimento: diviene quindi necessario disporre di uno spazio che consenta l'integrazione delle ICT nei processi di apprendimento e nella trasmissione delle conoscenze acquisite.
Il coinvolgimento degli spazi esterni alla classe nel processo di innovazione consente la valorizzazione degli ambienti precedentemente inutilizzati, contribuendo alla riappropriazione dei cosiddetti luoghi di passaggio, a cui viene assegnato un ruolo fondamentale soprattutto per le interazioni sociali.
Nell'ottica di valorizzazione degli spazi, la scuola diventa civic center, centro aperto non solo alla scuola ma anche alla comunità, diventando un punto di riferimento durante e oltre orario scolastico.
Confrontarsi con iniziative e interventi internazionali diventa un supporto per comprendere le strategie utilizzate e analizzare gli esiti. Anche in Italia, nonostante le precarie condizioni del patrimonio esistente, si assiste alla volontà di trasformare il

modello scolastico tradizionale.
Numerose ricerche e interventi hanno evidenziato una sempre più evidente sensibilità a questo tema: la riqualificazione degli edifici scolastici divenuti ormai obsoleti rappresenta un'opportunità per ridefinire i dogmi dell'ambiente educativo.

La seconda parte della tesi si concentra sul tema dell'illuminazione scolastica, sicuramente componente fondamentale per determinare la qualità dell'ambiente indoor. In ambito educativo, l'esigenza del comfort visivo è un fattore imprescindibile: garantire una corretta illuminazione incrementa la produttività degli utenti e influisce positivamente su fattori fisiologici e psichici nell'uomo. Nonostante esistano diversi indici per verificare il livello di comfort visivo, valutarlo in maniera oggettivo diventa piuttosto complesso. Diversi studi hanno dimostrato che la sensazione di benessere, oltre da fattori legati in maniera diretta alla luce, come l'abbagliamento o la distribuzione luminosa, dipendono anche dal contesto e da fattori soggettivi.
Di recente, è stato scoperto che l'esposizione alla radiazione solare regola la secrezione e la soppressione della melatonina, ormone che influisce sui ritmi biologici dell'uomo (definiti ritmi circadiani) e sugli aspetti comportamentali, quali stato di allerta o rilassamento. Utilizzando le conoscenze finora acquisite e considerando l'esposizione continua degli studenti alla luce in ambiente indoor, è possibile migliorare le prestazioni delle attività integrando i benefici dell'illuminazione naturale alla corretta progettazione della luce artificiale. L'obiettivo è non solo rispondere alle richieste di flessibilità dettate dal nuovo ambiente educativo, assecondando lo svolgimento di differenti attività, ma fornire la possibilità di creare un ambiente di apprendimento stimolante.
Un altro fattore da considerare riguarda la valutazione dei fabbisogno energetico: la corretta integrazione di luce naturale e artificiale, attraverso un sistema di controllo, risulta il metodo più efficace per la riduzione dei consumi.

Infine, la terza parte rappresenta il tentativo di riportare il risultato dello studio affrontato su un caso reale.
L'istituto Drovetti è una scuola secondaria di primo grado a indirizzo musicale che in questi ultimi anni si trova al centro di un dibattito sulla sua riqualificazione.
L' obiettivo di questa tesi è ripensare gli spazi esistenti, nell'ottica di creare un ambiente in grado di soddisfare le esigenze didattiche delle nuove generazioni e restituire alla comunità un nuovo punto di riferimento. L'approccio pluridisciplinare scelto propone una soluzione in cui coesistono spazi diversificati ma complementari, che insieme contribuiscono al raggiungemento di un unico obiettivo: creare un ambiente di qualità che riesca ad influire sul benessere dell'utente.

Parte I

1 Le premesse per introdurre il tema

1.1. Evoluzione del modello scolastico nella città sostenibile

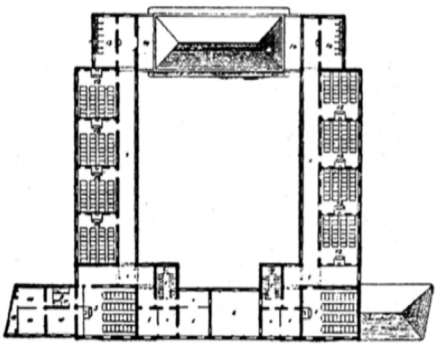
L'edilizia scolastica sta diventando, sia in ambito nazionale che internazionale, la tematica che attribuisce agli edifici scolastici un ruolo centrale nello sviluppo sostenibile della città.
È infatti impensabile che nella città in continua evoluzione il modello scolastico, sia nella didattica che nei suoi spazi, rimanga invariato. Deve anzi esistere complicità tra la comunità scolastica e la società contemporanea, in quanto l'una riflette i cambiamenti dell'altra.
Svolgendo la funzione di sensibilizzazione ed educazione dei futuri cittadini, la scuola riveste un compito strategico per la crescita culturale e sociale della città.
Allo stesso modo, i cambiamenti della società mettono in crisi il sistema scolastico che risulta essere ambiguo e non adatto alle aspirazioni, ai bisogni e agli interessi della società contemporanea.
Per questa ragione, assistiamo allo stravolgimento (o per meglio dire, adeguamento) del modello educativo. Quest'ultimo riguarda sia i processi di apprendimento che il contesto in cui essi avvengono.
Si parla infatti di scuola come "terzo educatore" (Loris Malaguzzi), intesa come spazio o ambiente che diventa un elemento fondamentale nella definizione del progetto educativo che si vuole realizzare.
Questa riflessione è stato oggetto di analisi di architetti e pedagogisti, il quale hanno riconosciuto e compreso come la concezione architettonica della scuola sia influenzata dagli avvenimenti che si verificano nel proprio territorio.
Gio Ponti evidenzia il passaggio da edilizia scolastica ad architettura educativa, sottolineando il valore acquisito della scuola da semplice istituzione ad organismo che connette il processo educativo alla realtà sociale, culturale e territoriale in cui essa si trova. Esiste dunque un'attenta riflessione che riguarda l'ambiente scolastico, in quanto ricopre un ruolo educativo fondamentale e non subordinato alla mera attività didattica.
Ma per comprendere le cause della sua evoluzione è necessario conoscere le ragioni e le fasi dei cambiamenti.

1. Gio Ponti, *La scuola intelligente*, Palermo, Grafill, 2014

1.2. Storia e sviluppo dell'edilizia scolastica in Italia

Sebbene i luoghi d'insegnamento siano da sempre esistiti nella storia dell'uomo, soltanto dalla fine del XVIII secolo inizia a delinearsi la concezione di scuola più vicina a come viene intesa attualmente.
La nascita dell'edilizia scolastica in Italia (intesa come disciplina che si occupa della costruzione di edifici scolastici) coincide infatti con l'istituzione della legge Casati del 1859, in cui venne istituita l'obbligatorietà e gratuità dell'istruzione primaria e l'obbligo d'istituire i piani scolastici, divisi in inferiori e superiori
Divenne quindi necessaria una struttura adeguata alla lotta contro l'analfabetismo; le ragioni risiedono nella volontà di unificazione culturale del popolo italiano in seguito alla sua unione geografica.
La priorità era infatti la trasmissione dei saperi in breve tempo ad un maggior numero possibile d'italiani e il consolidamento del rapporto alunno-insegnante[2].
Quest'ultimo, doveva rappresentare l'autorità e la centralità dell'insegnamento.
Per ovviare a questi obiettivi, inizia a delinearsi una tipologia architettonica, definita "a corridoio", ispirata al modello tedesco.

In basso: Esempio di pianta con schema distributivo "a corridoio". Fonte: M. Sole, Manuale di edilizia scolastica, pag.27 e corridoio delle scuola "Enrico Todi" a Mestre, 1935. Fonte: Dietro la lavagna, archivio (online) http://www2.comune.venezia.it/tuttoscuola/archivio/album_toti/pagine/20_GN007237.htm



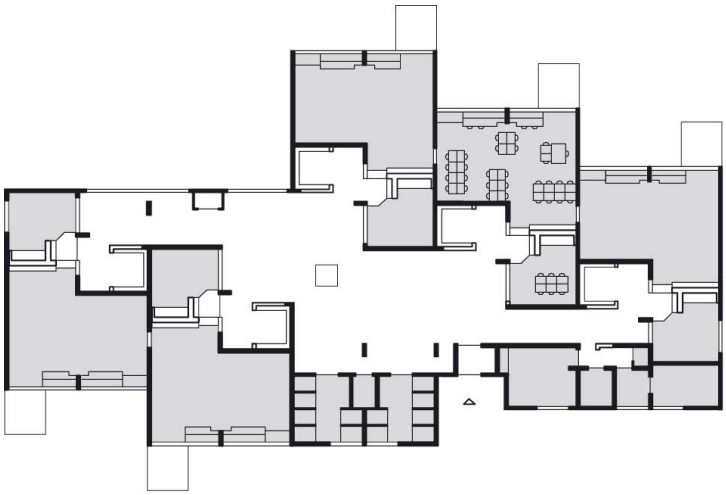
2. Dopo l'unificazione, la scuola divenne il mezzo per delineare un'identità nazionale attraverso la lotta all'analfabetismo.

Questa consiste nella disposizione di aule di uguale dimensioni lungo un corridoio dalla larghezza di due o tre metri. L'aula, solitamente rettangolare, diventa lo spazio dell'apprendimento, più nello specifico l'area della cattedra lo spazio dell'insegnante, lo spazio di fronte occupata dai banchi quella degli alunni.
La disposizione scrupolosa degli arredi, insieme alla lavagna in ardesia, si adattava perfettamente ad un tipo di lezione trasmissiva: non esisteva alcun tipo di lezione se non *ex cathedra*.
Il docente spiega dalla sua postazione, gli studenti assimilano seduti nel proprio banco.
A questa tipologia non è riconosciuta una funzione comunitaria; per tanto, l'unico spazio in comune erano costituito dalla palestra.
La classe come descritta, e in generale la disposizione a corridoio, sarà riproposta come modello base per decenni: nel 1911 il Ministero della Pubblica Istruzione definì la Casa della scuola come il modello di progetto da seguire per la costruzione dei successivi edifici scolastici. Questo è caratterizzato da una composizione simmetrica e una corte interna all'interno del complesso.
Nello stesso periodo, tuttavia, si comincia a porre l'attenzione sulla metodologia d'insegnamento assunta, innescando una riflessione su come la lezione di tipo frontale limitasse lo sviluppo delle capacità pratiche dell'alunno e non rispettasse le sue necessità psicologiche e fisiologiche.

Nasce l'attivismo pedagogico, movimento che rivendica una rivisitazione del modello scolastico, dalla didattica agli ambienti fino al ruolo dell'insegnante.
Ci si allontana quindi dalla scuola intesa come insieme di aule chiuse verso ambienti di apprendimento più flessibil (le *open plan schools*), in cui l'insegnamento abbandona il suo ruolo autoritario per accompagnare il percorso formativo dell'alunno più libero nello spazio che lo circonda.
Salvo alcuni interventi, tuttavia, tutti i tentativi di rinnovamento vennero stroncati dall'avvento delle Guerre mondiali.
Durante il periodo del fascismo, venne attribuita all'architettura un ruolo ancora più forte per conservare l'identità del Paese. In questo senso, alla scuola venne legato un forte valore simbolico; rispetto alla tipologia architettonica già consolidata, vengono aggiunti altri elementi riconoscitivi quali l'atrio d'ingresso e il corpo scala esterno.
Viene inoltre attribuita maggiore importanza alla palestra. Ancora una volta, le ragioni risiedono nella valenza culturale, secondo cui l'allenamento ginnico alludeva alla formazione militare, simbolo di ubbidienza allo Stato.
Al termine delle Guerre, gli urgenti interventi dovuti al risanamento degli edifici provati dai combattimenti e dall'aumento demografico rallentarono le ricerche in campo

architettonico e pedagogico. Il dibattito venne riacceso negli anni Cinquanta, periodo in cui si evidenziò una maggiore attenzione verso il tema dell'educazione, dovuta alla volontà di rinnovazione della didattica e della tipologia architettonica.
La fondazione del Centro studi per l'edilizia scolastica[3] nata nel 1952 evidenziò il desiderio di superare i modelli fin ad adesso utilizzati e studiare nuovi aspetti nel settore, dall'organizzazione spaziale fino all'ottimizzazione del rapporto aero illuminante, collegandosi alle riflessioni pedagogiche dello spazio.
In questo periodo nasce una nuova tipologia di edificio scolastico, definita "a padiglione" espressione del pensiero dell'Attivismo pedagogico. In questo caso, la distribuzione non è più rigorosa come nella tipologia a corridoio, ma si sviluppa anche all'aperto e fornisce spazi in comune (solitamente al centro della struttura) per le attività condivise. La classe è sempre l'ambiente principale dell'apprendimento, ma risulta più luminosa e più adeguata ai bisogni dell'alunno.
Dagli anni Settanta, inoltre, iniziano a comparire affianco alle aule spazi come i laboratori

In basso: Esempio di scuola a padiglione, costituita da moduli (le aule) replicabili, 1966. Fonte: AHH, *Montessori school Delft,* (online) https://www.ahh.nl/index.php/en/projects2/9-onderwijs/114-montessori-school-delft



3. Commissione costituita da architetti e pedagogisti che si impegnava nella ricerca della tipologia edilizia più adeguata allo svolgimento delle attività didattiche. Il Centro Studi nacque dopo un'indagine del 1951, il quale rilevava la criticità delle scuole italiane: i nuovi edifici scolastici erano realizzati con materiali prefabbricati e miravano a soluzioni economiche più che spaziali.

didattici, ritenuti innovativi poiché consideravano l'apprendimento non come il prodotto di un processo di insegnamento, bensì come un processo in cui l'apprendente si attiva facendo direttamente delle esperienze.
La scuola diventa quindi un insieme organico di ambienti differenti, dalle aule agli spazi in comune, sia interni che esterni.
Con il DM del 1975, *Norme per l'edilizia scolastica*, si esprime la volontà di estendere i principi di una scuola allora rinnovata in tutta Italia. Questa normativa, vigente ancora oggi, risulta essere l'ultimo intervento significativo nella storia dell'evoluzione scolastica italiana, poiché esplicita tutte le direttive tecniche necessarie alla progettazione edilizia, mostrando interesse anche alle caratteristiche urbane e alla localizzazione dell'edificio e alla disposizione degli interni.
Da allora, nonostante sia stata acquisita maggiore sensibilità in ambito scolastico, dal tipo di didattica e di conseguenza nella tipologia edilizia (con riflessioni che si rifanno ai temi energetici, economici e ambientali), sembra ci sia stato un arresto dell'evoluzione. In realtà, la ricerca è stata sovrastata dalla necessità di manutenzione del patrimonio esistente, limitando il dibattito architettonico a riflessioni teoriche.
Nell'ultimo decennio stiamo assistendo a diversi tentativi di rinnovazione, con la volontà di attualizzare e rendere i luoghi di apprendimento connessi alla società attuale e adeguati alle sue esigenze.

1.3. Relazione tra architettura e pedagogia

Durante il processo di evoluzione dell'ambiente scolastico, la sintonia presente tra architettura e pedagogia ha influenzato il progetto educativo e innescato riflessioni attuali e fondamentali nella concezione della scuola contemporanea.
L'idea che lo spazio possa influire sull'apprendimento risale già al XVI secolo: Comenio, ritenuto il fondatore della didattica moderna, sosteneva che ogni cosa potesse essere insegnata a chiunque se si fosse predisposto un ambiente educativo adeguato.
La riflessione sugli spazi viene alimentata dai concetti pedagogici che interessano il metodo didattico: nel XIX secolo, il filosofo e pedagogista John Dewey critica la lezione frontale in quanto limita l'apprendimento. Il miglior modo per poter apprendere, secondo il suo pensiero, è infatti l'applicazione pratica, lasciare che sia l'alunno a scoprire e imparare secondo i propri interessi.
L'insegnante diventa quindi un accompagnatore durante il percorso dell'alunno.
Il suo ruolo diventa soltanto quello di assecondare le scelte dell'alunno e stimolarlo per sviluppare le sue capacità. Queste teorie saranno riprese poi da Maria Montessori, la

cui teoria sull'apprendimento libero viene ancora applicata in molte scuole d'infanzia. Un tipo d'insegnamento basato sul movimento e la scoperta necessita quindi di un ambiente adeguato, essendo una parte fondamentale di questo approccio.
Loris Malaguzzi, precursore della scuola montessoriana, paragona la scuola ad un cantiere, uno spazio flessibile che consenta la possibilità di continua sperimentazione agli alunni.
Lo stesso pedagogista attribuisce alla scuola il ruolo di "terzo educatore", in quanto l'ambiente ha un ruolo decisivo nel determinare la qualità degli apprendimenti. L'ambiente ideale dovrebbe essere ampio e luminoso, che favorisca l'incontro e la socializzazione.
Lo spazio dedicato alla ricerca, definito "atelier", è curato e stimolante, in quanto deve creare le condizioni di apprendimento attraverso la scoperta e la sperimentazione.
Come spiega Dewey, lo spazio allestito ci permette di cogliere l'idea pedagogica e la didattica sottostante.
In effetti, le scuole fondate sui pensieri di Malaguzzi e Montessori (chiamato Reggio Emilia Approch), sono molto riconoscibili: nell'ampio spazio centrale sono presenti gli spazi comuni, tra cui la cucina e la mensa, con lo scopo di alimentare il senso di comunità.
Le aule sono connesse con la piazza centrale e al loro interno sono ulteriormente divise per lavori di gruppi e individuali. Gli arredi sono quindi posizionati a seconda delle attività che vengono svolte, non esiste l'arredo fisso.
L'eredità lasciata da queste sperimentazioni sono sicuramente un'ottima base da cui partire per ridefinire il modello scolastico. Tuttavia queste riflessioni si limitano alla sola scuola d'infanzia, sottovalutando l'importanza degli spazi durante la fase dell'adolescenza, periodo in cui lo studente continua a formarsi e che anzi diventa fondamentale per la crescita personale e il futuro ingresso nella società.
Le ragioni potrebbero risiedere nella priorità lasciata alla trasmissione dei contenuti disciplinari, nell'esplosione della suddivisione delle materie, nella dimenticanza del corpo e delle sue esigenze, a favore di uno sviluppo quasi solo cerebrale e intellettuale[4].
Diventa quindi indispensabile agire sia sul modello didattico che negli spazi, integrando la partecipazione degli stessi fruitori per poter comprendere le esigenze da dover soddisfare.

4. Franca Zuccoli, *Una didattica che viaggia con lo spazio, tra riflessioni storiche e innovazione,* in Rinnovare le scuole dall'interno, pag.37

1.4. Il processo partecipativo

La partecipazione da parte degli utenti nella progettazione delle scuole è un tema che si sta sviluppando nel panorama italiano e internazionale. Questo cambiamento è una conseguenza della presa di coscienza secondo cui i ragazzi, i principali fruitori delle scuole, siano una componente attiva nel processo di trasformazione del modello scolastico. Partendo dal loro punto di vista, infatti, si possono individuare quali siano le caratteristiche che rendono la scuola un ambiente più piacevole e vivibile.
Sulla base di questa riflessione, le ricercatrici Grion, Devecchi e Colinet hanno condotto una ricerca in tre scuole secondarie situate in tre nazioni diverse (Francia, Italia e Inghilterra), con lo scopo di individuare quali sono, secondo gli studenti, le caratteristiche qualitative principali di una scuola, a prescindere dalle differenze culturali.
Dai risultati, sono emersi tre punti chiave comuni fra i tre contesti. Il primo, riguarda la qualità dell'insegnamento, il secondo il clima e le relazioni sociali all'interno dell'ambiente scolastico e il terzo le caratteristiche architettoniche dell'edificio. I risultati, dunque, coincidono con le analisi pedagogiche, il quale attribuiscono allo spazio un ruolo fondamentale nell'apprendimento e nello sviluppo delle relazioni sociali.

In basso: Risultati della ricerca, in cui sono schematizzati i concetti chiave della "buona scuola" secondo i ragazzi di ogni Paese.

	Inghilterra	Francia	Italia
Insegnamento/ Apprendimento	Active and enjoyable. Involving creative work.	Intéressant pour les élèves. Motivant.	Inclusivo. Coinvolgente.
Clima scolastico	Friendly and supportive. Joyful and fun environment. Relaxed atmosphere.	Avec une bonne ambience. Qui procure de la joie. Respect réciproque.	Clima di benessere e di serenità con gli altri. Un clima tranquillo.
Caratteristiche fisiche architettoniche e servizi	Good equipment. Extracurricular activities.	Bien équipée. Agréable. Propre. Horaires variables.	Con tanti laboratori. Con strutture nuove. Pulita. Attività extracurricolari.

Se gli stessi ragazzi sono riusciti ad individuare in maniera univoca i punti su cui intervenire, è perché essi vivono in maniera diretta questi ambienti, riconoscono i punti negativi e le caratteristiche che garantiscono il loro benessere.
La loro voce ha quindi una forte valenza nel processo di trasformazione del modello scolastico.
Assieme agli studenti, è importante riconoscere le opinioni degli altri *stakeholders*, tra cui docenti e personale scolastico, ma anche dei cittadini che vivono la scuola come parte integrante della vita di comunità. Nella nuova concezione di scuola, essa è vista come "bene comune" o come viene definita nell'ultimo decennio come *civic center*, intesa come un centro condiviso e condivisibile da tutti i residenti. La partecipazione di tutti i fruitori indica quindi la possibilità di dar voce a tutte le persone che vivranno in maniera diretta quell'ambiente, collaborando insieme ad architetti e pedagogisti nella definizione delle caratteristiche principali degli spazi.
Ad oggi, sono numerosi gli esempi di partecipazione, sia in Italia che all'estero.
Tra questi, il progetto Student Voice, ampiamente diffuso in America e in Inghilterra, mira alle riflessioni degli studenti e degli insegnanti per il miglioramento delle pratiche educative.
Questo progetto, che si sta sviluppando anche in Italia, ha il merito di aver focalizzato l'attenzione a livello mondiale sull'importanza del pensiero degli studenti.
Con lo stesso intento, il Consiglio Europeo ha ribadito nel 2012 l'importanza della "partecipazione attiva dei bambini e dei giovani in tutti gli aspetti della vita scolastica, in particolare attraverso metodi formali e non formali affinché influenzino l'insegnamento e le pratiche di apprendimento e l'ambiente scolastico, e attraverso l'integrazione dei consigli degli alunni delle scuole superiori nel governo della comunità scolastica".
Nel panorama italiano, numerosi sono gli interventi di progettazione partecipata. É tuttavia interessante ribadire come tutti questi interventi siano nati e si siano sviluppati a livello locale. Quando si operano riforme, difficilmente l'apparato ministeriale "sente l'esigenza di confrontarsi con i suoi principali fruitori, portando ad uno scollamento tra gli assunti teorici, propositivi e le ricadute pratiche"[5].

Da queste iniziative emerge dunque il reale interesse da parte dei cittadini (intesi come comunità) d'innovare e modificare la concezione di scuola, evidenziando la volontà di essere parte attiva di questo cambiamento. Tra questi esempi, emblematico è il caso di Pacentro (AQ), che ha avviato un percorso collettivo in seguito alle gravi conseguenze

5. Citazione di Allison Cook- Sathe, *The Soft Classroom 17 Years Later*, in *Journal of Environmental Psychology*, 12(4), pp. 337-343.

del sisma del 2009.
Il processo partecipativo ha coinvolto l'intera comunità sia per la localizzazione della nuova scuola che per la sua successiva definizione architettonica.
Tutti i cittadini hanno interagito attraverso workshop, questionari e discussioni di gruppo, alimentando il senso di comunità e avviando un processo di riflessione sul valore della scuola.
Un altro esempio di progettazione condivisa è rappresentato dal progetto "Scuola diffusa", il cui obiettivo è il ripensamento degli spazi scolastici da parte della stessa comunità, secondo logiche pedagogiche.
Vi hanno partecipato diverse scuole, tra cui il liceo scientifico e l'istituto tecnico tecnologico Giulio Natta di Rivoli. Il progetto, che ha visto la partecipazione di tutti gli stakeholders, ha riguardato principalmente due interventi.
Il primo riguarda la riorganizzazione dell'orario settimanale, mentre il secondo sulla riorganizzazione degli spazi, intervento mirato al miglioramento delle lezioni e alla possibilità di rendere la scuola una risorsa culturale e sociale. Sono nati in questo modo una biblioteca diffusa e diversi spazi dedicati alla nuova didattica: area scientifica, umanistica della comunicazione e dell'accoglienza.
La progettazione condivisa ha quindi il merito di aver rinnovato questa scuola, utilizzando come strategia l'ascolto e la volontà degli studenti e di chi vive la scuola.
Tutti i cittadini hanno interagito attraverso workshop, questionari e discussioni di gruppo, alimentando il senso di comunità e avviando un processo di riflessione sul valore della scuola.
Un altro esempio di progettazione condivisa è rappresentato dal progetto "Scuola diffusa", il cui obiettivo è il ripensamento degli spazi scolastici da parte della stessa comunità, secondo logiche pedagogiche.
Vi hanno partecipato diverse scuole, tra cui il liceo scientifico e l'istituto tecnico tecnologico Giulio Natta di Rivoli. Il progetto, che ha visto la partecipazione di tutti gli stakeholders, ha riguardato principalmente due interventi.
Il primo riguarda la riorganizzazione dell'orario settimanale, mentre il secondo sulla riorganizzazione degli spazi, intervento mirato al miglioramento delle lezioni e alla possibilità di rendere la scuola una risorsa culturale e sociale. Sono nati in questo modo una biblioteca diffusa e diversi spazi dedicati alla nuova didattica: area scientifica, umanistica della comunicazione e dell'accoglienza.
La progettazione condivisa ha quindi il merito di aver rinnovato questa scuola, utilizzando come strategia l'ascolto e la volontà degli studenti e di chi vive la scuola.

2 La nascita di un nuovo modello scolastico

2.1. Le cause del cambiamento

La ridefinizione degli ambienti degli edifici scolastici è un'istanza causata da diverse varianti.
La prima riguarda le conoscenze acquisite sull'importanza che l'ambiente ha sull'apprendimento. Come descritto da Giuseppe Campagnoli nel suo saggio l'*Architettura della scuola*, la qualità degli spazi educativi incide per l'80% sul rendimento degli allievi e sulle motivazioni dei docenti.
Sicuramente abbiamo assistito ad un cambiamento della concezione di fare scuola, dovuto alla diversa funzione che essa ha assunto. Se infatti in epoca industriale si puntava all'omogeneizzazione degli assunti da impartire, oggi la scuola intende promuovere l'individualità dell'alunno e quindi la personalizzazione del suo percorso didattico.
Per poterlo fare, è quindi necessario trasformare il modello dell'erogazione della lezione dalla cattedra verso una modalità di apprendimento attivo e quindi stravolgendo le classiche metodologie della didattica.
Proprio il superamento dell'aula utilizzata per la sola (e solita) lezione frontale è un altro dei fondamentali motivi dello stravolgimento del modello scolastico tradizionale: se cambiano i metodi d'apprendimento, l'impostazione dell'aula dovrà adeguarsi al cambiamento.
L'architetto olandese Herman Hertzberger, studiando la relazione che esiste tra lo spazio e le nuove modalità di apprendimento, parla di *learning lanscape*, intendendo tutti gli spazi didattici liberi da qualsiasi impostazione rigida, ma che anzi sono flessibili e si adattano ai cambiamenti e alle esigenze dei fruitori.
L'evoluzione del modello scolastico si riferisce infatti non soltanto all'aula ma anche a tutti gli altri elementi che compongono l'edificio scolastico, utilizzando questa ridefinizione degli spazi come un'opportunità per ricreare dei luoghi interconnessi tra loro che diano la possibilità di creare dei possibili scenari per lavori individuali o di gruppo, per passare il tempo in relax o per socializzare.
Alla base di questa "rivoluzione" esiste infatti l'idea che lo studente svolge un "ruolo attivo" nella comunità scolastica, diventando il protagonista degli spazi che vive.
Parallelamente alle riflessioni sulla didattica, l'idea che la scuola debba essere parte integrante della vita della comunità rappresenta un fattore in più che spinge alla rivalorizzazione di questi ambienti, con la finalità di rendere la scuola uno spazio policentrico aperto a tutti.

2.2. Il superamento della classe tradizionale: l'esempio della classe 3.0 di Ancona

L'aula ha da sempre rappresentato l'ambiente di apprendimento per eccellenza, organizzata nell'immaginario collettivo secondo la logica cattedra e banchi di fronte.
Ad oggi, cominciamo ad assistere ad un cambiamento del setting tradizionale, in quanto alla lezione frontale si sostituisce un insegnamento basato sull'active learning o, come sostiene Freinet, sta avvenendo il passaggio da "aula auditorium ad aula laboratorium".
L'aula viene infatti pensata come luogo multifunzionale in cui il tipo di apprendimento viene personalizzato a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere. In questo senso, vengono svolte nello stesso ambiente diverse attività che normalmente vengo svolte in aule specifiche (i laboratori, appunto). Diviene quindi necessario differenziare lo spazio in modo che si adatti alla modalità di erogazione dell'apprendimento.
In Italia, diverse scuole secondarie si sono fatte promotrici di cambiamenti in campo didattico e, di conseguenza, nell'assetto spaziale. L'istituto Savoia Benincasa di Ancona, ad esempio, rappresenta una delle prime scuole che ha partecipato all'allestimento di un nuovo modello spaziale denominato classe 3.0.
Questo progetto si pone come obiettivo la sperimentazione di un nuovo modello di ambiente didattico che consente l'integrazione di attività diversificate, sviluppando un tipo di insegnamento innovativo.
Nel caso di Ancona, il progetto della classe 3.0 è stato realizzato negli spazi precedentemente destinati ad un laboratorio d'informatica ormai dismesso. L'aula era quindi già predisposta al cablaggio di tecnologie informatiche e presenta un'ampia metratura di 105 mq.
La sua conformazione consente tuttavia la divisione, attraverso pareti mobili, in due aule di dimensioni normali (tutte le attrezzature sono infatti sdoppiabili).
Lo spazio è caratterizzato da una grande flessibilità degli spazi. Nell'aula sono stati allestiti spazi differenti che possono essere configurati in breve tempo, grazie all'utilizzo di arredi flessibili.
Ogni ambiente è differenziato da un colore e può essere configurato in pochi minuti, grazie all'utilizzo di arredi leggeri realizzati in cartone.
Questo progetto incontra il parere entusiasta degli studenti, il quale hanno l'opportunità di apprendere in maniera non convenzionale, sfruttando tutti gli studenti in dotazione.

Nella pagina seguente: Foto dell'allestimento della classe 3.0 dell'Istituto Benincasa di Ancona. Ogni foto rappresenta lo spazio dedicato ad un'attività specifica: (da sinistra a destra)creazione, investigazione, presentazione, interazione, scambio, relax. Fonte: Mappelab, Un'aula 3.0 Laboratorio online (online) http://www.mappelab.it/unaula-3-0-laboratorio-attivo/

CREAZIONE

SCAMBIO

PRESENTAZIONE

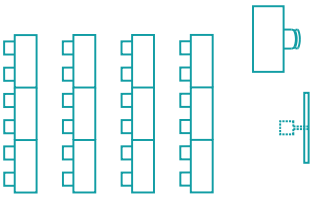
CREAZIONE

LA CLASSE IN
RIEVOLUZIONE

2.2.1. Le differenti disposizioni spaziali

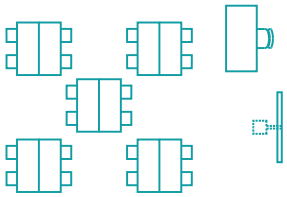
Nell'ottica di uno stravolgimento dell'ambiente didattico, gioca un ruolo fondamentale l'utilizzo dell'arredo, il quale viene ripensato di funzione del nuovo modo di fare scuola. Ancora una volta, è il banco l'oggetto predominante, ma nella nuova logica esso diventa flessibile e adattabile a nuove configurazioni dello spazio.
Dalla disposizione dei banchi, è possibile allestire differenti luoghi multifunzionali, ognuno adatto ad un tipo specifico di attività. Si possono individuare infatti posizionamenti differenti; ad ogni allestimento, cambia il ruolo dell'insegnante ed il tipo di lezione.
Ad esempio, nell'impostazione di tipo tradizionale, con i banchi rivolti verso la cattedra, il ruolo dell'insegnante è impartire una lezione di tipo trasmissiva (rappresentazione a destra)

La flessibilità degli arredi costituisce un elemento da non sottovalutare in quanto rappresenta la consapevolezza di poter differenziare le modalità di lezione e di poter riconfigurare l'aula senza modiche strutturali all'edificio, rendendola comunque funzionale alle nuove esigenze. Inoltre, modificare lo scenario in cui avviene un'attività significa anche agevolare il contributo che la lezione intende fornire.
A tal proposito, Kenn Fisher ha individuato la relazione che esiste tra l'attività richiesta e gli step previsti per svolgerla, in rapporto alla disposizione spaziale ideale.



Disposizione in file frontali

I banchi sono posizionati nella maniera “tradizionale”. Gli alunni rivolgono l’attenzione verso la cattedra, senza avere la possibilità di comunicare tra loro. È una disposizione adatta per seguire la lezione ex cathedra o per le modalità di verifiche dei contenuti.

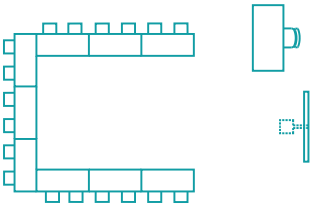


Disposizione a gruppi

Allestimento che consente la suddivisione in gruppi degli alunni, facilitando la socializzazione e i lavori di gruppo.

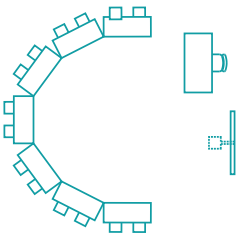
La cattedra diventa superflua: l’insegnante assiste all’esecuzione del lavoro svolgendo il ruolo di tutor.

L’alunno svolge un ruolo attivo e diventa il protagonista della lezione.



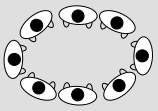
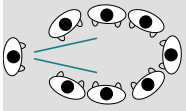
Disposizione a ferro di cavallo

I banchi sono affiancati a formare una U attorno alla cattedra. Questa disposizione è l’ideale per attività di discussione o dibattito tra alunni ed insegnante.



Disposizione ad anfiteatro

Rappresenta la giusta disposizione per la condivisione di presentazioni. L’orientamento è diretto verso il potenziale interlocutore, che potrebbe essere un insegnante, un alunno o un soggetto esterno.

Attività	Attributo pedagogico	Step del processo	Attività previste	Icone spaziali
Presentare Spiegare	Presentazioni formali. Il docente controlla le presentazioni. Focus presentazioni. Apprendimento passivo.	Preparazione e creazione di una presentazione. Presentazione ad una audience. Valutazione comprensione.	Raccogliere informazioni. Conoscenza da acquisire da un'unica fonte.	
Applicare	Osservazione controllata. Apprendimento per imitazione. Apprendimento attivo. Apprendimento informale	Conoscenza trasferita. Pratica da parte dello studente. Raggiungimento della comprensione.	Modello di apprendimento concentrata sull'allievo.	
Creare	Multidisciplinarità. Attività tra pari. Attenzione distribuita. Privacy.	Ricerca. Riconoscimento bisogni. Pensiero divergente. Interpretazione attraverso il prodotto.	Innovazione o conoscenza che si trasforma da astrazione a prodotto.	
Comunicare	Apprendimento attivo. Conoscenza distribuita. Casuale Apprendimento attivo.	Organizzazione dell'informazione. Trasferimento. Ricezione e interpretazione. Conferma.	Condividere informazione. Garantire scambi rapidi.	
Prendere decisioni	Conoscenza distribuita. Informazione condivisa. Dal semi-formale al formale Apprendimento passivo/attivo.	Revisione dei dati. Elaborazione strategia. Pianificazione. Implementazione di una direttrice d'azione.	Prendere decisioni.	

In alto: Schema rielaborato della relazione spazio-attività indiduata da Ken Fischer.
Fonte: Kenn Fisher, Linking Pedagogy and space.

2.3. Potenzialità e limiti delle ICT

Tra gli elementi che caratterizzano i nuovi modelli scolastici, sicuramente l'utilizzo di apparecchi tecnologici influiscono notevolmente nel disegno di un nuovo scenario educativo.
Un elemento di novità è rappresentato ad esempio dalla LIM (lavagna interattiva multimediale) che già da qualche anno ha sostituito definitivamente la tradizionale lavagna in ardesia, rivendicando la presenza indiscutibile della tecnologia.
L'integrazione successiva delle ICT (Information and Communications Technology) ha senza dubbio rivoluzionato le modalità di far lezione e agito sulla distribuzione spaziale dell'aula: l'interazione con tablet e pc non può essere compatibile con la configurazione dell'aula composta da banchi direzionati verso la cattedra. Gli ICT rappresentano infatti una grande risorsa d'informazione che ha alterato le modalità di apprendimento: diviene quindi necessario disporre di uno spazio che consenta l'integrazione delle ICT nei processi di apprendimento e nella trasmissione delle conoscenze acquisite (attraverso presentazioni o anche solo per approfondimenti individuali).
La diffusione delle ICT rappresenta un'opportunità per incrementare la qualità dell'apprendimento, in quanto rappresentano una fonte d'informazione inesauribile.
Essi infatti consentono di personalizzare l'apprendimento, rendendo lo scenario educativo più ampio e direttamente connesso con l'esterno, attraverso "collegamenti online".
L'utilizzo di computer, tablet o di qualunque altro mezzo che consenta di realizzare una rete d'informazioni e condivisioni tra gli ambienti scolastici e fuori è pensata, oltre che per facilitare il percorso didattico, anche per adeguarsi alla società in evoluzione.
A questo proposito, Gavriel Salomon associa questo nuovo approccio alla *networking pedadogy*, inteso come un sistema pensato per una comunità che utilizza strumenti tecnologici per qualsiasi tipo di attività; si tratta quindi di un adattamento alle esigenze di un contesto che basa ogni tipo di interazione sulla tecnologia.
Nel 2003, il MIT di Boston ha elaborato il TEAL (Technology Enhanced Active Learning), una metodologia didattica che integra lezione frontale, simulazioni e attività laboratoriali per massimizzare le opportunità di apprendimento.
Inizialmente pensata per gli Studi universitari in Fisica, questa sperimentazione ha trovato ampio consenso negli edifici scolastici, dalle elementari ai licei, in quanto facilmente configurabile con qualsiasi tipo di ambiente.
Infatti, la classe TEAL prevede una postazione centrale per il docente, differenti tavoli per i lavori di gruppo degli alunni e dei punti di proiezione sulle pareti per eventuali presentazioni.

Tutti gli arredi utilizzati sono modulari e facilmente adattabili alla classe e alle esigenze; l'unico requisito è la disposizione di un ambiente (l'aula) opportunamente ampia e luminosa, con la possibilità di essere schermata per un miglior utilizzo degli strumenti tecnologici.
L'utilizzo delle ITC rappresenta dunque una grande potenzialità didattico-comunicativa e un potentissimo mezzo di innovazione, ma non costituisce la trasformazione dello spazio didattico.
L'impiego delle tecnologie non può e non deve infatti rappresentare una nuova metodologia didattica se non viene inserito in un disegno più complesso di evoluzione. Utilizzare, ad esempio, una LIM in una classe che non ha subito un adattamento nella didattica, significa non utilizzare in pieno le potenzialità di questo strumento.
Le ICT devono essere subordinati al cambiamento (nella didattica e nell'assetto spaziale) e non costituire il cambiamento stesso.

2.4. Oltre la classe: il coinvolgimento dell'intera scuola

Il dibattito sull'influenza dello spazio sull'apprendimento si focalizza principalmente sulla classe, considerata l'ambiente fondamentale della scuola.
In realtà, la nuova concezione di scuola sussiste sul coinvolgimento degli spazi esterni all'aula, insistendo sul valore che essi posso acquisire in termini di "apprendimento informale", spazi cioè che offrono la possibilità di implementare le proprie capacità in maniera autonoma e indipendente dalla lezione in classe.
Partendo da questa riflessione, l'aula può essere definita come un "sistema chiuso" se concepita come uno spazio che non comunica con l'ambiente scolastico, limitando "l'ambiente dell'apprendimento" alle quattro mura della classe. Mark Dudek, specializzato in architetture scolastiche, ha definito una strategia per comprendere quanto sia efficace un edificio, il rapporto *net to gross*.
Questo metodo consiste nel misurare la metratura di superficie destinata alla sola circolazione e quella invece riservata a funzioni specifiche, per poi rapportare i due valori: più il rapporto è debole, più l'edificio è efficace.
Il suo rappresenta un invito a ridefinire la funzione dei luoghi utilizzati come connettivi, primi fra tutti scale e corridoi. Assistiamo quindi ad una riappropriazione dei cosiddetti luoghi di passaggio, a cui viene assegnato un ruolo fondamentale per le interazioni sociali. Gli stessi spazi possono anche essere visti come una sorta di "estensione" della classe, luoghi cioè che rappresentano degli spazi didattici, adatti sia per attività di gruppo che individuali.

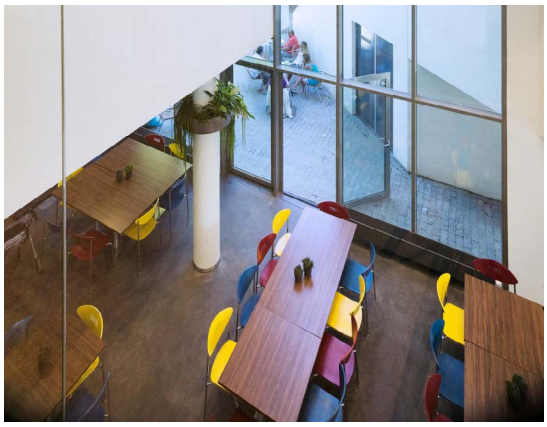
Un esempio è rappresentato dalla Montessori College Oost ad Amsterdam, dove nello spazio centrale di distribuzione (sistema a ballatoio) vengono inseriti delle ampie balconate rivestite in legno, che invitano alla sosta e rappresentano il luogo ideale per attività quali riunioni, lavori di gruppo o soltanto per l'incontro informale tra gli alunni.
I *learning balconies* diventano gli elementi che collegano una parte dell'edificio all'altra, favorendo l'incontro tra gli alunni. Anche l'idea di sfalsare di mezzo piano l'affaccio dal ballatoio nasce per migliorare la comunicazione da una parte all'altra dell'edificio.
L'architetto Herman Hertzberger, specializzato in progettazione di scuole, esplicita in questo modo il suo pensiero sulla giusta concezione di spazio dell'apprendimento, in quanto dovrebbe "*contenere un equilibrio tra le condizioni di connessione e le condizioni di concentrazione*", denunciando la necessità di disporre spazi di svago e di socializzazione.

In basso: Foto che rappresentano *learning balcony*della Montessori College Oost ad Amsterdam. Fonte: Abitare la scuola, Montessori College Oost, Amsterdam (Paesi Bassi), (online) http://www.bdp.it/aesse/content/index.php?action=read_school&id_m=11966

2.4.1. La multifunzionalità degli spazi: scuola come civic center

Nella nuova concezione di ambiente scolastico, esiste anche l'idea di aprire la scuola verso la comunità, condividendo gli spazi pubblici con quelli dedicati alla scuola. Si delinea così una tipologia di edificio aperta al territorio, che fornisce servizi ai cittadini tale da divenire un centro civico.
In quest'ottica, la scuola rimane aperta oltre l'orario scolastico, diventando punto di riferimento e risorsa culturale e sociale per la città. Nasce in questo modo l'idea della biblioteca diffusa, con l'obiettivo di diffondere la cultura tra i cittadini, cosi come l'apertura di auditorium e palestre per eventi occasionali quali conferenze o partite.
Anche gli spazi aperti diventano un'opportunità di condivisione. La città di Torino ha avviato da qualche anno il progetto "Cortili aperti", mettendo a disposizione dei cittadini i cortili di otto scuole, aperti in orario extra-scolastico.
In questo modo, si crea un'opportunità per riqualificare delle aree verdi che diventano spazi pubblici per il quartiere.
Tra i numerosi esempi di inclusione ed apertura della scuola verso attività esterne, si cita la scuola Zuiderkwartier a Tilburg, nei Paesi Bassi. Il progetto, elaborato dallo studio olandese Atelier Pro, intende sviluppare un piano di rifunzionalizzazione urbana attraverso la creazione di ambienti di vari natura che utilizzano gli stessi spazi pubblici. La scuola si ritrova quindi ad ospitare un centro sanitario psichiatrico e delle strutture per lavoro e svago dedicate a persone con disabilità.
L'obiettivo è incentivare il senso di comunità attraverso la condivisone degli spazi.

In basso: Foto degli spazi collettivi della scuola Zuider Wartier a Tilburg, Paesi Bassi.
Fonte: Atelier Pro, *Multifunctional community school Zuiderwartier* (online) https://www.atelierpro.nl/en/projects/27/13#.WfSULtC69PZ



3 Ricerca e interventi a livello internazionale

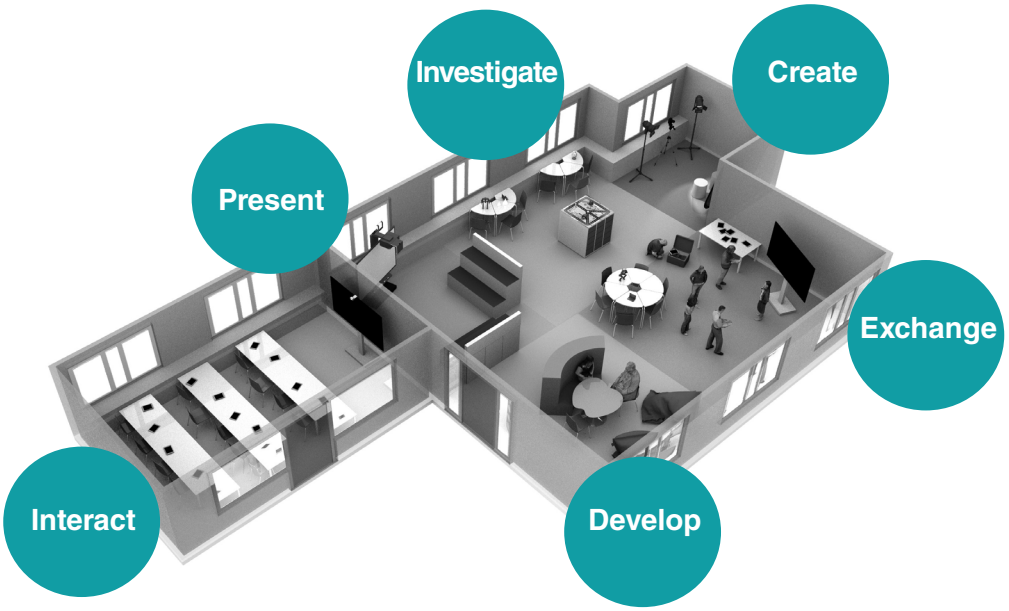
3.1. Contributi e ricerca di organi internazionali

Il dibattito sulla "scuola del futuro" è un tema sempre più attuale che coinvolge molti paesi europei (e non) nella ricerca di un modello di spazio e di insegnamento adeguato. Molti di questi tentativi vengono promossi e finanziati da enti governativi che, collaborando con università e centri di ricerca, sviluppano progetti che ispirano e stimolano altri operatori, che siano enti locali o associazioni che agiscono a livello internazionale.
Molte iniziative potrebbero essere infatti un ottimo riferimento da seguire per il miglioramento e la sperimentazione della propria ricerca. Confrontarsi e guardare con occhio critico le ricerche internazionali spesso rappresenta un supporto per il miglioramento dei sistemi educativi.
Negli studi in ambito internazionale troviamo l'OECD (*Organisation for economic cooperation snd development*) che, tra i vari ambiti di cui si occupa, ha sviluppato il CELE (*Centre for effective learning environment*) il quale dal 1972 contribuisce al miglioramento dell'efficienza educativa e funzionale delle infrastrutture scolastiche. Attualmente fanno parte della sua rete di studi 34 Paesi, tutti legati dall'obiettivo di massimizzare le scelte sulle strutture e sulle attrezzature scolastiche. I regolari meeting svolti a Parigi sono infatti un'opportunità di confronto sui vari temi di ricerca e sui risultati sperimentali raggiunti.
A tal proposito, nel 2011 è stato pubblicato il volume *Designing for Education: Compendium of exemplary educational facilities*, una raccolta di tutti gli esiti delle ricerche, coronati dalla presentazione dei migliori progetti di complessi scolastici di tutto il mondo. I 65 edifici presentati non solo rappresentano i risultati raggiunti in termini di sostenibilità ambientale e sociale, ma anche la nuova concezione di spazio scolastico sviluppata in tutto il mondo.

In ambito europeo, la European Schoolnet si occupa del tema dell'innovazione nell'insegnamento e nell'ambiente scolastico come associazione no profit.
Situata a Bruxelles, essa supporta da oltre vent'anni tutte le decisioni in ambito scolastico interagendo con la comunità europea.
Tra i progetti avviati, si cita la *Future classroom lab*, il cui obiettivo è la ridifinizione della classe che tenga in conto della relazione tra i principi pedagogici, l'utilizzo di tecnologie e la composizione architettonica dell'aula. Sono state pensate in questo modo le Learning zones, sei spazi in cui dovrebbe essere suddivisa la classe del futuro. Ogni zona individuata rappresenta l'ambiente ideale per una determinata attività.
Lo spazio *create* viene utilizzato per i lavori liberi degli studenti; per questo motivo è

un ambiente stimolante (lo spazio è allestito secondo i principi della cromoterapia) e fornito di tutti gli strumenti utili alla creazione di presentazioni o materiali di studio (video editing, video camere, software di modellazione…).
La zona *interact* serve invece per la presentazione del prodotto finito, e si avvale quindi di proiettori per facilitare la comunicazione tra insegnante ed alunno.
Con *present* s'intende l'area usata per assistere ud un'eventuale presentazione, mentre *investigate* è la zona dedicata all'apprendimento attraverso la pratica, con il supporto del docente.
La collaborazione tra studenti avviene nell'*exchange*, munita di tavoli e sedie che invitano alla comunicazione.
Infine, l'area *develop* è utilizzata per l'apprendimento individuale.
Questa suddivisione ha ispirato molti progetti di ricerca, in quanto rappresenta, nella ricerca architettonica, il nuovo olistico modo d'insegnare.

In basso: Rappresentazione dell'aula Future classroom Lab, le cui zone sono differanzrenziate per colore. Fonte: Future classroom Lab, *Learning zones*, (online) http://fcl.eun.org/it/learning-zones



3.2. Iniziative e interventi locali oltreconfine

Oltre la ricerca, molti Paesi europei hanno avviato dei processi di rinnovamento che interessano gli edifici scolastici delle singole nazioni, con l'obiettivo di valutare il proprio patrimonio scolastico e, in funzione di questo, orientare una tipologia d'interventi utili all'adeguamento degli spazi educativi.
L'esito positivo delle iniziative di alcuni Paesi europei dimostra la validità di questi metodi, i quali diventano esemplari nello scenario di miglioramento dell'architettura scolastica.

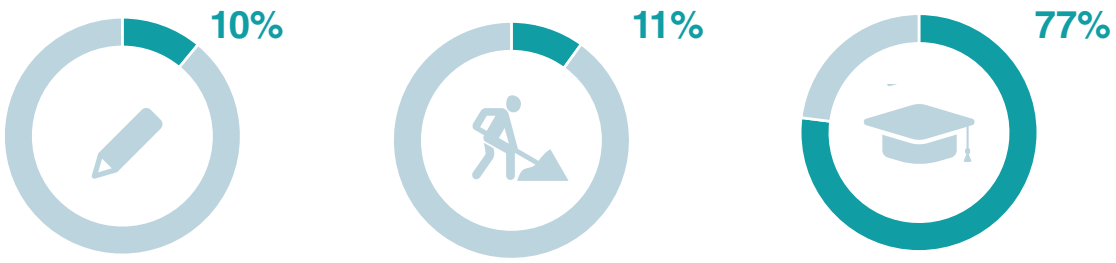
3.2.1. Portogallo

Nel 2007 il Portogallo ha avviato il *Secondary School Building Modernisation Programme* (SMP), con l'obiettivo di modernizzare entro il 2015 più di 300 scuole del territorio.
La decisione è avvenuta in seguito ad un'analisi del patrimonio esistente, che ha reso evidente le condizioni di inadeguatezza sia a livello energetico che funzionale.
La maggior parte delle scuole secondarie risalgono infatti agli anni Settanta, e presentano una forma a padiglione con evidenti carenze in ambito acustico e termico, oltre che l'assenza di un rapporto con il territorio circostante.
Gli interventi hanno provveduto a rifornire questi edifici degli spazi necessari per l'apprendimento, tenendo in considerazione le ricerche effettuate e le nuove esigenze dei fruitori: spazi comuni, aule flessibili munite di ICT, palestre e ambienti di ristorazione.
Gli esiti del progetto sono stati resi pubblici (*Modernising Secondary School Buildings in Portugal*, OECD) e, nel 2010, è stata richiesto da parte del governo un report a cura dell'OECD, per ottenere un confronto dei risultati ottenuti rispetto ai cambiamenti che stavano avvenendo in Europa.
Questo coinvolgimento, ha consentito di portare dei suggerimenti al miglioramento del programma prefissato: monitoraggio delle scuole ad apertura avvenuta, maggior partecipazione da parte degli stakeholders, programmi e workshop per utilizzare i nuovi spazi.
Tra i numerosi interventi avvenuti, si cita il complesso scolastico denominato Learning street a Lisbona, modello esemplare dei risultati ottenuti.
Questo intervento ha infatti il merito di aver valorizzato un vecchio complesso scolastico e averlo integrato nel tessuto urbano, prestando attenzione ai principi che compongono le nuove architetture educative.

3.2.2. Belgio

Nelle Fiandre, la regione settentrionale del Belgio, il ministero Fiammingo ha elaborato un piano mirato al miglioramento del patrimonio esistente e alla costruzione di strutture all'avanguardia, dove richiesto. Il programma, previsto per gli anni 2014-2019, è supportato dall'istituto pubblico AGION (Agenzia per le infrastrutture scolastiche). Ancora una volta, le strategie vengono influenzate dagli esempi oltreconfine.
La loro politica parte dal presupposto che le costruzioni scolastiche siano dei "nodi di relazioni", il centro di interazioni tra la comunità e l'ambiente sociale.
Durante la fase di analisi, solo il 7% degli edifici non soddisfava i requisiti base di adattabilità, sicurezza e igiene. Tuttavia, sono stati rilevati molti edifici inadeguati per i cambiamenti dettati dai nuovi sistemi pedagogici e sociali, in termini di sostenibilità e cambiamento del ruolo sociale della scuola.
Accanto ad AGION, il partenariato semipubblico *Scholen van morgen*, "Scuole di domani", prevede la progettazione, la costruzione, il finanziamento e la manutenzione di più di duecento scuole primarie e secondarie.
I progetti di entrambe le associazioni sono pubblicate on line sui rispettivi siti.

In alto: stato dell'arte, aggiornato a Settembre 2017, del programma Scholen van Morgen. Sono rappresentate, rispettivamente, le percentuali dei progetti in fase di progettazione (21 progetti), realizzazione (20 progetti), e in uso (141 progetti).
Fonte: Scolen Van Morgen, Over Ons (online) http://www.scholenvanmorgen.be/over-scholen-van-morgen



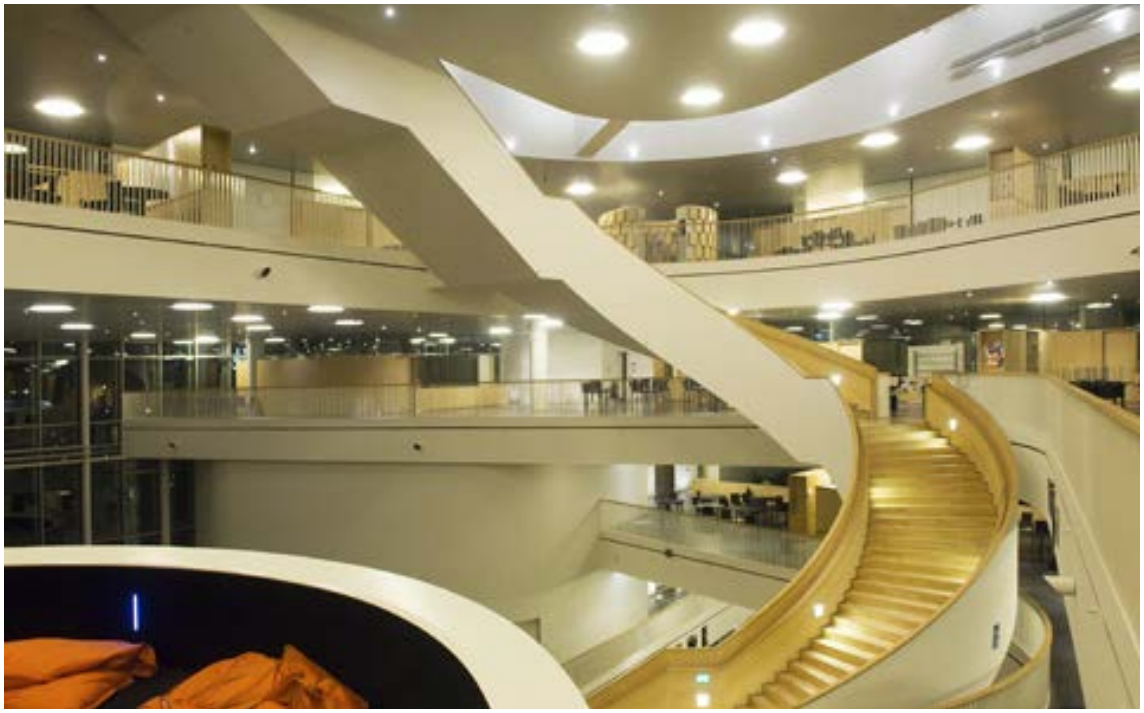
3.3.3. Danimarca

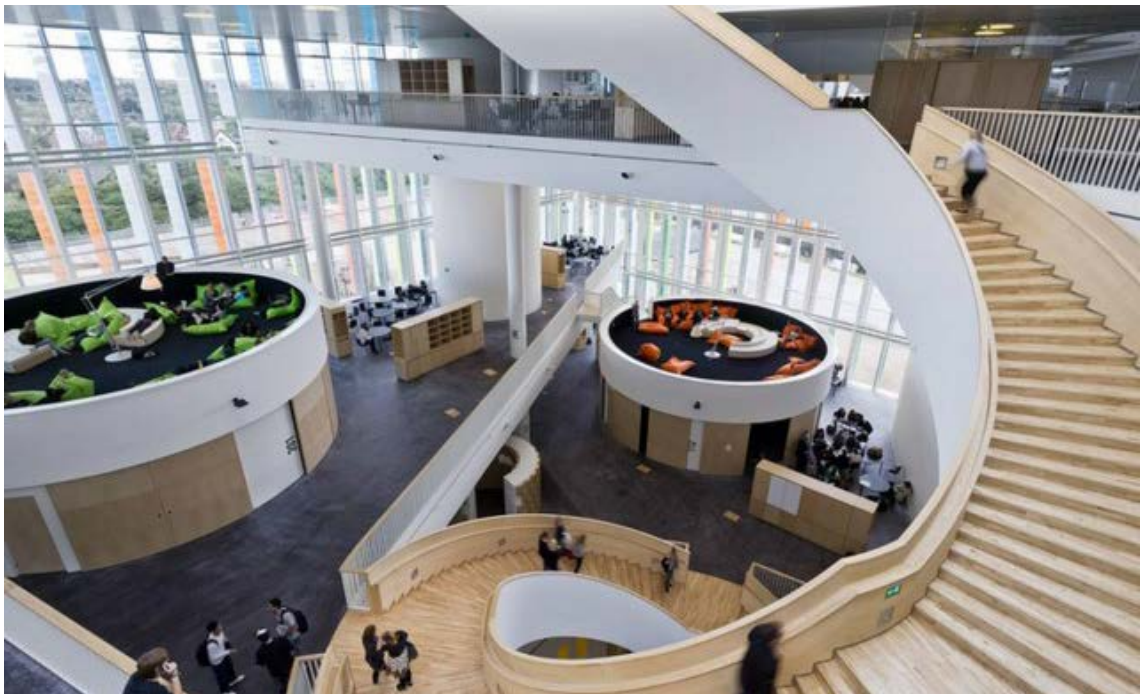
La Danimarca vanta da decenni uno dei migliori sistemi scolastici d'Europa, in quanto una delle missioni governative è il rafforzamento dell'educazione scolastica, ragione che ha stimolato la sperimentazione e la ricerca sia nell'insegnamento che negli spazi educativi.
Nel 1998 è stato avviato un programma a lungo termine, completato nel 2010, denominato SKUB, *The school of the future*. L'obiettivo era proprio quello di ripensare lo spazio scolastico; per poterlo fare, sono state ricostruite e ampliate dodici scuole.
La strategia utilizzata prevedeva l'intervento di tutti gli stakeholders attraverso workshop o meetings con gli architetti, in cui venivano anche presentati e analizzati differenti progetti pilota. Attraverso il coinvolgimento d'istituzioni di ricerca nazionali e internazionali, questo approccio alimentò un significativo dibattito sui nuovi metodi e i nuovi ambienti di apprendimento, creando un trend a livello europeo. SKUB favorì infatti la comprensione della relazione che esiste tra insegnamento, metodi di apprendimento e ambiente.
L'abbandono della classe tradizionale per un ambiente più aperto e flessibile è uno dei risultati più concreti per comprendere la posizione del governo sul tema. Ancora oggi, le scuole danesi rappresentano l'eccellenza europea, dovuta soprattutto alla soddisfazione d'insegnanti e alunni.
L'Orestad Gymnasium dello studio 3XN è diventanto il progetto esemplare di una nuova tipologia di scuola, in cui non esiste la classe divisa da quattro mura, ma tutti gli spazi sono aperti e utilizzati per molteplici funzioni.

3.2.4. Paesi Scandinavi

Un caso singolare è rappresentato dai Paesi Scandinavi, le cui scuole rappresentano l'eccellenza sia nella didattica che nell'architettura educativa.
Le ragioni del successo risalgono ad un lento processo di rinnovazione che ha coinvolto sia le riforme scolastiche che la ricerca architettonica. L'ultimo ambizioso progetto è chiamato *Innoschool*, che raggruppa ricerche, processi e pratiche inerenti l'apprendimento formale e informale per rinnovarlo e adattarlo alla scuola del futuro.
La ricerca si suddivide in quattro filoni, ognuno dedicato ad un'area tematica.
Innoedu si occupa degli aspetti educativi legati all'utilizzo di tecnologie, e quindi come l'apprendimento dovrebbe evolversi in funzione ai nuovi modi di apprendimento.

Nella pagina seguente: vista degli interni dell'Orestad Gymnasium. Fonte: Fonte: Indire, *Quando lo spazio insegna* (online) http://www.indire.it/quandolospazioinsegna/scuole/orestad/





Innoplay analizza come le attività che si svolgono durante le ore di relax possono integrarsi nell'orario di lezione, analizzando nuovi modi di fare lezione (che si basano sulla creatività e il gioco) e nuovi ambienti scolastici, per sostenere un apprendimento continuo (life-wide learning).
Innoserve ha come obiettivo l'interazione della scuola con risorse pubblico-private per creare una sorta di community estesa in tutto il territorio.
Innoarch è la parte del progetto dedicata allo studio dello spazio d'apprendimento. A tal riguardo, sono state tenute numerose conferenze che trattano degli elementi chiave della ricerca, quali flessibilità, apertura verso il territorio e suddivisione dell'ambiente.
L'obiettivo di Innoarch è di ricercare una relazione tra queste quattro tematiche, includendo la partecipazione degli stakeholders nei processi decisionali degli ambienti.
Innoserve si occupa delle tematiche legate ai servizi di sostegno e alla loro interazione con i processi dell'apprendimento.
A dieci anni di distanza dal progetto, numerose sono le scuole che adottano i dogmi della ricerca.
In Svezia, la Telefonplan rappresenta una scuola innovativa, in cui gli ambienti formali e informali creano un paesaggio didattico in cui non esiste una divisione netta dello spazio. In base alla configurazione dello spazio, si possono individuare cinque zone differenti, ognuna dedicata ad un tipo di attività specifica.
Laboratory è lo spazio dedicato alle attività pratiche. Lo spazio è attrezzato con tutti gli strumenti utili per la sperimentazione e le attività laboratoriali.
Watering hole è lo spazio pensato per l'apprendimento autonomo. Gli studenti acquisiscono informazioni e si aiutano a vicenda, senza l'aiuto di un docente.
Campfire è utilizzato per imparare con un esperto. Questo spazio è munito di strumenti multimediali per facilitare la trasmissione d'informazioni.
Cave è uno spazio privato pensato per pensare o leggere in silenzio. È possibile svolgere differenti attività, sia individuali che con un docente, ed è pensato per chi ha bisogno di uno spazio chiuso ed isolato per facilitare la concentrazione.
Show off è l'area dedicata alle esposizioni e presentazioni del lavoro svolto; è quindi lo spazio in cui si presentano i risultati raggiunti nelle differenti aree proposte.

Nella pagina seguente: Foto che rappresentano i differenti paesaggi didattici della Vittra Telefon Plan: Laboratory (in alto), Watering hole (al centro) e The cave (in basso). Fonte: Rosan Bosch, *Projects,* (online) http://www.rosanbosch.com/en/project/vittra-school-telefonplan

4 Il caso italiano

4.1. Il quadro normativo

Il D.M. del 1975, "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica" già citata in precedenza, rappresenta la norma più completa in materia di progettazione scolastica.
Ancora oggi valida, essa contiene tutte le informazioni tecniche necessarie per la costruzione di scuole, dai valori standard (metri quadri necessari per studente, per ogni spazio dell'edificio) a indicazioni più generali. La norma è infatti articolata in cinque capitoli.
Il primo, *Criteri generali*, riguarda la localizzazione della scuola; il capitolo *Area* specifica le caratteristiche dell'area, con riferimento agli standard urbanistici; *Norme relative all'opera* si occupa delle caratteristiche degli spazi, dai laboratori alle palestre. Il quarto capitolo stabilisce il tipo di arredamento e le attrezzature necessarie per assicurare lo svolgimento delle attività didattiche. Infine, l'ultimo capitolo, *Norme relative alle condizioni di abitabilità*, riporta indicazioni sulle condizioni acustiche, illuminotecniche, termoigrometriche e di sicurezza.
Nonostante si tratti di una norma esaudiente in tutti i suoi aspetti, soprattutto negli Anni Settanta, oggi risultano evidenti alcune lacune dovute alla maggiore sensibilità acquisita in materia di didattica e spazio.
Dopo l'uscita della normativa, infatti, non ci sono stati aggiornamenti significativi, ma soltanto decreti e leggi che l'hanno affiancata.
Tra queste si cita la legge 23 del 1996, *Norme per l'edilizia scolastica*, il cui obiettivo era la realizzazione di interventi di recupero del patrimonio scolastico esistente, e di "assicurare a tali strutture uno sviluppo qualitativo e una collocazione sul territorio adeguati alla costante evoluzione delle dinamiche formative, culturali, economiche e sociali".
Tuttavia, la scarsità dei fondi disponibili e la continua esigenza di adattamento alle norme di sicurezza, hanno portato all'attuazione di soli micro interventi.
In effetti, il motivo che ha rallentato (o bloccato) un eventuale aggiornamento dei decreti risiede nella criticità degli edifici scolastici italiani, vincolati dalla necessità d'interventi di sicurezza.
L'adattamento alle norme di sicurezza, dall'abbattimento delle barriere architettoniche ad interventi di messa in sicurezza per adeguamento antisismico o consolidamento

6. Legge num.23 dell'11 Gennaio 1996, art.1

delle strutture esistenti restano infatti gli interventi più urgenti, il quale hanno rallentato l'esecuzione di una norma che integrasse a quella esistente strategie utili per l'adeguamento degli edifici scolastici alle esigenze attuali.
Per questa ragione, tutti i decreti che si sono susseguiti negli ultimi decenni riguardano principalmente la messa in sicurezza (soprattutto causati da calamità naturali) e, negli ultimi anni, anche decreti riguardo l'efficientamento energetico.

Si riportano i principali.

L. 12-11-2011, n. 183 - Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato. (Legge di stabilità 2012).
art. 33, comma 3, assegnazione risorse del fondo sviluppo e coesione per la messa in sicurezza degli edifici scolastici
art. 33, comma 8, istituzione fondo per la messa in sicurezza degli edifici scolastici

D.L. 6-12-2011, n. 201, recante disposizioni urgenti per la crescita, l'equità e il consolidamento dei conti pubblici, convertito con modificazioni della legge 22 dicembre 2011, n. 214.
art. 30, comma 5-bis, adozione atti necessari all'erogazione delle risorse del Fondo per lo Sviluppo e la Coesione per interventi di messa in sicurezza e adeguamento antisismico delle scuole.

D.L. 9-2-2012, n. 5, recante disposizioni urgenti in materia di semplificazione di sviluppo, convertito con modificazioni dalla legge 4 aprile 2012, n. 35.
art. 53, modernizzazione del patrimonio immobiliare scolastico e riduzione dei consumi e miglioramento dell'efficienza degli usi finali di energia

D.L. 6-6-2012, n. 74, recante Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici che hanno interessato il territorio delle province di Bologna, Modena, Ferrara, Mantova, Reggio Emilia e Rovigo, il 20 e il 29 maggio 2012, convertito con modificazioni dalla legge 1° agosto 2012, n. 122.
art. 5, comma 1-bis, nuovi stanziamenti per la costruzione di nuovi edifici scolastici
D.L. 18-10-2012, n. 179 recante ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese, convertito con modificazioni dalla legge 17 dicembre 2012, n. 221.

7. Fonte: Italia sicura, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Normative, (online) http://italiasicura.governo.it/site/home/scuole/norme.html

art. 11, comma 4-bis – 4-octies, nuove modalità di predisposizione e approvazione dei piani triennali di interventi di edilizia scolastica, nonché dei relativi finanziamenti

D.L. 21-6-2013, n. 69, recante disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia, convertito con modificazioni dalla legge 9 agosto 2013, n. 98.
art. 18, comma 8-8-septies, destinazioni fondi INAIL al piano di interventi di messa in sicurezza degli edifici scolastici e di costruzione di nuovi edifici scolastici

D.L. 12-9-2013, n. 104, recante misure urgenti in materia di istruzione, università e ricerca, convertito con modificazione dalla legge 8 novembre 2013, n. 128.
art. 10, comma 1, mutui per l'edilizia scolastica e per l'edilizia residenziale universitaria e detrazioni fiscali

D.M. 10 ottobre 2013, n.267, Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca - Procedura di cofinanziamento di interventi di edilizia scolastica e messa in sicurezza delle scuole, in attuazione di quanto disposto dalla direttiva 1° agosto 2013.
D.M. 5-11-2013, n. 906, Ministero dell'istruzione, dell'università e della ricerca - Assegnazione delle risorse destinate all'attuazione di misure urgenti di riqualificazione e di messa in sicurezza delle istituzioni scolastiche statali. (Decreto n. 906).

D.L. 24-6-2014, n. 91, recante disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea, convertito con modificazioni dalla legge agosto 2014, n. 116
art. 9, interventi urgenti per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici

D.L. 12-9-2014, n. 133, recante misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive.
art. 3 Ulteriori disposizioni urgenti per lo sblocco di opere indifferibili, urgenti e cantierabili per il rilancio dell'economia.
art. 4 Misure di semplificazione per le opere incompiute segnalate dagli Enti locali e misure finanziarie a favore degli Enti territoriali.
art. 9 Interventi di estrema urgenza in materia di vincolo idrogeologico, di normativa antisismica e di messa in sicurezza degli edifici scolastici e dell'Alta formazione artistica,

musicale e coreutica - AFAM

L. 23-12-2014, n. 190 - Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge di stabilità 2015)
art.1, comma 353, realizzazione di interventi di mantenimento del decoro e della funzionalità degli immobili adibiti a sede di istituzioni scolastiche ed educative statali
art.1, comma 467, esclusione dal patto di stabilità interno delle spese per l'edilizia scolastica sostenute dalle province e dalle città metropolitane
D.L. 19 giugno 2015, n. 78 - Disposizioni urgenti in materia di enti territoriali. Disposizioni per garantire la continuità dei dispositivi di sicurezza e di controllo del territorio. Razionalizzazione delle spese del Servizio sanitario nazionale nonché norme in materia di rifiuti e di emissioni industriali, convertito con modificazioni dalla legge 6 agosto 2015, n. 125
art.1, rideterminazione degli obiettivi del patto di stabilità interno di Comuni, Province e Città metropolitane per gli anni 2015-2018 e ulteriori disposizioni concernenti il patto di stabilità interno.

L'unico intervento che si riferisce alla rinnovazione dei criteri per la progettazione della scuola "del nuovo millennio" risale al 2013, anno in cui il Miur ha pubblicato le *Norme tecniche-quadro*.
L'obiettivo era proprio aggiornare le prescrizioni del 1975, integrando tra le linee guida interventi in linea con le riflessioni effettuate a livello nazionale e internazionale sui nuovi spazi educativi.
Alla base della ricerca è posta l'idea di flessibilità degli ambienti scolastici, oltre che dal superamento della classe come solo ambiente educativo, ripercorrendo le stesse riflessioni analizzate nella ricerca internazionale, dall'utilizzo delle tecnologie alla rivalutazione degli ambienti come corridoi e atrii in catalizzatori sociali.
Si aggiungono riferimenti sul comfort ambientale (illuminazione, climatizzazione e ventilazione) e sull'utilizzo e le caratteristiche degli arredi. Emergono anche riferimenti all'accessibilità e alla localizzazione della scuola, il quale dovrebbe facilitare l'apertura verso il territorio e, di conseguenza, il suo utilizzo come civic center.
I temi ricorrenti coincidono quindi con le esperienze contemporanee già citate, il che esprime la volontà di ricercare un nuovo modello educativo, attinente alle ricerche e alle esigenze attuali.

4.2. La ricerca italiana

Il contributo italiano nella ricerca dell'architettura della scuola (e non solo) può essere sintetizzato dalle iniziative INDIRE, punto di riferimento per la ricerca educativa, dalla didattica al sistema scolastico.
Tra gli ambiti di ricerca, esistono molto progetti che mirano alla trasformazione del modello scolastico attraverso l'analisi delle esperienze d'innovazione già avvenute e delle esigenze degli istituti nazionali.
Tra queste, il progetto *Architetture scolastiche* approfondisce e analizza il rapporto tra spazi e tempi di apprendimento. Lo scopo è il superamento della scuola vista come un insieme di aule, in quanto *"oggi sorge la necessità di vedere la scuola come uno spazio unico e integrato in cui i vari microambienti, finalizzati a scopi diversificati, hanno la stessa dignità e risultano flessibili, abitabili e in grado di accogliere in ogni momento le persone. Si tratta di spazi che presentano un adeguato livello di funzionalità, comfort e benessere per realizzare le molteplici attività della scuola*."[8]
Le attività di ricerca sono supportate dall'OCSE e coinvolgono le scuole e le realtà territoriali, creando così l'opportunità di sviluppare un progetto partecipativo nella realizzazione di spazi funzionali.

A tal proposito, nasce il modello "1+4 spazi educativi", vero e proprio manifesto per la scuola innovativa. La proposta è il risultato della ricerca pluridisciplinare, che suggerisce la suddivisione dello spazio scolastico in base all'attività da svolgere. Ad ogni area è affidato un valore simbolico e un valore funzionale.
Spazio individuale è l'area dedicata ai lavori in autonomia, in cui si acquisiscono competenze riguardo la gestione del tempo e sulla responsabilizzazione del proprio lavoro.
Spazio esplorazione s'ispira alla teoria "dell'imparare facendo", utilizzando spazi attrezzati come i laboratori.
Spazio di gruppo rappresenta il luogo in cui gli studenti lavorano insieme, avendo la possibilità di collaborare utilizzando strumenti differenti. Lo spazio predispone al dialogo e alla collaborazione.
Spazio informale rappresenta tutti gli spazi che in passato erano definiti semplici luoghi di passaggio. Nella nuova scuola, questi spazi rappresentano il luogo ideale per rilassarsi e socializzare durante le pause di lezione.

8. Fonte: INDIRE, Architetture scolastiche (online) http://www.indire.it/progetto/architetture-scolastiche/

Agorà è chiamata così perché è definita come la piazza della scuola.
Essendo tale, è lo spazio comunitario dove ci si incontra e avviene lo scambio e la condivisione. La caratteristica principale è la flessibilità dello spazio, il quale dovrà adeguarsi a tutte le attività quotidiane.
L'obiettivo dell'iniziativa è dunque fornire le indicazioni necessarie per riappropriarsi dello spazio scolastico e adeguarlo alla nuova didattica.
Un altro progetto concluso nel 2012, intitolato Abitare la scuola, si è proposto come occasione di confronto e di dibattiti sui parametri di qualità che compongono un nuovo tipo di scuola.
Le idee chiave continuano ad essere l'organizzazione flessibile degli spazi e l'apertura verso il territorio. Il progetto ha raccolto una serie di testimonianze su quella che dovrebbe essere la nuova scuola del futuro, raccogliendo tutte le informazioni necessarie al cambiamento.

Questo progetto si presenta quindi come una vetrina dei cambiamenti che stanno avvenendo, ma senza fornire un contributo diretto. Possiamo infatti attribuire a questa iniziativa il merito di aver mostrato i nuovi parametri che dovrebbero essere utilizzati nella progettazione degli edifici, ma saranno le iniziative degli anni successivi a mostrare interventi concreti nel territorio italiano.

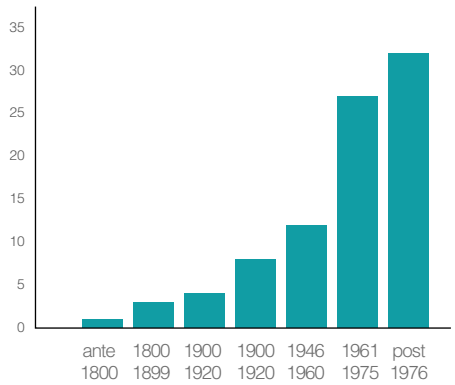
Nella pagina successiva: Manifesto del progetto *1+ 4 spazi educativi*, in cui sono descritti gli ambienti della scuola del terzo millennio. Fonte: G. Biondi, S. Borri, L. Tosi, Dall'aula all'ambiente di apprendimento, pagina 150.

SPAZIO INDIVIDUALE
Spazi per il raccoglimento, la riflessione, la lettura.
Postazioni riparate e protette con strumenti di lettura/scrittura individuale.
SPAZIO ESPLORAZIONE
Spazio della scoperta e dell'esplorazione del mondo.
Ambiente dotato di strumenti per l'osservazione, la sperimentazione e la manipolazione.
COLLABORARE
Configurazione per attività di collaborazione, cooperazione, lavori di gruppo.
DISCUTERE
Configurazione per la condivisione, la discussione e il confronto in plenaria
PRESENTARE
Configurazione uno-a-molti per la presentazione di lavori individuali o di gruppo.
SPAZIO DI GRUPPO
Luogo in cui i gruppi di studenti si raccolgono e costruiscono la propria identità.
Area che permette soluzioni flessibili per lo svolgimento di attività differenziate.
ELABORARE
CREARE
AGORÀ
Luogo della comunità scolastica tutta.
Ambiente per la condivisione di eventi aperti anche al territorio.
SPAZI EDUCATIVI
1+4
1+4 SPAZI EDUCATIVI PER LA SCUOLA DEL TERZO MILLENNIO
Perché cambiare gli spazi dell'apprendimento?
Quale è la configurazione degli spazi educativi più efficace per l'apprendimento nel terzo millennio?
Il percorso di ricerca condotto da Indire ha cercato di dare una risposta a queste domande proponendo il modello 1+4 per il nuovo millennio.
1 rappresenta l'ambiente di apprendimento polifunzionale del gruppo-classe, l'evoluzione dell'aula tradizionale che si apre alla scuola e al mondo. Un ambiente a spazi flessibili in continuità con gli altri ambienti della scuola.
4 sono gli spazi complementari, e non più subordinati, agli ambienti della didattica quotidiana. Sono l'agorà, lo spazio informale, lo spazio individuale e lo spazio per l'esplorazione.
Il modello proposto si basa su molteplici livelli di analisi (Brofenbrenner, 1989) e propone una visione che si discosta dall'idea di scuola come somma di aule (Airoldi, 1978) per estendersi, oltre la dimensione didattica, al contesto sociale influenzando la qualità delle relazioni (Leemans e von Ahlefeld, 2013; Lefebvre, 1991).
Il percorso di ricerca che ha condotto al modello 1+4, si è sviluppato lungo direttrici differenziate e sinergiche: l'analisi di casi di eccellenza a livello europeo, l'analisi delle politiche educative volte a promuovere spazi educativi innovativi, lo studio della normativa tecnica per l'edilizia scolastica, l'osservazione e la valorizzazione dei percorsi di ripensamento degli spazi promossi da scuole di avanguardia a livello nazionale, la cooperazione e la riflessione all'interno dei contesti di ricerca e degli organismi internazionali.
SPAZIO INFORMALE
Luogo dell'incontro informale e del riposo.
Ambienti comodi con sedute morbide per leggere, parlare, ascoltare musica.

4.3. Il patrimonio scolastico italiano

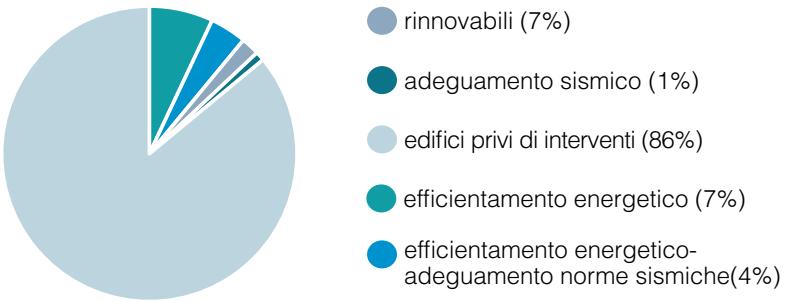
Non è facile delineare un quadro preciso sulla situazione italiana, in quanto le scuole sono state realizzate per fasi discontinue, a seconda alle ragioni storiche del Paese.
Per questa ragione, ritroviamo una grande percentuale di edifici risalenti agli anni Sessanta, periodo in cui non solo venne approvato l'obbligo scolastico, ma si assistette anche ad un boom demografico. A queste motivazioni seguì quindi la costruzione di edifici capaci di soddisfare l'esigenza di spazi. Le costruzioni dell'epoca, tipiche anche degli anni Settanta, privilegiavano un sistema di costruzione prefabbricato, standard e di media durata. La prevista sostituzione procedette tuttavia a rilento, e in molti casi non avvenne per mancanza di fondi.
Questa situazione rese difficile una raccolta di dati attendibile. Soltanto con la legge 23/1996 venne introdotta l'Anagrafe nazionale dell'edilizia scolastica, con l'obiettivo di raccogliere i dati sulle infrastrutture scolastiche.
Risulta ambiguo sapere che la raccolta dei dati sia stata terminata soltanto nel 2008, e resa pubblica nel 2015. La situazione risulta grave soprattutto se si pensa che la definizione di programmi d'intervento deve partire da una chiara descrizione dello stato di conservazione dell'edificio. Un'altra complicazione risiede inoltre nella suddivisione burocratica, in quanto enti regionali ed enti locali hanno responsabilità differenti per la gestione dei fondi o nella segnalazione di condizioni che richiedono interventi sulle infrastrutture.
Questa divisione sicuramente complica e rallenta una definizione chiara e aggiornata del patrimonio italiano.

In basso: Percentuale di costruzione del patrimonio scolastico italiano. Fonte: MIUR, Agosto 2015



Oggi, l'unica risorsa che fornisce un quadro completo della situazione è il rapporto Legambiente, il quale pubblica annualmente dati sulla qualità dell'edilizia scolastica italiana.
L'ultimo rapporto del 2017, definisce due grandi temi che caratterizzano gli interventi effettuati.
Il primo riguarda la messa in sicurezza degli edifici, intervento da considerare di priorità assoluta.
Tra i 43.072 edifici esistenti in Italia, il 39,4% necessita urgentemente di manutenzione. Le cause sono evidenti se si considera che più della metà degli edifici scolastici è stata costruita prima dell'entrata in vigore delle prime norme sismiche (emanate nel 1974). A questo, si aggiunge la criticità di alcune zone che si trovano in aree a rischio sismico (il 40% degli edifici), con il conseguente bisogno di continua vigilanza e manutenzione.
Il secondo tema riguarda invece l'efficientamento energetico, finalizzato al miglioramento del comfort ambientale e visivo. Secondo un'analisi Enea, la spesa annua per riscaldamento e illuminazione è pari a 1,3 miliardi di euro. Ancora una volta, il motivo risiede nell'inadeguatezza degli edifici: più del 90% sono stati costruiti prima dell'entrata in vigore della prima legge in materia di efficienza energetica, avvenuta nel 1991.
Seppur urgenti, gli interventi appena citati interessano una percentuale minima del patrimonio edilizio.
Dalle analisi, emerge un altro dato che riguarda i finanziamenti per la riqualificazione del patrimonio, affidati in larga parte a bandi di varia natura.
Il rapporto Lega ambiente evidenzia la difficoltà di Enti locali di partecipare a questi bandi, e quindi di non usufruire di questi finanziamenti, compromettendo la volontà (e il bisogno) di rinnovamento dei Comuni italiani.

In basso: Interventi di adeguamento statico e miglioramento energetico del patrimonio edilizio scolastico, anni 2007-2016. Fonte:Legambiente, Ecosistema scuola, 2016



4.4. La rinnovazione degli edifici esistenti: interventi e iniziative

Nonostante la situazione del patrimonio immobiliare scolastico, negli ultimi anni sta avvenendo un cambio di tendenza, in quanto stiamo assistendo a numerosi interventi che riguardano da una parte la costruzione ex novo di edifici scolastici, dall'altra la ristrutturazione di quelli esistenti.
Tra gli interventi, si cita citano le operazioni, avviate nel 2014, *#scuole nuove, #scuole sicure, #mutui bei*, che riguardano il finanziamento rispettivamente nella nuova costruzione e nella ristrutturazione/riqualificazione di edifici scolastici.
Grazie a questo intervento, ad oggi sono stati conclusi 762 cantieri.

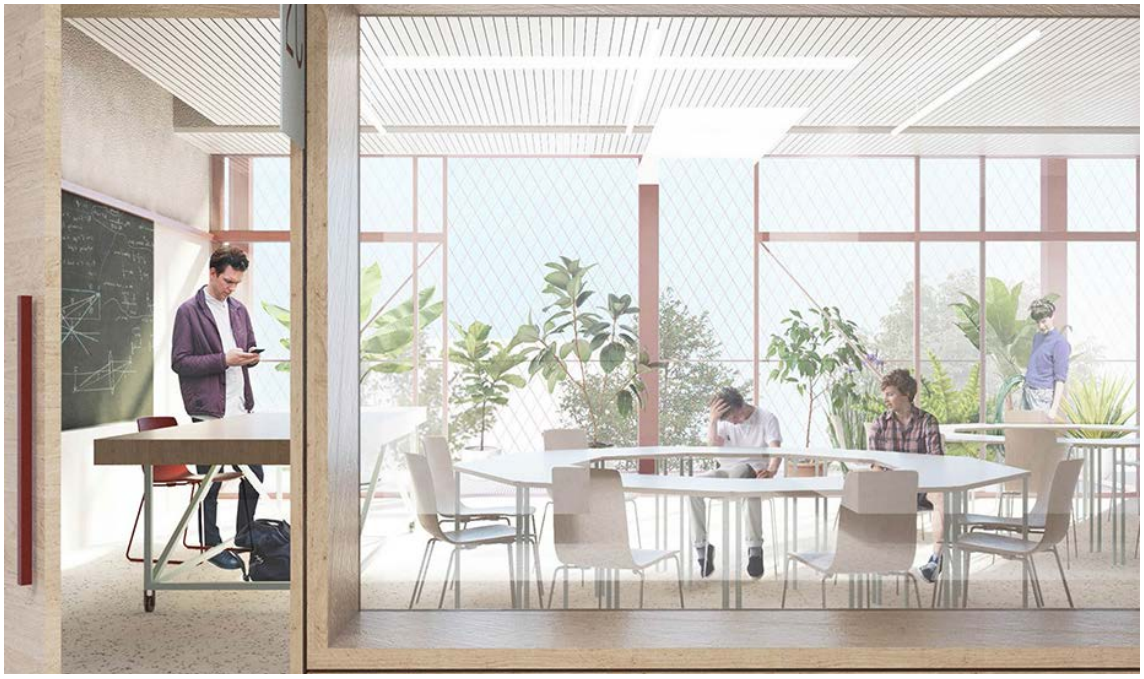
Svolgendo una ricerca sulle modalità d'intervento più diffuse, si evince come l'utilizzo dei bandi di concorso sia una prassi piuttosto frequente.
Nel Maggio 2016, il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca ha avviato il concorso *Scuole innovative*, coinvolgendo 51 aree in differenti regioni italiane.
Il bando di concorso ha consentito ad architetti e ingegneri di proporre un progetto che integri negli spazi scolastici esigenze pedagogiche e didattiche, con particolare attenzione all'apertura verso il territorio. Ormai concluso, il bando ha visto la partecipazione di oltre 1200 studi di progettazione.
Affianco ai bandi indetti dal Ministero dell'Istruzione, istituiti con i propri fondi, continuano ad espandersi bandi di concorso locali, che interessano cioè una singola scuola.
Si tratta di iniziative guidate dalla volontà di rinnovarsi e sperimentare una nuova idea di fare scuola. Ancora una volta, i soggetti interessati mirano a progettare un nuovo edificio scolastico all'avanguardia o a rinnovare le preesistenze.
Tra i numerosi bandi di progetto, si cita il progetto Torino fa scuola, terminato nel Luglio 2017. Questo caso diventa esemplare in quanto, nonostante sia nato per la rinnovazione di due scuole torinesi, l'obiettivo principale è dimostrare come questo esempio di riqualificazione del patrimonio scolastico possa essere replicabile in tutto il Paese. Per questo motivo, sono state selezionate due scuole medie della città torinese, con caratteristiche architettoniche differenti ma diffuse nel territorio nazionale.

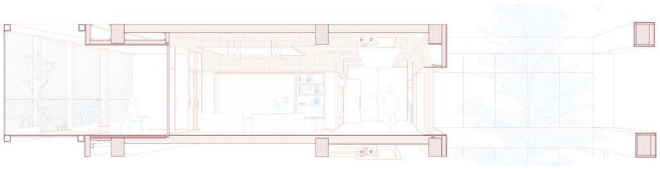
4.4.1. Torino fa scuola: la scuola Fermi

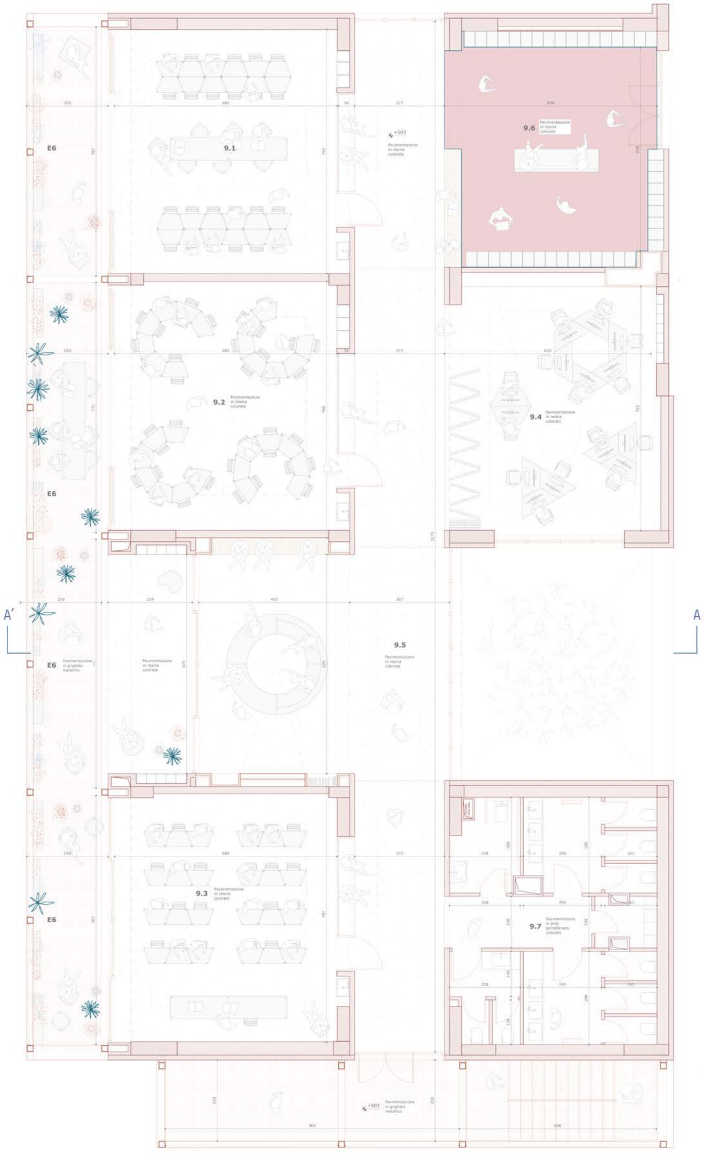
La scuola Enrico Fermi è una scuola secondaria di primo grado situata nel quartiere Nizza Millefonti, adiacente allo stabilimento della Fiat Lingotto.
Il progetto è stato realizzato nel 1965, anno del boom demografico e di massimo sviluppo in ambito industriale.
La scuola nasce infatti dalla necessità di ampliare i servizi nella zona. L'edificio si sviluppa su tre piani fuori terra, ed è composta da dodici aule.
Grazie all'utilizzo di grandi aperture, la scuola è caratterizzata da una buona illuminazione naturale, ma molti spazi (soprattutto i corridoi) sono inutilizzati. Obiettivo del concorso è la valorizzazione di tutti gli spazi, attuando dei micro interventi alla struttura originaria della scuola (rimasta pressoché identica).
Il progetto del gruppo capitanato da Alberto Bottero di Torino è risultato il vincitore, in quanto *"dimostra una capacità di dialogo attivo e consapevole con il contesto e l'idea di un nuovo modello scolastico, che consente d'immaginare questo intervento come un potenziale prototipo da applicare ad altre situazioni simili diffuse sul territorio nazionale".*
Nel progetto è infatti presente un'attenzione particolare alla relazione con l'esterno, ma anche al ripensamento degli arredi come elementi fondamentali per la nuova didattica.
Dal punto di vista urbano, una nuova riorganizzazione degli accessi consente l'utilizzo delle aree verdi ai residenti del quartiere: l'idea della scuola come civic center è portata avanti anche aprendo ai cittadini l'utilizzo della biblioteca, della palestra e degli ambienti di ristoro. Il fronte principale dell'edificio prevede un nuovo involucro, attraverso l'aggiunta di volumi esterni che rappresentano l'estensione delle attività didattiche, aprendosi verso il territorio.
Infine, viene enfatizzata l'importanza degli spazi "non convenzionali", dedicando l'intero secondo piano ad un laboratorio dell'orto, utile sia per la formazione dei ragazzi che per il coinvolgimento dei cittadini, a cui si associa un'area relax denominata area del ritiro.
Gli stessi spazi sono presenti al piano terra in prossimità dell'entrata, come un invito all'utilizzo.

Nella pagina seguente: render degli nuovo progetto per la scuola Fermi e pianta e sezione di un dettaglio del piano tipo. Fonte: Torino fa scuola, (online) http://www.torinofascuola.it/fermi-index.html

VIRTUAL
WATER
1C


1C




A'
A
E6
9.1
9.2
9.3
9.4
9.5
9.6
9.7

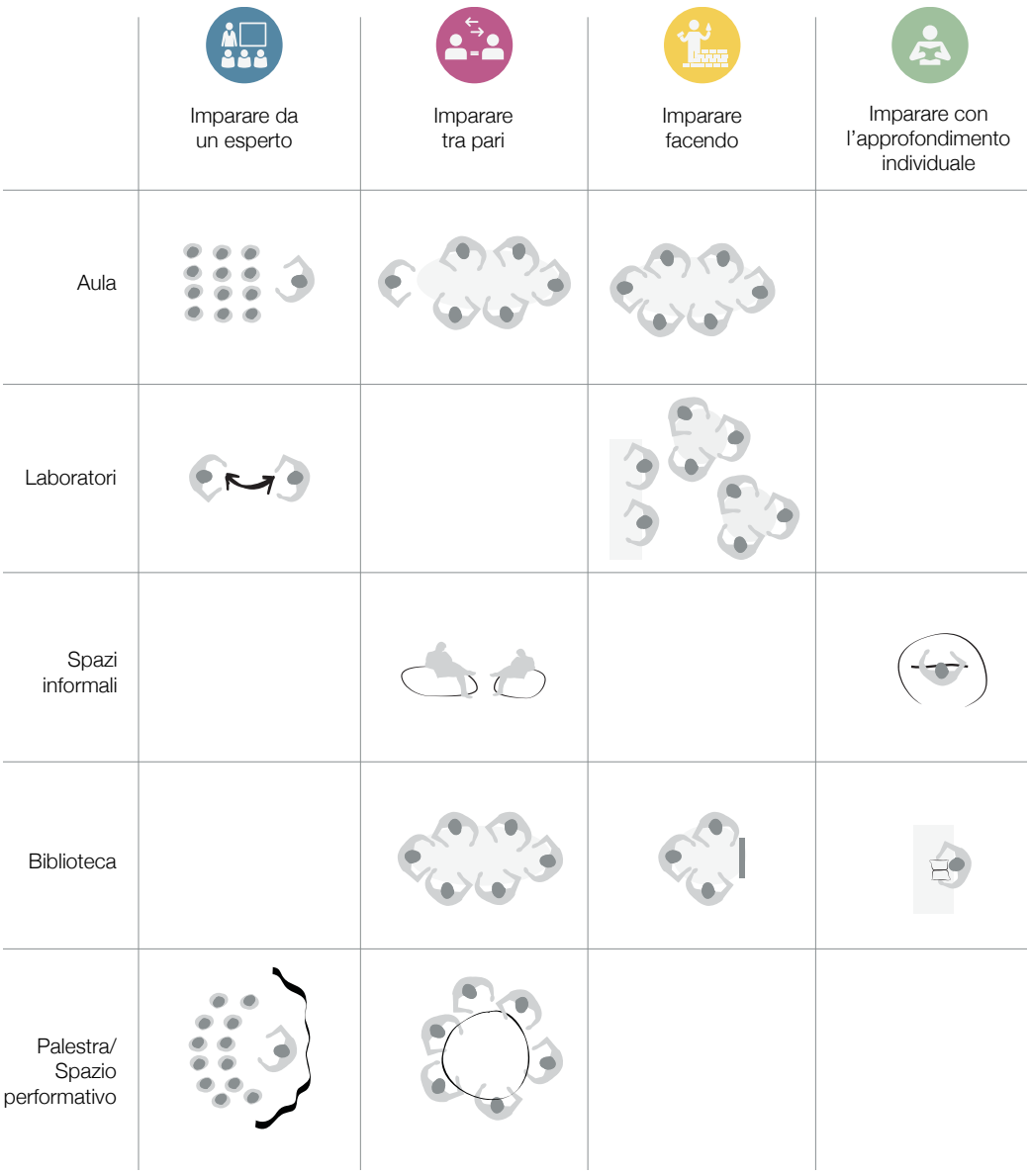
4.4.2. Torino fa scuola: la scuola Pascoli

La scuola media Pascoli è situata in zona centrale della città. La struttura, in buono stato di conservazione, rappresenta una tipica costruzione ottocentesca, il quale limita gli interventi nel ripensamento degli spazi a causa dei limiti della Sovrintendenza.
Il team guidato da Minutolo Silvia ha ideato un progetto che *"risponde in pieno agli obiettivi del concorso, che chiede di individuare soluzioni spaziali innovative e in linea con l'evoluzione degli approcci pedagogici della scuola all'interno dei vincoli e delle risorse date dal patrimonio edilizio esistente".*
I principali interventi riguardano la l'apertura di spazi differenti per integrare differenti modalità di fare lezione. Ispirandosi alle teorie di Thornburg, tutti gli ambienti sono pensati per "imparare da un esperto, imparare facendo, imparare tra pari, imparare con l'approfondimento individuale".
Grazie a questo principio, l'ambiente di apprendimento si estende anche lungo i corridoi finora inutilizzati.
Anche in questo caso la scuola vuole estendere il suo utilizzo oltre l'orario scolastico, garantendo spazi flessibili e aperti a tutti. Ad esempio, la palestra è studiato per diventare uno spazio performativo per dibattiti o esposizioni.
La mancanza di aree verdi viene compensata creando un giardino pensile, il quale rimanda ai principi pedagogici sull'importanza degli spazi aperti per la crescita dell'alunno.

Nella pagina seguente: Render degli nuovo progetto per la scuola Pascoli. Fonte: Torino fa scuola, Scuola Pascoli (online) http://www.torinofascuola.it/pascoli-index.html

1/B

Francesca
Alessandra
Chiara
Carlo
Jacopo
Giovanni
Ludovico
Clara



In alto: schema che rappresenta la relazione ambiente/tipo di attività prevsta. Fonte: Torino fa scuola, Scuola Pascoli (online) http://www.torinofascuola.it/pascoli-index.html

Parte II

5 L' illuminazione negli edifici scolastici

5.1. Requisiti nei nuovi spazi d'apprendimento

Gli studi affrontati hanno dimostrato come l'ambiente possa influenzare le capacità di apprendimento e di rendimento degli studenti. Lo spazio flessibile, adatto ai nuovi metodi d'insegnamento, asseconda le esigenze dell'utente e migliora l'esecuzione delle attività. Affianco a questa riflessione, si pone l'esigenza di assicurare un comfort visivo adeguato, in quanto è uno dei fattori che maggiormente influiscono sulla qualità dell'ambiente indoor. Basti pensare che la maggior parte delle attività in ambito scolastico si basano su scrittura e lettura, sia su libri che su superfici verticali (come ad esempio la lavagna). A queste funzioni vanno aggiunte anche la visione su schermi e proiettori, il quale presentano requisiti differenti. L'ambiente illuminato non può compromettere le prestazioni visive, ma anzi il progetto illuminotecnico deve valorizzare gli spazi per migliorare il comfort dell'utente e ottimizzare la produttività. Esiste quindi un'attenta analisi per soddisfare i requisiti dei nuovi ambienti scolastici, la cui eterogeneità implica la necessità d'interventi puntuali.
Nel 2006, l'architetto Rosan Bosch ha avviato la progettazione degli interni della Ordrup school in Danimarca con l'obiettivo di creare spazi diversificati e migliorare le modalità d'apprendimento. Ritroviamo in questo esempio un'attenzione alla qualità degli ambienti, manifestata anche attraverso la scelta di apparecchi illuminanti adeguati alle esigenze dei nuovi spazi. Per i lavori di gruppo, ad esempio, ad ampi tavoli è associata un'illuminazione diffusa che garantisce un adeguato illuminamento sul piano di lavoro.
La stessa attenzione è posta nelle "nicchie" create nei corridoi, con l'obiettivo di utilizzare questi spazi per lavori individuali o per socializzare. Viene dunque predisposta un'illuminazione puntuale nelle learning oases, per consentire maggiore visibilità nello spazio predisposto. La diversificazione delle attività, e quindi dell'illuminazione, è visibile anche negli ambienti in cui all'illuminazione generale sono aggiunti altri apparecchi per focalizzare l'attenzione in ogni *concentration booths*, postazioni di lavoro racchiusi da separé. Infine, anche nei luoghi destinati alle attività di svago, come ad esempio il piccolo palcoscenico, sono associati dei proiettori orientabili, per diverse atmosfere di scena.Il progetto illuminotecnico non si limita tuttavia a offrire soluzioni variabili attraverso la scelta di apparecchi luminosi. Pur focalizzando l'attenzione sul comfort visivo degli utenti, la riflessione parte dall'ottimizzazione dell'illuminazione naturale, il quale fornisce anche benefici psicologici e, con un attento studio sull'integrazione della luce artificiale, anche economici e ambientali. È quindi opportuno analizzare gli elementi che rendono il progetto illuminotecnico uno strumento utile alla valorizzazione e all'evoluzione dei nuovi spazi di apprendimento.

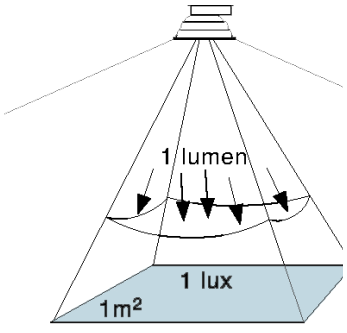
Nella pagina seguente: foto degli spazi dedicati ai lavori di gruppo e delle "nicchie" per i lavori individuali (a sinistra), dei concentration booths e del piccolo palcoscenico (in alto), in cui sono visibili i differenti tipi di illuminazione utilizzati. Fonte: Rosan Bosch, *Projects*, (online) http://www.rosanbosch.com/en/project/ordrup-school#

5.2. Luce e comfort visivo

Per comfort visivo si intende la condizione di benessere e soddisfazione delle esigenze di ordine visivo durante lo svolgimento delle attività.
Questo fattore diventa fondamentale (cosi come negli uffici) in quanto i ragazzi adattano continuamente la vista, concentrandosi sull'illuminazione di piani orizzontali e verticali. Diventa dunque fondamentale garantire una corretta illuminazione per evitare l'affaticamento della vista e incrementare la produttività degli utenti.
Sono sempre più numerosi gli studi che rivelano l'importanza di un'attenta illuminazione nell'ambiente: uno studio ha dimostrato che passando da un ambiente con scarsa illuminazione ad uno ben illuminato, l'attività di pensiero logico può aumentare del 9%, la capacità di attenzione del 15% e la sicurezza e velocità di calcolo del 5%.(Fonte: LAR Ancona).
Questi valori possono essere raggiunti integrando la luce naturale con la luce artificiale, considerando anche gli effetti psicologici che ne conseguono.
Nonostante il livello di comfort visivo non posso essere valutato oggettivamente, esistono diversi fattori che influiscono in maniera considerevole sulla performance visiva.

L'illuminamento deve garantire che una superficie sia correttamente illuminata: è definito come il rapporto tra il flusso luminoso che incide su una superficie e l'area di quest'ultima.
La normativa stabilisce i valori minimi e medi (quantificati in lux) utili ad evitare l'affaticamento visivo.
Questi valori sono in relazione al tipo di attività prevista dall'ambiente, e sono influenzati da valori oggettivi come la capacità di assorbimento e di riflessione del flusso luminoso da parte dei materiali presenti nell'ambiente, e da valori soggettivi che dipendono dalle capacità visive e dalle condizioni fisiche del soggetto.

A destra: Rappresentazione della definizione di illuminamento.



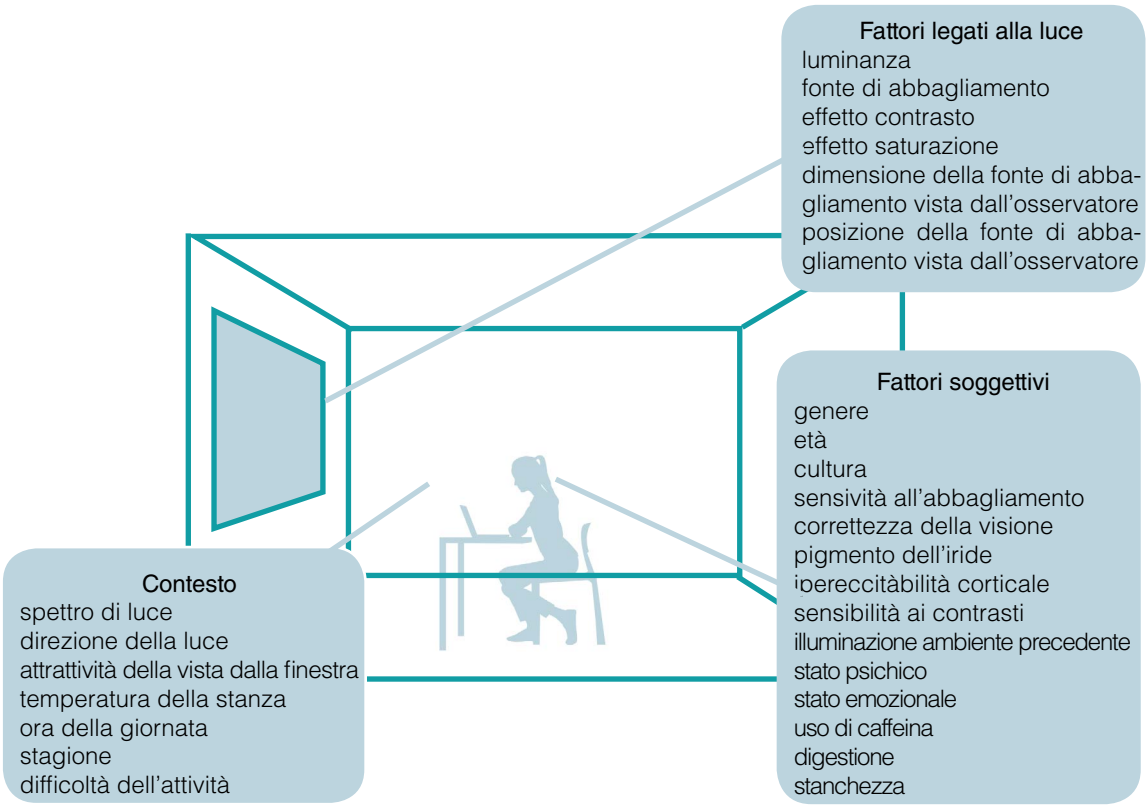
La distribuzione luminosa è un fattore importante in quanto determina le condizioni di illuminamento specifiche nell'area di lavoro rispetto all'ambiente immediatamente circostante. È fondamentale in questo caso controllare che contrasti troppo elevati favoriscano una situazione di discomfort. Si parla infatti di "contrasto apparente" quando esistono rapporti di luminanza troppo elevati tra compiti visivi e gli ambienti prossimi.

Questa condizione rimanda al fenomeno dell'abbagliamento, causato appunto da contrasti eccessivi di luminanza o dalla saturazione del sistema visivo (quando cioè il fascio luminoso viene orientato in direzione degli occhi e si trova ad una distanza ravvicinata rispetto ad essi). Risulta fondamentale controllare questo fenomeno in quanto riduce le prestazioni impedendo il normale svolgimento dell'attività (in questo caso, viene chiamato abbagliamento debilitante). In altri casi, l'abbagliamento può comportare una sensazione di fastidio, provocando uno sforzo della vista, che viene definito abbagliamento molesto. Attualmente, esiste un indice, il Daylight Glare Index (DGI), per valutare l'abbagliamento molesto causato dall'illuminazione naturale, il quale però presenta alcuni limiti dovuti alla determinazione dei valori di luminanza percepiti dall'utente.
Per questo motivo, la CIE ha sviluppato il fattore UGR (Unifie Glare Rating), per valutare l'abbagliamento in ogni campo d'applicazione. Questo indice è stato anche introdotto nella normativa italiana, in cui vengono stabiliti dei valori massimi raccomandati per garantire il comfort visivo. Sicuramente, questi valori non possono e non devono essere utilizzati per tipologia di ambiente (uffici, industrie o attività commerciali), bensì per compiti visivi.
Prendendo in considerazione un ambiente scolastico, ad esempio, avremo differenti valori massimi di UGR: 19 per attività di scrittura e lettura, 16 per disegni di precisione, 22 per le aree comuni e così via.

In basso: Rappresentazione delle cause di abbagliamento diretto (in alto) e riflesso (in basso).

Bisogna inoltre tenere in considerazione che, oltre che dall'illuminazione naturale e artificiale, la valutazione dell'abbagliamento è causata da fattori soggettivi.
L'università cattolica di Louvain ha condotto una ricerca per determinare quali fattori, fisiologici, psicologici o contestuali hanno una significativa influenza sulla percezione di discomfort dovuta principalmente all'abbagliamento da illuminazione naturale[9].
Questi fattori sono stati poi suddivisi in tre macro categorie: fattori relativi al contesto, al tipo di illuminazione e alle caratteristiche del soggetto.
La ricerca è stata condotta utilizzando circa 300 persone provenienti da tre Paesi differenti, il quale hanno valutato la propria percezione di comfort attraverso un questionario e tramite la valutazione di immagini HDR, riuscendo a congiungere una valutazione soggettiva ad una oggettiva.

In alto: rappresentazioene dei potenziali fattori che influiscono sulla percezione di discomfort.



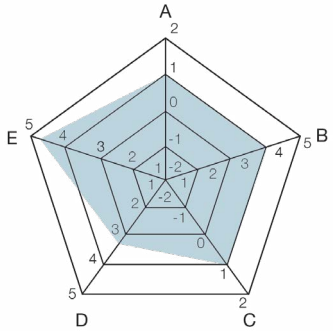
9. C. Pierson, M. Bodart, C. Cauwerts, J. Wienold, *Discomfort glare from daylighting: study of factors influencing discomfort glare perception and validation of a universal discomfort glare index*. VELUX Daylight Symposium (Berlino, dal 03/05/2017 al 04/05/2017).

Questo tipo di ricerca potrebbe essere particolarmente utile negli ambienti scolastici, in particolare nelle classi, poiché la varietà di attività e soggetti in un unico ambiente implicano un'ampia variabilità di percezione di disturbo visivo. Analizzare le cause principali significa avere la possibilità di intervenire per minimizzarle.

L'intensità luminosa considera il livello di luce presente sul compito visivo. Solitamente, ad alti livelli di luce si associano migliori prestazioni visive. Il confort visivo ottimale varia in realtà dal tipo di attività che si sta svolgendo.
Bisogna dunque valutare il livello di luminosità caso per caso. Nelle scuole, potrebbe dunque essere buona norma predisporre ambienti in cui è possibile variare l'intensità luminosa.

Infine, la percezione del colore viene valutata per garantire un'affidabile restituzione dei colori delle superfici (in alcuni laboratori didattici questa funzione diventa essenziale) ma anche per l'influenza psicologica causata soprattutto ni luoghi chiusi.
Per definirla, sono utilizzati due fattori: la temperatura di colore e l'indice di resa cromatica Ra. Tuttora sono attive numerose ricerche sull'influenza dei colori della luce nella psiche; in particolare, ai fini delle attività nelle scuole e negli uffici, si stanno analizzando i vantaggi che comportano luci fredde e luci calde.
Il comfort visivo è un tema ricorrente nell'analisi e nella progettazione d'illuminazioni. Avendo dimostrato come la sua valutazione sia assolutamente soggettiva ma fondamentale nella valutazione della qualità della luce, è stato sviluppato il fattore ELI. Il fattore ELI (Ergonomic Lighting Indicator) consente di quantificare la qualità della luce utilizzando cinque parametri, tra cui il comfort visivo. Si aggiungono prestazione visiva, aspetto d'insieme, vitalità e individidualità/flessibilità.
Attraverso una checklist, questi valori vengono valutati attraverso una scala numerica che va da uno a cinque. I valori sono poi raffigurati in un diagramma pentagonale: il risultato migliore coincide con il perimetro esterno del pentagono.

In basso: Rappresentazione di una valutazione ELI e descrizione legenda. Fonte: Zumtobel, Manuale illuminotecnico pratico, pag.22



A: prestazione visiva
B: aspetto d'insieme
C: comfort visivo
D: vitalità
E: individualità e flessibilità

5.3. Effetti non visivi della luce

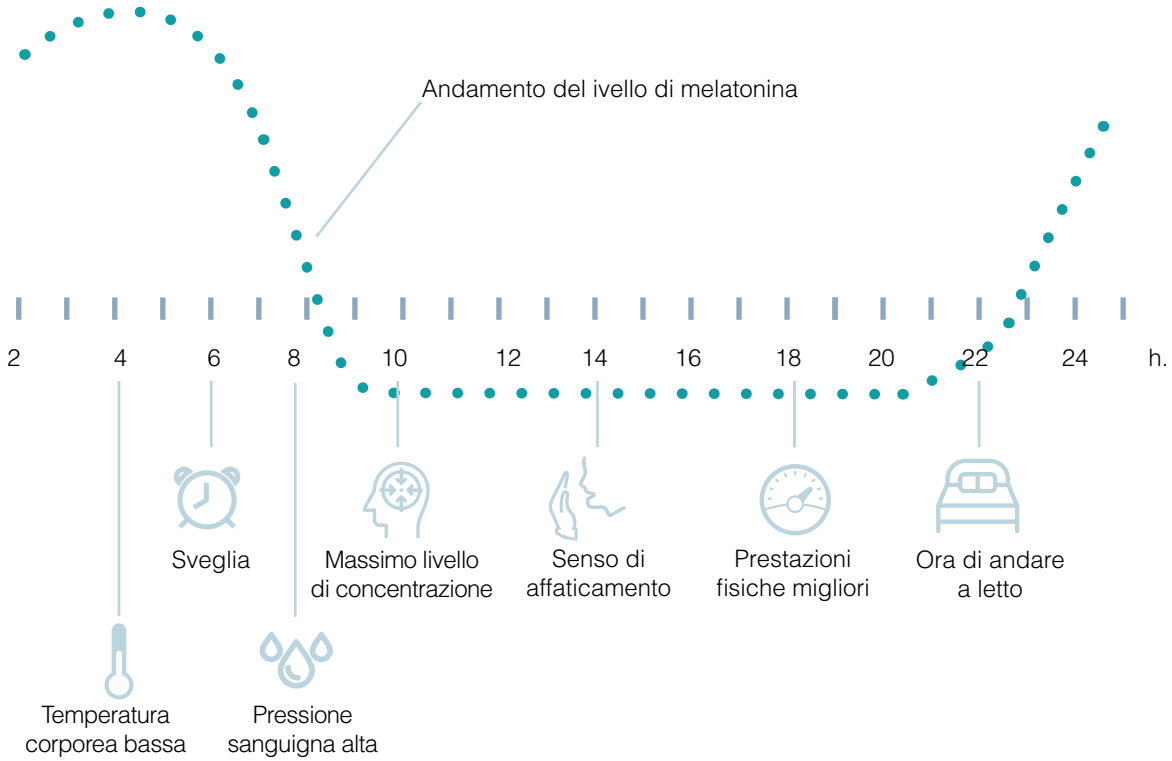
L'influenza della luce sugli uomini si riflette non solo in termini di comfort visivo, ma anche in effetti definiti non visivi, il quale influiscono su funzioni biologiche quali l'umore, lo stato di vigilanza e la qualità del sonno. Lo stimolo luminoso viene trasformato in stimolo elettrico dai fotorecettori, il quale trasmettono le informazioni alla corteccia cerebrale. Questi ultimi si differenziano in coni e bastoncelli.
I coni rispondono a lunghezze d'onde che vanno da 420 nm (o spettro del blu) ai 560 nm (spettro del rosso), mentre i bastoncelli agiscono soltanto quando la luce è bassa (crepuscolare)[10].
Per decenni, si è pensato che coni e bastoncelli fossero gli unici fotorecettori presenti nella retina dei mammiferi. Tuttavia, nel 2002 è stata scoperta una nuova categoria di fotorecettori denominati ipRGC (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells).
Questa scoperta è diventata fondamentale per iniziare ad analizzare i cosiddetti effetti NIF (non image forming), il quale hanno un impatto importante sulle funzioni biologiche dell'uomo.
Per comprendere le differenze rispetto ai coni e bastoncelli, è necessario analizzare i processi che avvengono all'interno della retina durante una sollecitazione. Quando la retina viene sollecitata, le informazioni visive, attraverso coni e bastoncelli, vengono trasformate in segnali elettrochimici e inviate alla corteccia visiva.
La luce, invece, attraverso i percorsi NIF, viene trasmessa al Nucleo Soprachiasmatico (SCN) e a regioni del cervello, come la ghiandola pineale, responsabile della sintesi della melatonina. La sua produzione (e soppressione), è direttamente correlata alla presenza della luce, e influenza principalmente i ritmi veglia-sonno nell'uomo.
Allo stesso modo, altre proprietà fisiche quali intensità, tempo e lunghezza di esposizione della luce influiscono sugli effetti NIF, anche se queste correlazioni non sono state ancora totalmente comprese.
Nonostante questo fenomeno sia ancora in fase di analisi, i traguardi della ricerca e le conoscenze acquisite permettono di considerare questi effetti per ottimizzare le condizioni di illuminazione negli ambienti indoor, considerando come la luce possa influire sulle condizioni di benessere psicofisiologico dell'uomo.

10. Fonte: C. Stanfield, W. Germann, Fisiologia, Pearson, 2009

5.3.1. I ritmi circadiani

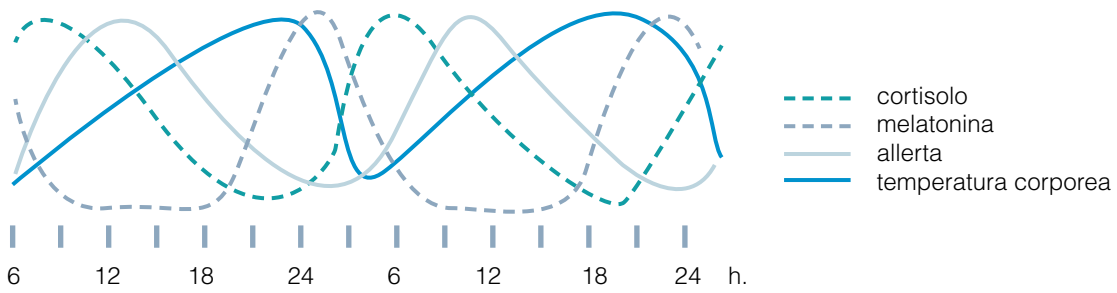
Per ritmo circadiano si intende la sincronizzazione dell'orologio biologico, che definisce i nostri ritmi giornalieri come il sonno e la veglia, ma anche funzioni come stato di allerta, concentrazione o temperatura corporea.
La luce è il fattore principale per la regolarizzazione dell'orologio biologico; in assenza di una sua stimolazione, il ciclo sonno/veglia si desincronizza rispetto all'alternarsi di luce e oscurità, influendo sullo stato di salute e sui comportamenti dell'uomo. Per essere biologicamente efficiente, è necessario che l'occhio sia esposto per un determinato tempo alla radiazione solare: nella zona inferiore della retina, è presente una percentuale di cellule gangliari contenenti melanopsina, un fotorecettore responsabile della produzione di ormoni come il cortisolo (noto come "ormone dello stress"), e la melatonina.

In basso: rappresentazione del livello di melatonina e dell'effetto sugli uomini durante l'arco della giornata.



La secrezione della melatonina, definita come “ormone del sonno”, segue un andamento nell’arco delle 24 ore. I livelli massimi di melatonina sono raggiunti durante la notte; viceversa, durante il giorno i livelli diminuiscono notevolmente in quanto la luce provoca la sua soppressione.
La presenza della melatonina influisce in differenti aspetti comportamentali che incidono sulle prestazioni degli utenti. La sua assenza aumenta il livello di vigilanza; viceversa, favorisce il rilassamento.
È possibile individuare, in condizioni controllate del ritmo giornaliero, gli aspetti comportamentali che influiscono sulle attività indoor e sono direttamente correlati alla presenza di melatonina.

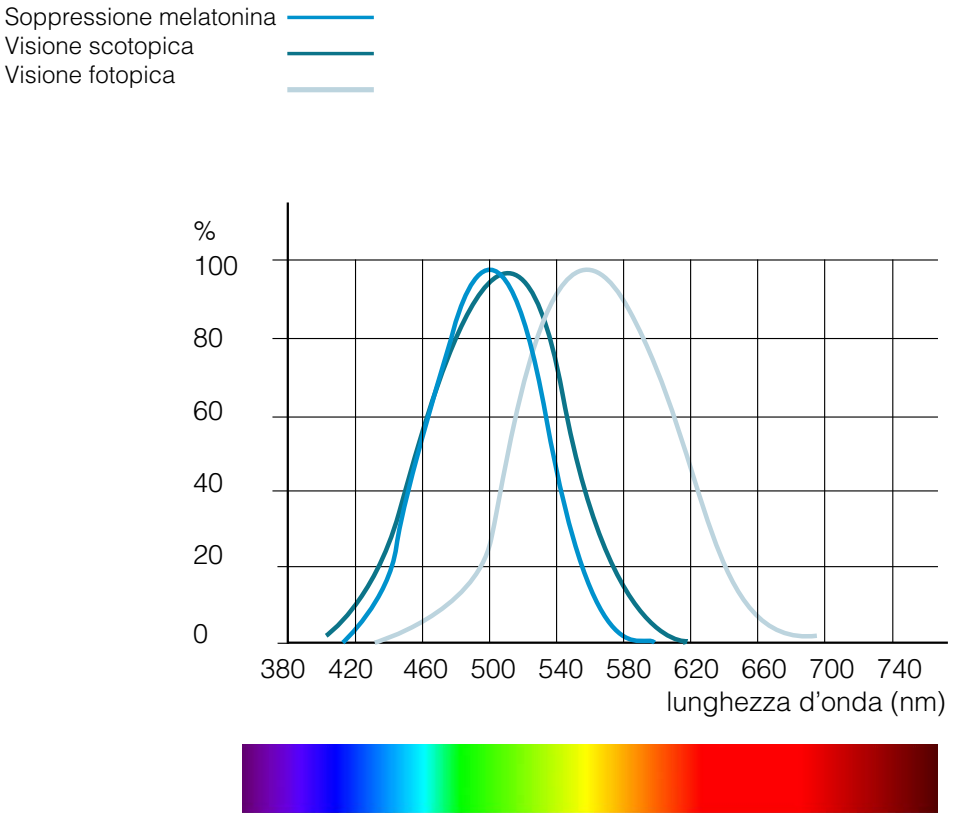
Ritmi giornalieri di alcuni processi fisiologici per una persona che rispetta ritmi regolari.
Fonte: Philips Lighting



Gli stati di vigilanza, ad esempio, seguono una ritmica circadiana caratterizzata da livelli di allerta minimi in corrispondenza delle prime ore del mattino.
La presenza della luce, sia naturale che artificiale, è correlata istintivamente allo stato di vigilanza, il quale coincide con la soppressione della melatonina durante le ore notturne. Allo stesso modo, una buona qualità del sonno (il quale, nel caso delle scuole, migliora le prestazioni didattiche) è influenzata dall’esposizione della luce durante la sera. Una luce intensa può sfasare il ritmo circadiano e ritardare il sonno.
Anche l’umore viene influenzato dalla luce, soprattutto la luce naturale diurna durante l’inverno.
Questi effetti, sicuramente soggettivi, dipendono dall’intensità luminosa, dalla durata di esposizione e dalla composizione spettrale della luce. Altri fattori, come il sesso e l’età, influiscono notevolmente sugli effetti della luce.
È interessante notare come diversi studi hanno rivelato che soggetti di giovane età,

quindi in età scolare, sono più sensibili all'esposizione di luce a lunghezze corte (pari a 460nm, ossia lo spettro che influenza che le reazioni circadiane) rispetto a soggetti più anziani. Le ragioni potrebbero risiedere nel peggioramento della densità del cristallino con l'avanzare degli anni.
Considerando la curva di sensibilità circadiana, è evidente come le reazioni legate alla melanopsina siano percepibili a lunghezze d'onda differenti rispetto allo spettro d'onda della visione fotopica.
Ad esempio, le lunghezze d'onda blu, poco percettibili dall'occhio umano, hanno una grande importanza per la produzione di melatonina.
Questo aspetto si rileva fondamentale in quanto, per una più completa progettazione, bisognerebbe valutare non solo livelli di illuminamento adeguati ma anche la distribuzione spettrale della luce.

Schema grafico della sensibilità spettrale relativa ed effetto melanopico.
Fonte: Zumtobel, *Manuale illuminotecnico pratico,* pagina 7

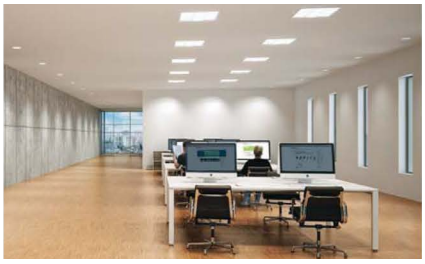


5.3. Influenza dell'illuminazione artificiale sulle prestazioni degli utenti

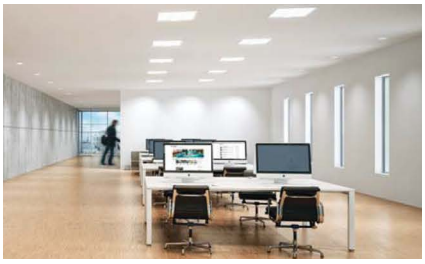
Secondo un'analisi di Van Lynden e Vannes, gli studenti trascorrono circa il 77% del loro tempo all'interno di un edificio. Pur disponendo di un ottimale utilizzo dell'illuminazione naturale, l'integrazione con la luce artificiale è un requisito fondamentale.
Basti pensare alla rapidità della variazione della radiazione solare incidente e ai requisiti determinati da determinate attività soddisfatti soltanto con l'ausilio di apparecchi luminosi.
Soprattutto negli edifici scolastici, la corretta illuminazione artificiale non solo asseconda lo svolgimento di differenti attività (anche in un singolo ambiente), ma fornisce la possibilità di creare uno spazio d'apprendimento stimolante.
Considerando le influenze dei ritmi circadiani sulle attività e le sue cause, la connessione tra luce e benessere dell'utente diventa un elemento imprescindibile.
Utilizzando le conoscenze finora acquisite e considerando l'esposizione continua degli studenti alla luce in ambiente indoor, è possibile ottimizzare le prestazioni delle attività attraverso la stimolazione delle reazioni circadiane.
Le lunghezze d'onda pari a 460nm, oltre a ridurre i livelli di melatonina nel sangue, aumentano la temperatura corporea e la frequenza cardiaca, rendendo gli individui più attivi sia fisicamente che mentalmente, attraverso un aumento dello stato di vigilanza. Influiscono a queste reazioni intensità e temperatura di colore.
Sono stati affrontati diversi studi a riguardo, valutando come questi effetti (VL o variable lighting) influiscono sulle performance degli studenti. I test sperimentali mostrano reazioni e preferenze differenti dell'illuminazione a seconda dell'attività svolta.
Ad Amburgo, sono stati condotti dei test per verificare l'efficacia dei VL. Per nove mesi, sono state valutate su 166 studenti (rispettivamente di tre scuole di gradi d'istruzione differenti, dall'elementare al liceo), due differenti strategie d'illuminazione. Nel primo test, è stata utilizzata una tipologia di luce definita "Standard", con una temperatura di colore neutra (4000 lux) che garantisce 300 lux, come stabilito da normativa.
Nel secondo test, viene usato il programma di luce "relax", caratterizzato da una temperatura di colore calda (3500 K) e un illuminamento di 275 lux.
I risultati mostrano un maggiore e un più rapido declino di agitazione nel programma di luce "relax" rispetto agli studenti esposti ad una luce di tipo standard. Lo stesso risultato si evince per comportamenti di tipo aggressivo. Dai risultati di altri test sperimentali emerge inoltre che la temperatura di colore influenza lo stato di sonnolenza, stimolando le reazioni del sistema nervoso in presenza di luce fredda. Il controllo dell'atmosfera dell'ambiente diventa una soluzione per migliorare le condizioni di apprendimento e assecondare i ritmi richiesti dalle attività negli ambienti scolastici.

8:00 h

10:30 h



12:00 h



14:30 h

17:00 h

A sinistra: Esempio di variazioni della temperatura di colore in diverse ore della giornata.
Fonte: Zumtobel, *Gestione della luce, valore aggiunto*, pagina 25

Considerando l'eterogeneità degli spazi che caratterizza il nuovo modello di scuola, la possibilità di utilizzare un sistema dinamico facilita le esigenze di adattamento all'attività richiesta. In questo modo, una temperatura fredda durante le ore di lezione frontale favorisce le capacità di concentrazione, mentre un'illuminazione soffusa dai colori caldi facilita il relax nei momenti dedicati allo svago.
Al fine di sincronizzare il nostro orologio biologico, è possibile correlare la giusta colorazione e il giusto livello di illuminamento ad ogni momento della giornata.

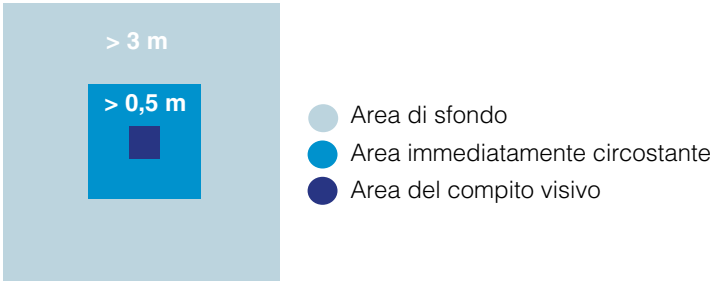
5.4. Il quadro normativo

Prima di introdurre la normativa illuminotecnica bisogna considerare che le norme, essendo tali, non sono applicabili obbligatoriamente, pur costituendo un valido supporto al progettista. Possono in effetti essere considerate delle linee guida che certificano la correttezza delle scelte progettuale, nonostante presentino notevoli limitazioni.
Le norme presentate, inerenti all'illuminazione degli edifici scolastici, sono normate dall'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione. Sono tuttavia valide anche in territori europeo in quanto eventuali aggiornamenti o modifiche dipendono da Comitati Europei.

5.4.1. UNI EN 12464:2011

La norma UNI EN 12464:2011 *Luce e illuminazione. Illuminazione dei posti di lavoro. Parte 1: Posti di lavoro in interni*, riguarda i requisiti tecnici utili a soddisfare le esigenze di comfort e prestazione visiva, fornendo dei valori di riferimento nell'area di lavoro.
Questa norma rappresenta l'aggiornamento della precedente normativa UNI 10380 del 1994, in cui sono stati introdotti dei requisiti importanti.

In basso: Rappresentazione delle aree di calcolo, con le distanze minime rispetto l'area di calcolo.
Fonte: Norma UNI 12464-1:2011



Una delle principali novità introdotte è la chiara definizione delle aree di calcolo.
In particolare, quest'area viene suddivisa in due zone specifiche: la zona del compito, definita come l'area specifica in cui viene svolto il compito visivo (task area), la zona circostante (surrounding area) che si estende per 50 m dal compito visivo e l'area adiacente (background area).
Il rapporto tra compito visivo e zona circostante diventa particolarmente incidente in presenza di terminali con schermi video. Un contrasto eccessivo comporterebbe una situazione di disagio e difficoltà nel corretto svolgimento delle attività. Ad esempio, contrasti eccessivi di luminanza nel campo visivo comportano situazioni di abbagliamento, valutato dall'indice UGR descritto dalla norma.
Dato l'utilizzo comune di video terminali (sia in ufficio che negli edifici scolastici), la normativa si concentra su fenomeni di riflessioni causati da monitor, definendo valori massimi di luminanza per evitare il cosiddetto "effetto velo", il quale si verifica quando il livello di luminanza è talmente alto che risulta difficile una buona visione dello schermo. Per ogni ambiente scolastico, sono riportati i valori limite da rispettare.
Vengno inoltre descritti i valori di riferimento che riguardano tutti i fattori che incidono sulla valutazione di comfort visivo: distribuzione della luminanza, livello di illuminamento,

In basso: limiti di luminanza per un corpo illuminante riflesso su uno schermo, nel caso A (scuole e uffici) e B (postazioni dove è richiesto più dettaglio).
Fonte: Norma UNI 12464,1-11, tabella 4, pagina 19

Luminanza massima dello schermo	Schermo con luminanza > 200 cd/m^2	Schermo con luminanza < 200 cd/m^2
Caso A	3000 cd/m^2	1500 cd/m^2
Caso B	1500 cd/m^2	1000 cd/m^2

In basso: Estratto della Norma 12464:1-2011 in cui sono segnalati i valori di riferimento per ogni specifica area degli ambienti educativi.

Area, compito o attività	Em (lux)	UGR	U_o	Ra	Requisiti specifici
Aule	300	19	0.6	80	illuminazione controllabile
Aule per lezioni serali	500	19	0.6	80	illuminazione controllabile
Auditorium, sale conferenze	500	19	0.6	80	illumin. controllabile e variabile
Lavagne	500	19	0.7	80	evitare riflessioni speculari
Pannelli espositivi	500	19	0.7	80	750 lux per auditorium
Aule per educazione artistica	500	19	0.6	80	TCC compresa tra 5000 e 6500 K
Aule per ed. artiscia in istituiti d'arte	750	19	0.7	90	
Aule per il disegno tecnico	750	16	0.7	80	
Atelier e laboratori	500	19	0.6	80	
Aule per lavori manuali	500	19	0.6	80	
Aule seminari	500	19	0.6	80	
Aule per musica	300	19	0.6	80	
Aule per pc	300	19	0.6	80	
Laboratori linguistici	300	19	0.6	80	
Sale preparatorie	500	22	0.6	80	
Atrii d'ingresso	200	22	0.4	80	
Aree d cirocolazione, corridoi	100	25	0.4	80	
Scale	150	25	0.4	80	
Aree studenti	200	22	0.4	80	
Sale insegnanti	300	19	0.6	80	
Biblioteche: scaffali	200	19	0.6	90	
Biblioteche: aree per la lettura	500	19	0.6	80	
Depositi per materiali didattici	100	25	0.4	80	
Palestre, piscine	300	22	0.6	80	rif. norma EN 12193
Depositi interrati	200	22	0.4	80	
Cucine	500	22	0.6	80	

6 Illuminazione naturale

6.1. Il ruolo della luce naturale in campo educativo

L'illuminazione è una risorsa fondamentale per migliorare la qualità dell'ambiente indoor e la sua efficienza. In particolare, sono state effettuate numerose ricerche che rivelano gli effetti positivi nelle architetture scolastiche.
Già negli anni Settanta, uno studio condotto da Collins incentrato sulla presenza di superfici trasparenti nelle classi ha dimostrato come la presenza d'illuminazione naturale sia una componente importante per la qualità degli spazi. Le differenti ragioni sono state approfondite e verificate negli studi successivi, il quale analizzano la connessione presente tra illuminazione e benessere e la sua influenza sulle performance degli studenti.
Nel 1992, in Svezia, sono state analizzate quattro classi con caratteristiche differenti: due in cui era presente l'illuminazione naturale, due sprovviste; due in cui era presente un'illuminazione artificiale calda (3000K), due in cui era fredda (5500K). I risultati hanno rivelato una correlazione tra i livelli d'illuminamento e il benessere degli studenti, sconsigliando l'utilizzo di aule senza finestre.
I risultati di questa ricerca dimostrano come, nonostante la limitazione di risorse e conoscenze sul tema, fosse già chiaro da anni il bisogno di un approccio più approfondito sul tema.
Nello stesso ambito, la DIAEE nel 2002 ha svolto un'analisi per valutare l'influenza dell'ambiente luminoso sull'utente. Per poterlo fare, sono stai eseguiti due test.
Il primo è stato realizzato all'interno di una cabina in cui era presente il solo apporto di illuminazione artificiale, mentre nel secondo era possibile realizzare un controllo della luce naturale attraverso lamelle frangisole.
Hanno partecipato all'esperimento sette soggetti di età media sui 25 anni (sia di sesso femminile che maschile). Ai soggetti interessati, sono state mostrate diverse immagini (negative, neutre e positive, in base al presunto stimolo emotivo che avrebbero fornito), e sono state registrate le differenti reazioni siano nel primo test che nel secondo.
I risultati hanno dimostrato che le reazioni variano in maniera più influente al variare della condizione ambientale più che alla tipologia di stimolo legata alla vista delle immagini.
Anche in questo caso, la ricerca vuole porsi come punto di partenza per ulteriori sperimentazioni, utili a ricercare in maniera più approfondita il ruolo dell'illuminazione indoor sul benessere dell'uomo. È diventato ormai evidente come diversi fattori, soprattutto soggettivi, legati alla percezione della luce influiscano sulla considerazione dell'ambiente stesso.

La preferenza degli utenti diventa infatti un altro fattore da tenere in considerazione, in quanto influisce in maniera diretta sulla percezione di benessere.
Galasiu e Veitch, ad esempio, nel 2006 hanno verificato attraverso interviste a studenti e lavoratori che rispettivamente il 65% e il 78%, predilige un'illuminazione naturale rispetto ad una artificiale, sia per ragioni psicologiche che produttive.
Il miglioramento delle performance nell'ambiente è in effetti un altro dei grandi temi oggetto di analisi, soprattutto in luoghi come uffici e scuole in cui è richiesto un certo rendimento delle proprie attività. Già da diversi anni si stanno svolgendo ricerche sulla relazione tra il tipo di illuminazione delle aule e i risultati scolastici.
Nel 1992, Kuller e Lindsten utilizzano la loro ricerca "Health and behaviour of children in classroom with and without windows" (Journal of Environmental Psychology) per rilevare come l'apporto di luce naturale sia estremamente significativo per permettere agli studenti di raggiungere gli obiettivi posti dai docenti.
La stessa conclusione è stata confermata da una ricerca americana negli anni 2000 condotta da Hescong, "Daylighting impacts on human performances in school".
Le informazioni raccolte nelle ricerche, ancora oggi in corso di analisi, nonostante siano una fonte per la comprensione del fenomeno dell'illuminazione naturale in ambienti indoor, non esauriscono l'argomento.
Sicuramente questi studi sono la prova che si sta sempre più sviluppando una sensibilizzazione sull'argomento, con l'obiettivo di soddisfare le esigenze dell'individuo, sia psicologiche che prestazionali. Allo stesso modo, esistono ragioni di natura tecnica (ovvero il soddisfacimento delle normative in vigore) e economiche (incentrate sul risparmio energetico) da tenere in considerazione nella valutazione dell'illuminazione naturale. In questo caso, il discorso include anche l'integrazione dell'illuminazione artificiale, direttamente connessa (e dipendente) alla luce naturale.
Definire il suo ruolo diventa quindi un'operazione complessa, in quanto subentrano diversi fattori che ne influenzano la valutazione. La migliore soluzione per incrementare i suoi benefici diventa quindi la corretta progettazione basata su un approccio olistico del comfort indoor.

6.2. La valutazione dell'illuminazione naturale: gli indicatori prestazionali

Cercare di quantificare l'apporto d'illuminazione naturale risulta essere un'operazione complessa, in quanto è caratterizzata da una rapida variabilità nel tempo e da differenti percezioni del sistema visivo.
Esistono in ogni caso dei criteri di valutazione che valutano la presenza d'illuminazione naturale in ambiente indoor attraverso l'utilizzo di indicatori.

Daylight factor (DF)

Il fattore di luce diurna FLD, un indice adimensionale che rappresenta il rapporto tra l'illuminamento dell'ambiente interno e l'illuminamento esterno, misurato su una superficie orizzontale. L'obiettivo è di quantificare la quantità di luce interna in relazione a quella disponibile all'esterno. Questo indice è riconosciuto dalla normativa italiana: ad ogni tipologia di ambiente, viene associata una percentuale minima che rappresenta il fattore medio di luce diurna.
Negli edifici scolastici, ad esempio, viene richiesta una percentuale del 3% per gli ambienti ad uso didattico e dell'1% negli spazi di distribuzione e nei servizi igienici.
Per calcolarlo, si utilizza la formula

$$FLD = \frac{\sum^{n}_{i=1} A_{f,i}\, \tau_i q_i \psi_i}{S_{tot}(1 - \rho_m)}$$

Dove:

n è il numero delle finestre;
$A_{f,i}$ è l'area della superficie vetrata della finestra i-esima;
τ_i è il il fattore di trasmissione del vetro della finestra;
q_i è il fattore finestra[11];
ψ_i è il fattore di riduzione del fattore finestra;
S_{tot} è l'area totale delle superfici interne;
ρ_m è il fattore di riflessione medio delle superfici interne.

11. Rapporto fra l'illuminamento Ef nel baricentro della finestra e l'illuminamento Ee che si ha nello stesso istante in un punto posto su una superficie orizzontale esterna esposta in modo tale da ricevere la luce dall'intera volta celeste in condizioni di cielo coperto. Quando ci sono superfici orizzonatali senza ostruzioni q=1, quando ci sono superfici verticali q=0,5 (se prive di ostruzioni) o q<0,5 (in presenza di ostruzioni).

Nonostante sia largamente utilizzato, questo indice presenta tuttavia numerosi limiti. Sono infatti trascurati l'orientamento e la posizione geografica dell'ambiente; inoltre, considera le condizioni l'illuminamento esterno unicamente in condizioni di cielo coperto, non considerando quindi l'influenza della radiazione solare diretta o i cambiamenti delle condizioni climatiche.
Per questo motivo, sono stati definiti altri indicatori che tengono conto dei cosiddetti fattori dinamici della luce, il quale considerano la radiazione solare diretta e diffusa.

Useful daylight index (UDI)

L'UDI, Useful daylight illuminance (o illuminamento utile da luce diurna) è un indice ideato da Mardaljvevic e Nabil nel 2005. Rispetto al fattore di luce diurna, considera le condizioni di cielo variabili nel tempo e stabilisce dei valori massimi di illuminamento per fascia oraria.
L'obiettivo è misurare quanto spesso, in un anno l'illuminamento dovuto alla luce naturale raggiunge un range che va dai 100 ai 2000 lux in un ambiente predefinito. Quando i valori si trovano al di sotto della soglia, il contributo della luce naturale integrato all'illuminazione artificiale è nullo; quando invece i valori superano la soglia, sono probabili fenomeni di discomfort visivo (come l'abbagliamento) e termico.
In base al range raggiunto, quindi, viene valutato il contributo della luce naturale rispetto all'integrazione con l'illuminazione artificiale, indicando se l'illuminamento sul piano di lavoro è adeguato.

Daylight autonomy (DA)

Il Daylight autonomy (DA) o Autonomia di luce diurna indica, rappresenta su base oraria (sono cioè quantificate le ore di occupazione) la percentuale di autonomia della sola luce diurna.
In questo caso, il livello minimo di illuminamento rappresenta la richiesta minima di luce necessaria a svolgere un compito visivo senza un eccessivo affaticamento.
Vengono considerate non solo tutte le condizioni di cielo durante l'anno ma anche l'orientamento della facciata e l'orario di occupazione. Nelle simulazioni possibili solo a computer, tuttavia, eventuali sistemi di oscuramento vengono considerati sempre nella stessa posizione (anche nel caso siano mobili). Generalmente, sono considerati accettabili valori del 40% e del 60%.

Annual sunlight exposure (ASE)

L'Annual sunlight exposure (ASE) definisce la percentuale di spazio che riceve una quantità eccessiva di luce diretta, normalmente di almeno 1000 lux per almeno 250 ore di occupazione nell'arco dell'anno.

Annual light exposure (ALE)

L'Annual light exposure (ALE) o Esposizione di luce annua rappresenta la quantità di luce incidente visibile in un punto d'interesse durante un anno. Viene perciò espresso in lux all'anno (lux h/yr).
Vengono presi in carico le radiazioni dovute sia alla luce diretta che indiretta, considerando quindi anche l'apporto di schermature.

Spatial daylight autonomy (sDA)

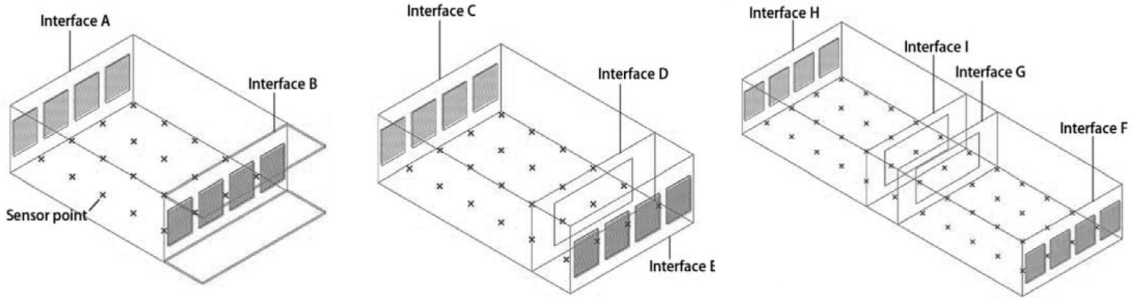
Lo Spatial daylight autonomy (sDA) indica la percentuale di spazio che riceve sufficiente luce naturale. È considerato come risultato accettabile avere circa 300 lux per almeno il 50% delle ore occupate nell'anno. Questa percentuale non tiene però in considerazione dell'uniformità dell'illuminazione, elemento fondamentale soprattutto nelle classi scolastiche (non può essere tollerabile che sia sufficientemente illuminata soltanto la superficie più vicina alle finestre).

Questi strumenti forniscono un notevole supporto nella valutazione dell'influenza dell'illuminazione naturale. Per ovviare ai limiti presenti in ognuno, una soluzione potrebbe essere l'utilizzo di più indici in un'unica applicazione, considerando sempre l'integrazione del giudizio soggettivo nella valutazione totale.

6.3. Controllo dell'illuminazione: le soluzioni

Lo studio delle condizioni d'illuminazione naturale nelle architetture educative è un tema sempre attuale che si pone come principale obiettivo una distribuzione adeguata della luce mettendo in relazione il clima locale, le esigenze degli utenti e il risparmio energetico.
Non a caso, la prima considerazione utile per un corretto progetto d'illuminazione riguarda la localizzazione dell'edificio e il suo orientamento. Fin dal diciannovesimo secolo, infatti, sono state analizzate differenti configurazioni spaziali con l'obiettivo di massimizzare l'importo di luce naturale negli ambienti educativi, a discapito dei locali di servizio.
Sicuramente questa riflessione non può limitarsi alla scelta del posizionamento delle aperture: una significativa presenza di radiazione diretta non solo potrebbe comportare discomfort climatico e prestazionale agli utenti, ma indurrebbe anche un incremento ulteriore del fabbisogno energetico dell'edificio.
Per questo motivo è necessario un controllo del fenomeno, attraverso strategie progettuali e soluzioni tecnologiche.
La ricerca guidata da Zhang parte da questo presupposto per rappresentare le migliori soluzioni progettuali in base alla configurazione spaziale.
Sono state analizzate le configurazioni tipiche di una scuola, con il corridoio rivolto verso l'esterno o tra due ambienti.

In basso: I tre modelli di edifici scolastici utilizzati nella ricerca di Zhang.
Fonte: Zhang, A., Bokel, R., van den Dobbelsteen, A., Sun, Y., Huang, Q. and Zhang, Q., *Optimization of thermal and daylight performance of school buildings based on a multi-objective genetic algorithm in the cold climate of China*, Energy and Buildings num.139, 2017, pagine 371-384.

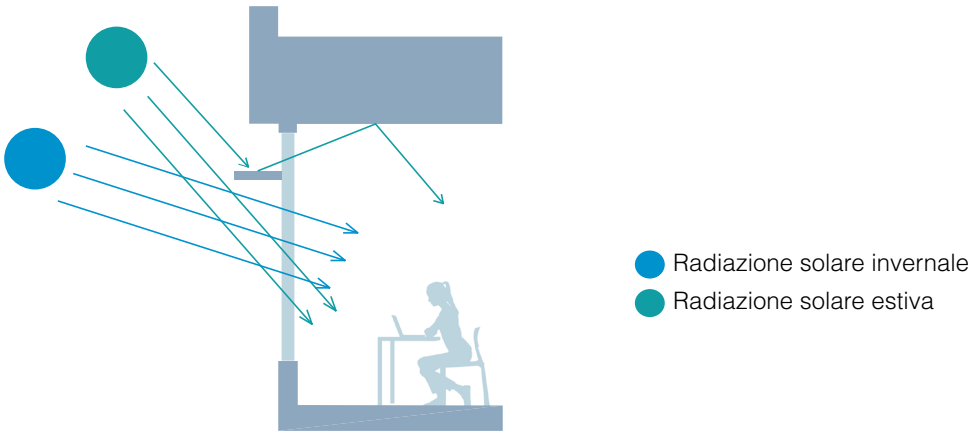


Per ogni ambiente, vengono considerati l'orientamento, la profondità della stanza e del corridoio e i tipi di ombreggiamento: l'obiettivo è individuare la migliore soluzione per ottimizzare la domanda di energia per il riscaldamento e ridurre il disagio termico estivo, utilizzando l'indice UDI per verificare l'adeguato importo luminoso.
La migliore soluzione è rappresentata dalla tipologia con corridoio centrale orientata a Sud, in quanto risulta essere la migliore soluzione per gli importi solari durante l'inverno. Questa ricerca è tuttavia mirata per ottimizzare le prestazioni termiche e luminose in Cina: il report specifica l'esigenza di migliorare le prestazioni degli edifici situati in un luogo caratterizzati da un clima freddo. Ogni strategia deve infatti essere verificata a seconda delle esigenze.
Le numerose ricerche e le conoscenze acquisite utili ad assicurare un adeguato comfort visivo e termico in ambiente indoor, hanno portato allo sviluppo di diverse soluzioni di sistemi di controllo della luce, sia tradizionali che ancora in fase di sperimentazione.

6.3.1. Light-shelf

Il light-shelf è un sistema costituito da una mensola orizzontale o leggermente inclinata che viene utilizzata per una migliore distribuzione della luce e per evitare fenomeni di abbagliamento.
Le mensole possono essere posizionate sia internamente (in questo caso è opportuno considerarne l'uso durante la fase progettuale, in quanto una buona efficienza richiede

In basso: Rappresentazione del principio di funzionamento dei light shelves, nella stagionale invernale ed estiva.



un soffitto relativamente alto) che esternamente all'edificio (in caso di edifici esistenti, possono essere fissate alla facciata).
Il light shelf funziona come uno schermo, il quale capta la radiazione solare e la riflette all'interno, incrementando la quantità di luce in ingresso nell'ambiente illuminato.
Generalmente, la parte superiore è rivestita in materiale riflettente per incrementare l'azione[12].
Possono essere situate al di sopra di un'apertura o, dove l'infisso lo permette, può dividere la finestra in due parti: uno dei vantaggi del loro utilizzo è la possibilità di continuare ad avere un contatto visivo con l'esterno, considerato un fattore positivo dal punto di psicologico.
Allo stesso tempo, previene il fenomeno del surriscaldamento durante il periodo estivo in quanto la radiazione diretta viene schermata, senza tuttavia ridurre gli importi della radiazione solare durante il periodo invernale o il livello d'illuminazione naturale all'interno della stanza.
In caso di mensola interna, la sua profondità dovrebbe essere pari all'altezza della finestra superiore, oppure pari all'altezza del piano di lavoro per mensole esterne.
Anche l'inclinazione varia di caso in caso: l'effetto schermante viene migliorato se l'inclinazione tende verso il basso, ma in questo caso viene ridotta la penetrazione della luce riflessa. Per questo motivo, esistono anche tipi di mensole mobili, che tuttavia hanno costi di manutenzione maggiore.
Nel corso degli anni, inoltre, si stanno sviluppando nuovi sistemi di light shelf, con caratteristiche che incrementano le prestazioni. Tra questi, ci sono light shelf trattati otticamente, le cui superfici superiori e inferiori sono rivestite da film speculari altamente riflettenti, in grado di intercettare anche le radiazioni con un basso angolo d'incidenza.

6.3.2. Lamelle

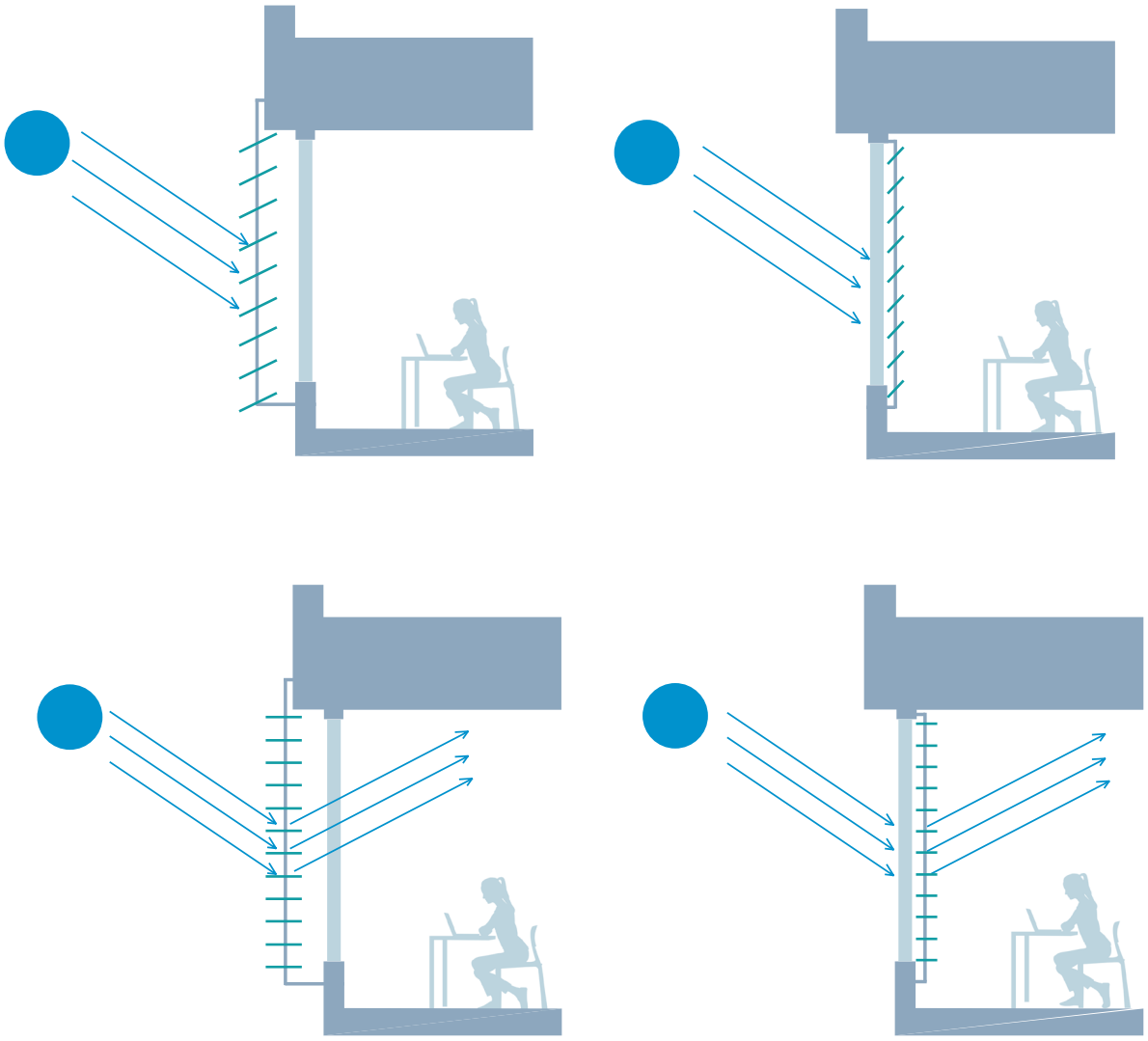
Le lamelle sono un sistema tradizionale costituito da una successione di stecche orizzontali, verticali o inclinate, disposte ad intervalli regolari. La loro disposizione dipende dall'orientamento della facciata. Ad esempio, per le aperture rivolte verso est o ovest è preferibile l'utilizzo di lamelle verticali per ottimizzare la penetrazione di luce diurna ed evitare fenomeni di abbagliamento. Allo stesso modo, in facciate rivolte a Sud, sono consigliabili lamelle disposte in orizzontale.
Questo sistema viene utilizzato per riorientare la luce all'interno dell'edificio e, in presenza di cielo coperto, garantiscono una distribuzione uniforme della luce diurna.

12. Una mensola esterna di colore scuro può ridurre la radiazione entrante del 10% rispetto ad una mensola di colore chiaro. Fonte: L. Ceccherini, A. Trombadore, E. D'Audino, Schermature solari, Firenze, Alinea, 2007

Inoltre, è possibile coprire completamente la vista verso l'esterno attraverso la chiusura delle lamelle.
I sistemi fissi sono utilizzati per schermare il sole, mentre i sistemi regolabili possono essere orientati a seconda delle condizioni climatiche, come ad esempio la posizione del sole.
Esistono anche lamelle regolate automaticamente, che permettono di migliorare l'efficienza energetica, controllando i guadagni termici e riducendo la luce diurna quando necessario. I costi di manutenzione sono tuttavia maggiori rispetto alle lamelle manuali.
Solitamente in materiale metallico, le lamelle sono prodotte anche in altri materiali come in vetro, per incrementare l'ingresso della luce naturale come luce diffusa o con sistema fotovoltaico integrato, dove le condizioni lo permettono (sarebbe un sistema ottimale a latitudini alte e in condizioni di cielo prevalentemente sereno durante l'anno).
La corretta progettazione delle lamelle costituisce dunque un valido sistema per il controllo dell'illuminazione naturale. Come nel caso delle mensole, è possibile anche integrare questi sistemi in edifici già esistenti.

6.3.3. Schermature interne

Le schermature interne sono i sistemi più economici e più facili da utilizzare, in quanto possono essere applicate o rimosse con facilità. La tipologia più tipica, la tenda, può essere realizzata in diversi materiali, sia morbidi che rigidi, in modo da avere un oscuramento maggiore o minore a seconda della trama e del colore che si utilizza.
Per un edificio scolastico, la tipologia più adatta è sicuramente la tenda veneziana, in quanto, essendo composta da lamelle, può essere regolata facilmente a seconda della necessità.
Nonostante le tende possano ostacolare, riflettere e trasmettere la radiazione solare all'interno dell'edificio a prescindere dalla sua collocazione, bisogna tener conto che soprattutto in estate inducono un elevato apporto di carico termico e riducono lo sfruttamento del guadagno solare in inverno (quando le lamelle sono chiuse).
Per ovviare a questo problema, sono in commercio una tipologia composta da materiale trasparente, chiamata tenda traslucida. Queste sono realizzate in materiale prismatico diffondente, in grado di trasmettere un maggiore ingresso in ambiente di luce anche quando sono chiuse. Tuttavia, potrebbero essere una fonte secondaria di abbagliamento quando agiscono in controluce.



In alto: Rappresentazione del principio di funzionamento delle lamelle orizzontali esterne, aperte e chiuse. (a sinistra) e delle tende veneziane (a destra).

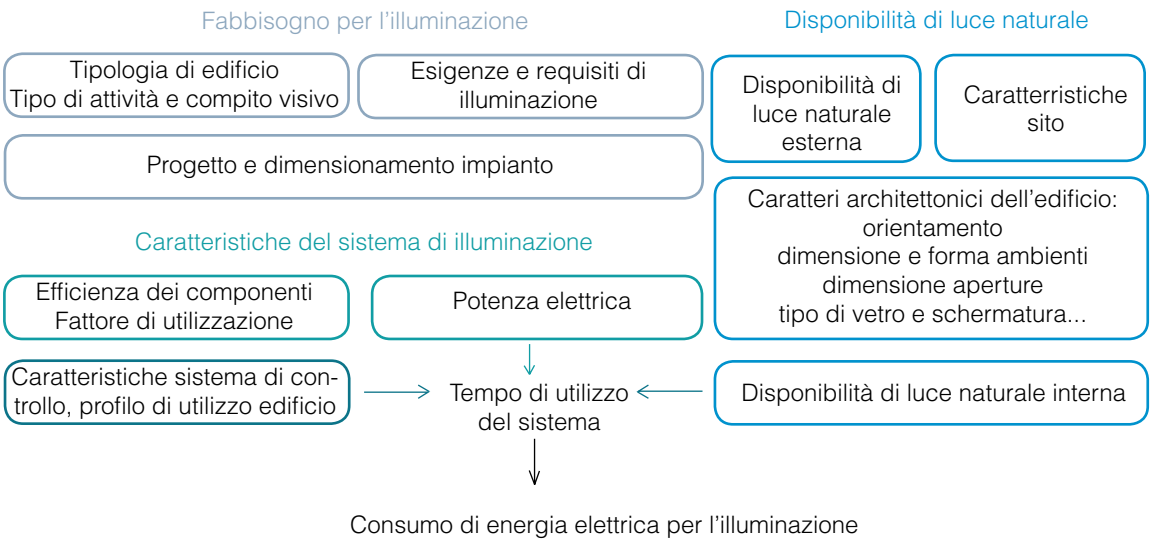
Anche in questo caso, esistono tende che possono essere azionate automaticamente per migliorare le prestazioni energetiche, in quanto si adattano alla variazione della posizione del Sole durante l'arco della giornata.
Un'altra variante è composta dalle tende veneziane poste tra due superfici vetrate.
In molti casi, la parte superiore delle lamelle viene trattata con materiale riflettente per massimizzare la quantità di luce entrante.
Per lo stesso motivo, sono progettate una tipologia di lamelle orizzontale dalla sezione triangolare con la concavità verso l'altro. In questo modo, viene limitato maggiormente l'abbagliamento e la luce diffusa viene direzionata con più facilità.
Affianco agli elementi schermanti più diffusi, esistono altre tipologie, alcune ancora in fase di sperimentazione, che non sono state trattate in quanto l'intenzione è quella di focalizzarsi sulle tipologie di schermature che si potrebbero applicare con più facilità (sia in termini economici che pratici) negli edifici scolastici. Bisogna tuttavia tener conto della possibilità di affiancare ai più tradizionali metodi di controllo solare sistemi complessi studiati per gestire in maniera più controllata il comfort termico e visivo.
Molti interventi riguardano ad esempio l'utilizzo di superfici trasparenti trattati con ossidi metallici o delle cosiddette *smart windows*, che modificano la propria trasparenza e le proprietà in risposta a parametri ambientali.
Altri sistemi riescono a captare la luce solare attraverso fibre ottiche o superfici riflettenti: ogni intervento va studiato per ogni singola applicazione.
Sicuramente, insieme all'attenta analisi progettuale, la combinazione di più elementi schermanti migliora le prestazioni dell'edificio, non soltanto in termini di comfort visivo.
A questo proposito, anche elementi naturali come alberi in prossimità delle aperture contribuiscono a filtrare la luce naturale, agendo come una schermatura artificiale. In un contesto urbano, gli edifici ad altezze uguali o maggiore all'architettura interessata contribuiscono all'ombreggiamento della stessa.
Diventa dunque fondamentale analizzare il contesto in cui ci si trova per poter utilizzare le soluzioni di ottimizzazione della luce naturale che più convengono. Nonostante la complessità della tematica del controllo solare, la continua sperimentazione aumenta le possibilità di progettare e gestire l'ambiente visivo, con evidenti ripercussioni anche in ambito energetico, termico e sul benessere personale.

7 Luce ed energia

7.1. L'illuminazione nella valutazione del fabbisogno energetico degli edifici

Parallelamente al soddisfacimento del comfort visivo negli ambienti indoor, una grande attenzione viene data alla valutazione dei fabbisogni energetici.
La riduzione del consumo di energia negli edifici pubblici è una priorità indicata nella Direttiva Europea 2010/31/EU. La Direttiva raccomanda una valutazione del fabbisogno energetico degli edifici per definire il livello di confort ambientale.
Una riduzione della domanda di energia potrebbe infatti portare ad una diminuzione di comfort; al contrario, una domanda di energia superiore potrebbe essere associata ad un aumento, nonostante l'obiettivo sia ridurre il consumo energetico a parità di prestazioni.
Tra i fattori che maggiormente determinano un consumo di energia (utilizzo per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria), l'illuminazione artificiale è una delle maggiori fonti di consumo negli edifici non residenziali, costituendo il 20-30% del carico totale di energia dell'involucro edilizio (Fonte:LI, Lam e Wong).

In basso: Schematizzazione dei parametri che influenzano il consumo di energia elettrica per l'illuminazione. Fonte: C. Aghemo, A. Pellegrino, V. Lo Verso, *Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI*, ENEA, 2016, pagina 8



Anche secondo l'International Energy Agency, circa il 19% di energia elettrica nel mondo è utilizzata per l'illuminazione. Si assiste dunque ad una sempre più crescente sensibilità al tema della riduzione dei consumi, rispettando le esigenze di sicurezza e comfort visivo.
Un caso particolare è rappresentato dalle scuole e in generale dalle strutture pubbliche, in quanto si può avere un consumo più controllato. In questi casi è infatti possibile definire un modello comportamentale dell'utenza, che può essere nominata "passiva".
A differenza dell'utenza attiva, in cui gli occupanti utilizzano la luce solo quando necessario minimizzandone l'utilizzo, tramite l'accensione e lo spegnimento manuale (come ad esempio nelle residenze), negli uffici e nelle scuole la luce rimane accesa durante tutta la giornata lavorativa, anche in spazi inutilizzati.
Il controllo dell'illuminazione può ridurre notevolmente la domanda energetica: gli interventi riguardano un utilizzo appropriato degli apparecchi luminosi e la massimizzazione dell'utilizzo della luce naturale.
Nel primo caso, si fa riferimento non solo all'utilizzo di corpi illuminanti a basso impatto ambientale[13] ma anche all'integrazione di strumenti che ne regolano l'utilizzo.
L'ottimizzazione della luce naturale è invece ritenuto il metodo più efficace non solo per ridurre l'utilizzo d'illuminazione artificiale ma anche per minimizzare l'utilizzo di energia ad uso termico. Considerando l'influenza di entrambi i fattori, la corretta integrazione di luce naturale e artificiale risulta un metodo efficace per la riduzione del fabbisogno energetico e per l'ottenimento del massimo delle prestazioni visive.

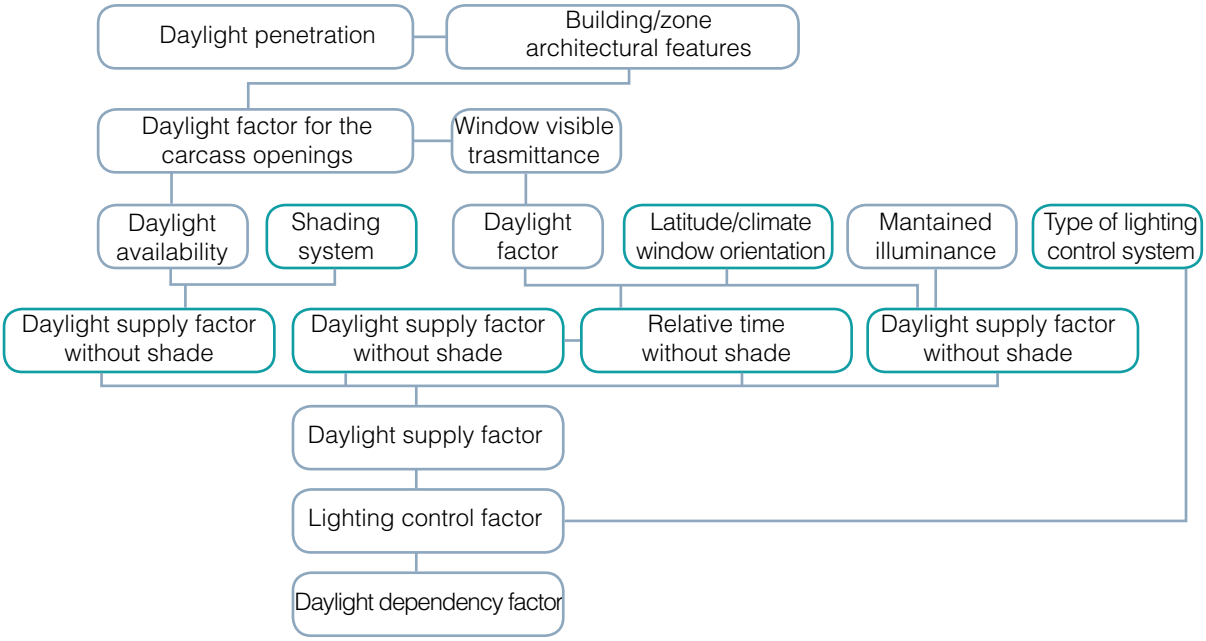
13. Circa il 60% degli apparecchi utilizzati nelle scuole, è composto da corpi fluorescenti. In questi anni, tuttavia, molti interventi vedono la sostituzione con i LED.

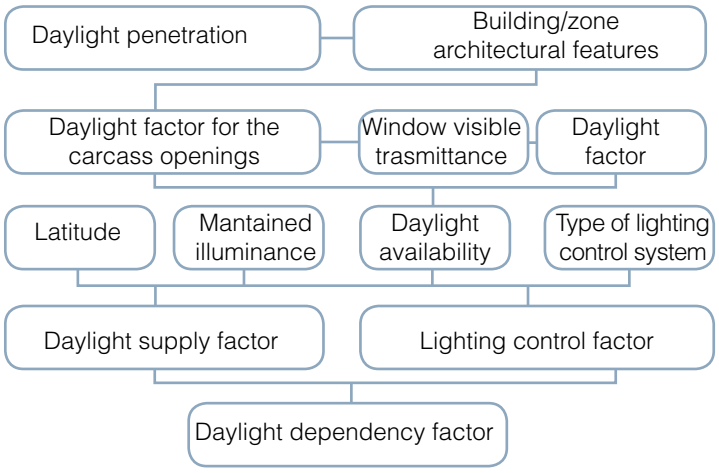
7.1. La normativa in ambito energetico: UNI EN 15193:2017

La norma UNI 15193:2017 E*nergy performance of buildings – Energy requirements for lighting*, specifica la metodologia per valutare le prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione degli edifici ad uso residenziale e non residenziale.
La procedura descritta nella norma suppone che le istallazioni siano conformi alle pratiche dettate dagli altri standard (per gli edifici scolastici, dalla EN 12464-1).
La norma può essere applicata a edifici di nuova costruzione, già esistenti o ristrutturati.
La metodologia utilizzata prevede l'utilizzo di un indicatore, il LENI, per misurare l'efficienza energetica delle istallazioni luminose, ma anche per stimare i carichi di riscaldamento e raffreddamento sulla prestazione energetica totale dell'edificio.[14]
Pubblicata nel maggio 2017, questa norma rappresenta l'aggiornamento della precedente del 2007, il quale presentava un approccio meno dettagliato per stimare il contributo dell'illuminazione naturale nella performance energetica. Prima della sua pubblicazione, infatti, sono state effettuate numerose ricerche che hanno dimostrato le sue limitazioni.
Zinzi e Mangione hanno sviluppato un approccio che tenesse conto dell'ambiente outdoor. La procedura si basava sulla determinazione del Daylight Factor, determinato in diverse posizioni rispetto alla finestra, e applicato in tre città con dati climatici differenti. I risultati hanno determinato maggiore precisione rispetto allo metodo semplificato del LENI, il quale sovrastimava i risultati del 40-50%.
In un'altra ricerca, Zinzi e Iatauro, attraverso i diagrammi di Dresler, hanno dimostrato come la precedente norma imposti una sotto stimazione del contributo della luce naturale e una sovrastimazione del consumo di energia, mentre Tian e Su notano come il DF sia l'unico fattore che faccia riferimento alla latitudine, anche se limitata nel range dal 38° al 60 ° Latitudine Nord.
La nuova normativa considera dunque gli effetti di importanti fattori come la latitudine, il clima, l'orientamento e la presenza di schermature, fornendo dei risultati più dettagliati e attendibili.

A destra: Diagramma di flusso per la determinazione del fattore di luce diurna nella versione della norma EN 15193-1:2015 (a destra) e aggiornata al 2017 (in alto).
Fonte: C. Aghemo, A. Pellegrino, V. Lo Verso, *Studio preliminare e identificazione di edifici tipo per la validazione del metodo di calcolo del LENI*, ENEA, 2016, pagina 21.

14. L'uso di sistemi di illuminazione poco efficienti si traduce in un elevato valore dell'indice EP_{ill}, ma determina anche un contributo di energia termica presente in ambiente che puo portare nel periodo invernale ad una riduzione del consumo per il riscaldamento (indice EP_i) e nel periodo estivo ad un sovra-consumo a carico dell'impianto di raffrescamento (indice EP_e).


Daylight penetration
Building/zone architectural features
Daylight factor for the carcass openings
Window visible trasmittance
Daylight availability
Shading system
Daylight factor
Latitude/climate window orientation
Mantained illuminance
Type of lighting control system
Daylight supply factor without shade
Daylight supply factor without shade
Relative time without shade
Daylight supply factor without shade
Daylight supply factor
Lighting control factor
Daylight dependency factor


Daylight penetration
Building/zone architectural features
Daylight factor for the carcass openings
Window visible trasmittance
Daylight factor
Latitude
Mantained illuminance
Daylight availability
Type of lighting control system
Daylight supply factor
Lighting control factor
Daylight dependency factor

7.1.1. L'indicatore LENI

Il LENI (*lighting energy numeric indicator)*, considera, con diversi livelli di dettaglio, i maggiori fattori che influiscono nel consumo di energia per l'illuminazione elettrica:

Parametri climatici:
latitudine
luminous exposure Hdir/Hglob

Parametri architettonici:
orientamento
fattore di trasmissione luminosa del vetro
ostruzioni esterne e sistemi di schermatura fissi
sistemi di schermatura mobili secondo le opzioni previste dal prEN 15193-1:2015

Parametri funzionali:
Profilo di utilizzo
Attività e funzioni
Parametri legati ai sistemi di illuminazione e di controllo:
potenze relative ai consumi parassiti
sistemi di controllo dell'illuminazione secondo le opzioni previste dal prEN 15193-1:2015.

Il calcolo del LENI si basa sull'integrazione della potenza assorbita nel tempo, secondo la formula:

$$LENI = \frac{W}{A} = \frac{W_{L,t} + W_{P,t}}{A} \quad \left[\frac{KWh}{m^2 anno}\right]$$

Dove $W_{L,T}$ indica l'energia totale per l'illuminazione riferita al tempo t [kWh/ts], e $W_{P,t}$ l'energia totale di standby (o energia parassita) riferita al tempo [kWh/ts]. In particolare:

$$W_{L,t}=\sum \frac{(P_n x F_c)x|(t_D x F_o x F_D)+(t_N x F_o)|}{1000} \qquad \left[kWh/t_s \right]$$

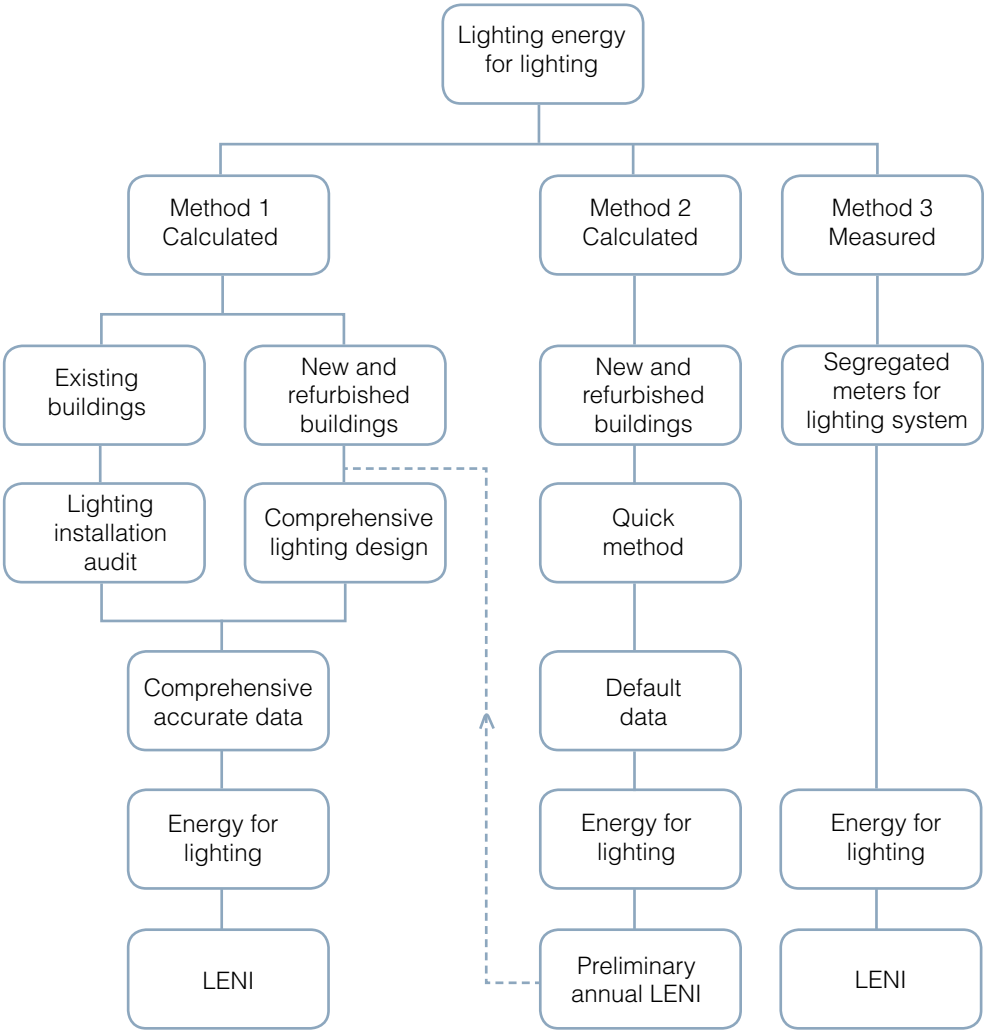
$$W_{L,t}=\sum \frac{(P_{pc} x|(t_y-(t_D+ t_N)|+ (P_{em}+ t_{em})}{1000} \qquad \left[kWh/t_s \right]$$

W = energia totale annua richiesta per l'illuminazione (kWh/a)
$W_{L,t}$ = energia totale per l'illuminazione riferita al tempo t (kWh/t_s)
$W_{P,t}$ = energia totale di standby riferita al tempo t (kWh/t_s)
A = area totale utile dell'edificio (m^2)
P_n = potenza totale per gli apparecchi di illuminazione (W)
P_{pc} = potenza totale per i sistemi di controllo in condizioni di standby(W)
P_{em} = potenza totale per l'iluminazione di emergenza (W)
F_C = fattore di illuminazione costante
F_D = fattore di dipendenza dalla luce naturale
F_O = fattore di dipendenza dall'occupazione
t_D = tempo in presenza di luce naturale (h)
t_N = tempo in assenza di luce naturale (h)
t_y = numero totale di ore per un anno standard (h)
t_{em} = tempo di ricarica delle batterie degli apparecchi di emergenza (h)

Fin dal 2007, per la stima dei valori, possono essere utilizzati tre metodi differenti. La nuova normativa espone gli stessi tre metodi, ma considerando più fattori nella valutazione finale.
Il primo metodo (*comprehensive method*) tiene conto di numerosi fattori valutati ad ogni applicazione. La qualità dei risultati dipendono dall'accuratezza dei dati di input e dalla stima del fattore di occupazione Fo, che può avere un valore a 0 a 1, determinato a sua volta dal fattore di assenza che varia dal tipo di ambiente e dal tipo di sistema di controllo. Ad esempio, Fo è uguale a 1 in ambienti maggiori di 30 m^2 che sono illuminati da un gruppo di apparecchi che vengono spenti o accesi insieme, sia manualmente che automaticamente. Al contrario, Fo è minore di 1 in ambiente in cui tutti gli apparecchi sono gestiti singolarmente.
La precisione di questo fattore è direttamente connessa alle condizioni climatiche e alle attività dell'utenza.
Il secondo metodo, quick method, fornisce un bilancio del valore energetico, attraverso l'utilizzo di dati definiti. Viene utilizzato La qualità dei risultati è limitata dall'accuratezza delle stime e dai fattori di dipendenza Fo e FD.

Il terzo metodo, metering, fornisce la somma dei valori annui di potenza elettrica utilizzata per la sola illuminazione all'interno dell'edificio. I risultati posso essere annuali, mensili o orari, e dipendono dall'accuratezza delle misurazioni eseguite.

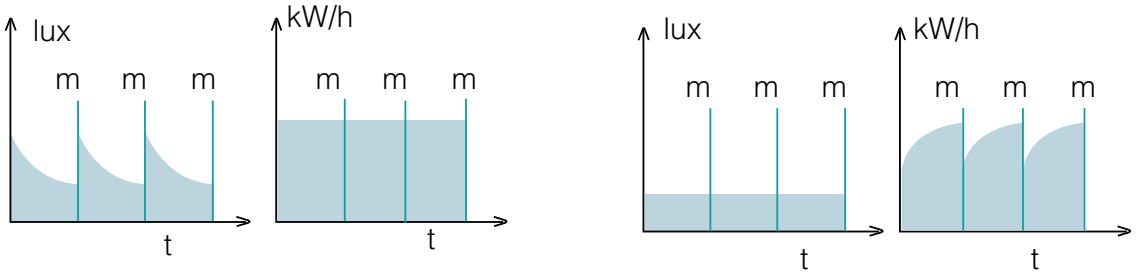
In basso: diagramma che illustra i metodi per determinare una valutazione energetica dell'illuminazione.
Fonte: Norma 15193-1:2017, pagina 7



7.3. Controllo e gestione della luce naturale e artificiale

Considerando tutti i fattori che concorrono al fabbisogno energetico per l'illuminazione, è possibile definire gli ambiti in cui intervenire per ridurre i consumi e, allo stesso tempo, massimizzare le condizioni di confort ambientale.
L'integrazione dell'illuminazione naturale e artificiale rappresenta la soluzione più efficiente, consentendo un risparmio oltre il 75% dell'energia destinata all'illuminazione (fonte: Zumtobel).
Valutando il contesto urbano, la tipologia edilizia, le caratteristiche della superficie finestrata e i dati climatici della città considerata, è possibile valutare l'influenza della luce naturale nell'ambiente indoor e l'incidenza del fabbisogno di energia per la sola illuminazione rispetto al bilancio totale. Come già accennato, l'utilizzo di schermature adeguate (manuali o automatizzate), consente di beneficiare della luce naturale evitando fenomeni di discomfort come l'abbagliamento.
I benefici dell'utilizzo già diffuso di prodotti LED per l'illuminazione artificiale vengono massimizzati attraverso l'utilizzo di sistemi di controllo, la cui funzione si basa sulla regolazione dei flussi luminosi emessi dagli apparecchi in base alla disponibilità di luce naturale all'esterno.
Queste tipologie di sistemi, tra cui il sistema dimmerabile (dimming control) si presentano come un'ottima soluzione per gli ambienti, come ad esempio le classi, in cui sono sempre richieste condizioni visive ottimali.
Il dimmering consente inoltre di compensare il sovradimensionamento dell'impianto dovuto al fattore di manutenzione[15](*maintenance factor*).

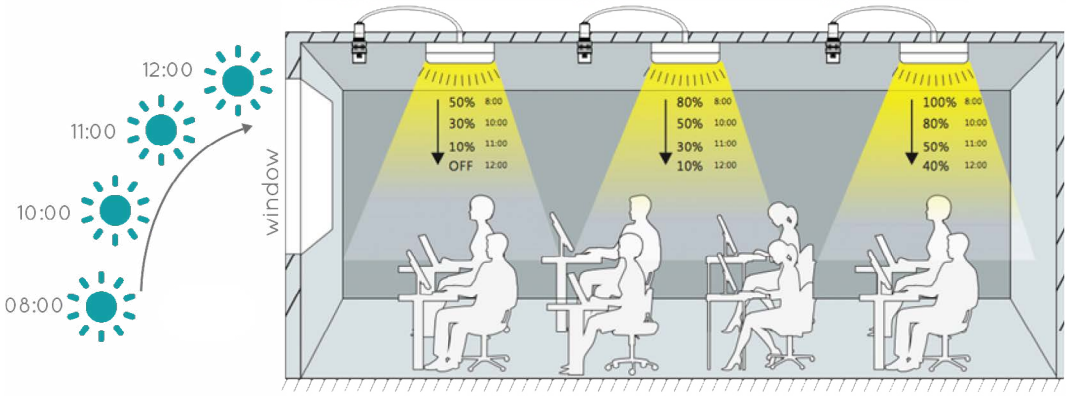
In basso: confronto tra impianto che non considera (a sinistra) e che considera (a destra) il fattore di manutenzione. Sono rappresentati la manutenzione (m) e il tempo (t).
Fonte: Zumtobel



15. Il valore del fattore di manutenzione MF valuta il calo del flusso luminoso di un apparecchio in seguito al suo utilizzo.

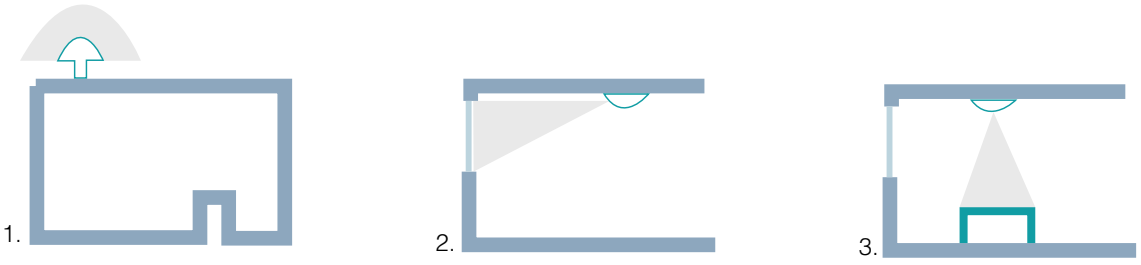
La regolazione degli apparecchi d'illuminazione può avvenire attraverso differenti tipologie di dispositivi, definite a circuito chiuso o aperto.
Nel primo caso, i dispositivi sono istallati a soffitto a circa due terzi di profondità rispetto alla posizione della finestra. Regolano la luce rilevando l'illuminamento sui piani di lavoro.I dispositivi a circuito aperto gestiscono la luce artificiale utilizzando degli algoritmi specifici.
Esistono fotosensori esterni (posizionati sul tetto dell'edificio) che misurano il flusso luminoso proveniente dalla volta celeste, e interni (sensori *look out*) che invece percepiscono l'illuminazione disponibile dalla superficie finestrata.
Un altro fattore da considerare è l'utilizzo di sensori di presenza, il quale regolano l'accensione e lo spegnimento degli apparecchi di illuminazione in presenza di un utente nell'ambiente considerato.
Questo sistema si rileva molto utile in ambienti, come ad esempio i servizi sanitari, che sono utilizzati tutto il giorno ma che non devono essere necessariamente sempre illuminati. Le modalità di controllo citate risultano efficienti soprattutto in edifici ad uso pubblico che possono avere orari di aperture diversi per tipo di ambiente.

In basso: rappresentazione del funzionamento di un sistema di controllo che regola il flusso fluminoso emesso dagli apparecchi in base alla disponibilità di luce naturale durante l'arco della giornata.
Fonte: Green World solutions, *Gestione Intelligente della Luce* (online), http://greenworldsolutions.eu/home/gestione-intelligente-della-luce



Queste soluzioni non necessitano infatti dell'interazione dell'utenza nella gestione del controllo dell'illuminazione, rappresentando una soluzione più performante rispetto all'accensione/spegnimento (switching) manuale, tecnica di semplice esecuzione che tuttavia non tiene conto dell'occupazione degli ambienti e della variazione della disponibilità di luce naturale entrante dalle finestre.
Numerose ricerche e interventi hanno utilizzato queste tipologie di interventi per valutare, oltre le prestazioni dell'ambiente, la riduzione del consumo energetico.
In Germania, il liceo Santhofen, ospitato in un edificio prefabbricato di cemento armato degli anni Settanta, ha avviato un progetto di risanamento che ha ridotto il fabbisogno di energia primaria da 37,1 a 17,6 kWh/m2*(l'intervento di risanamento includeva la coibentazione dell'edificio e l'installazione di una pompa di calore ad acqua di falda per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio). Gli interventi in campo illuminotecnico hanno riguardato il ridimensionamento dell'impianto di illuminazione, la scelta e l'ottimizzazione delle schermature e l'utilizzo di sistemi di regolazione della luce.
Lo sfruttamento della luce naturale, attraverso un sistema dimmerabile, ha ridotto il consumo di energia da 13,7 a 6,5 kWh/m2, comportando oltre il 50% di risparmio energetico e il risparmio di circa 300 tonnellate di CO2.

In basso: Principio di funzionamento dei diversi sistemi di sensori: fotosensori esterni (1), interni look out (2) e interni a soffitto (3).
Fonte: Zumtobel, *Gestione della luce, valore aggiunto,* pagina 23.



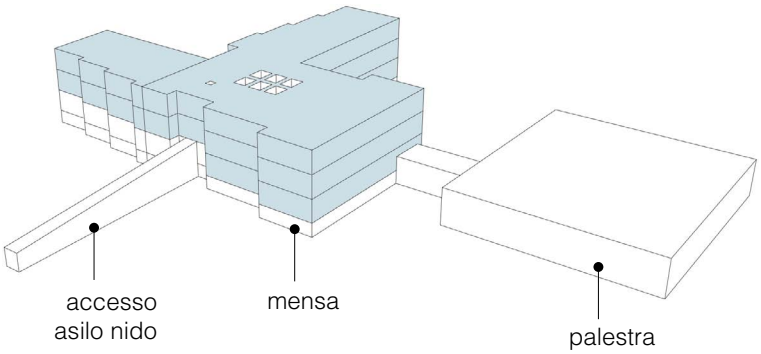
Parte III

8 Istituto Drovetti: stato dell'arte

8.1.Inquadramento e analisi architettonica

L'Istituto Bernardino Drovetti è una scuola secondaria di primo grado a indirizzo musicale. Insieme all'asilo nido La Mongolfiera, la scuola materna Statale e la Palestra Padovani, fa parte del complesso scolastico situato nel Quadrante Centro-Est della città di Torino, nel quartiere Cenisia in via Bardonecchia 34.
L'edificio, di circa 9.200 metri quadrati, gode di un'ampia area verde (di 12.500), per il momento chiusa ai residenti della zona.
Edificato negli anni Settanta, l'intero complesso è realizzato in calcestruzzo a vista, con finestre a nastro che caratterizzano tutte le facciate.
Prima di quegli anni, fonti storiche evidenziano la presenza di un'industria tessile distrutta dai bombardamenti avvenuti durante la Seconda Guerra Mondiale, nel 1942[16].
L'edificio è composto da un piano interrato e tre piani fuori terra.
La composizione interna presenta un'attenzione particolare alla distribuzione degli spazi, suggerendo un'influenza dei principi dell'attivismo pedagogico che si stavano sviluppando durante gli anni di costruzione.

In basso: Rappresentazione del complesso scolastico; viene evidenziato lo spazio destinato al caso studio.
A destra: Foto satellitari del complesso scolastico (Fonte: Google Maps) e foto degli esterni scattate in situ.



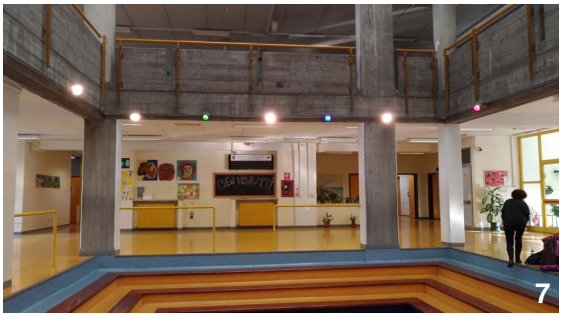
Istituto Drovetti

16. Fonte: Museo Torino, Unione Fabbriche Pizzi, Tulli e Affini (online) http://www.museotorino.it/view/s/c212674377c04e1381d0106ae1539c3f#top

Via Eusebio Ganzio
Via Villar Floccardo
Via Bardonecchia

Il piano terra è caratterizzato da un ampio disimpegno di circa 200 mq, in cui è inserito un anfiteatro utilizzato attualmente per assemblee o come spazio di incontro degli studenti. Su questo elemento si affacciano gli ampi spazi dei piani superiori, mettendo in continuità visiva tutti gli spazi comuni. Gli spazi chiusi sono attualmente inutilizzati o hanno la funzione di deposito.

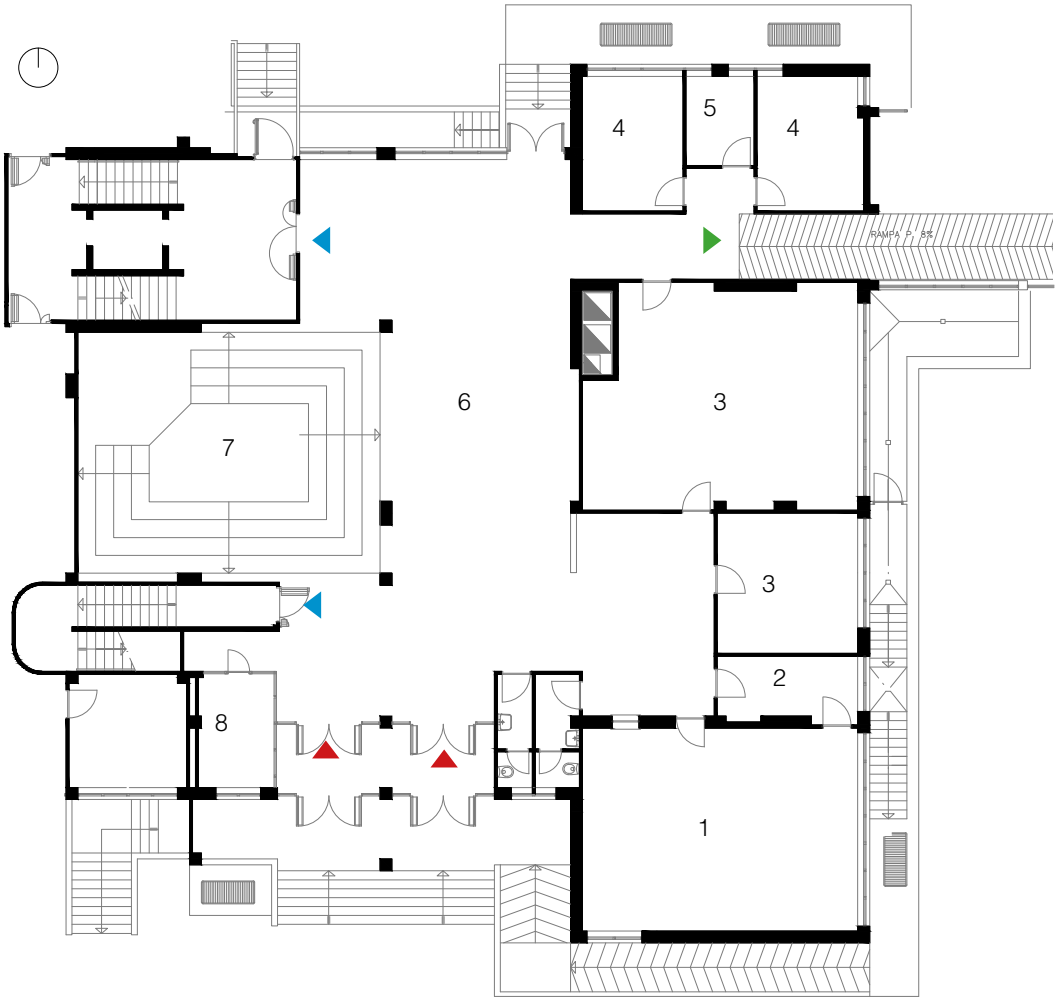
Vengono presentate le foto del sopralluogo scattate il pomeriggio del 23 Novembre 2017. Al piano terra, sono stati analizzati gli spazi della scuola media Drovetti trascurando l'ala Nord, attualmente chiusa e inutilizzata.



Piano terra

1 Ufficio/deposito
2 Area Fotocopie
3 Deposito (chiuso)
4 Spogliatoi palestra
5 Infermeria
6 Atrio
7 Agorà
8 Presidio bidelli

Accesso principale
Accesso palestra
Accesso piani superiori

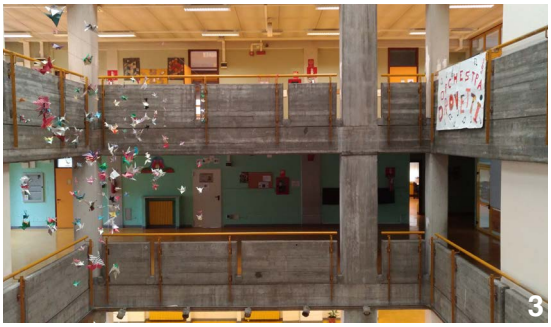


Il primo e secondo piano sono composti da tre ali, (o cluster) che si sviluppano intorno il cavedio centrale, in corrispondenza con l'agorà del piano terra.
Ogni cluster ha un proprio accesso dalla scala compartimentata (il cluster est si trova sfalsato di 1,8 m rispetto gli altri cluster).
Attualmente, l'intero secondo piano e gli spazi del Cluster Nord sono chiusi e inutilizzati.

Si riportano le fotografie scattate durante il sopralluogo.

1

2


3

4

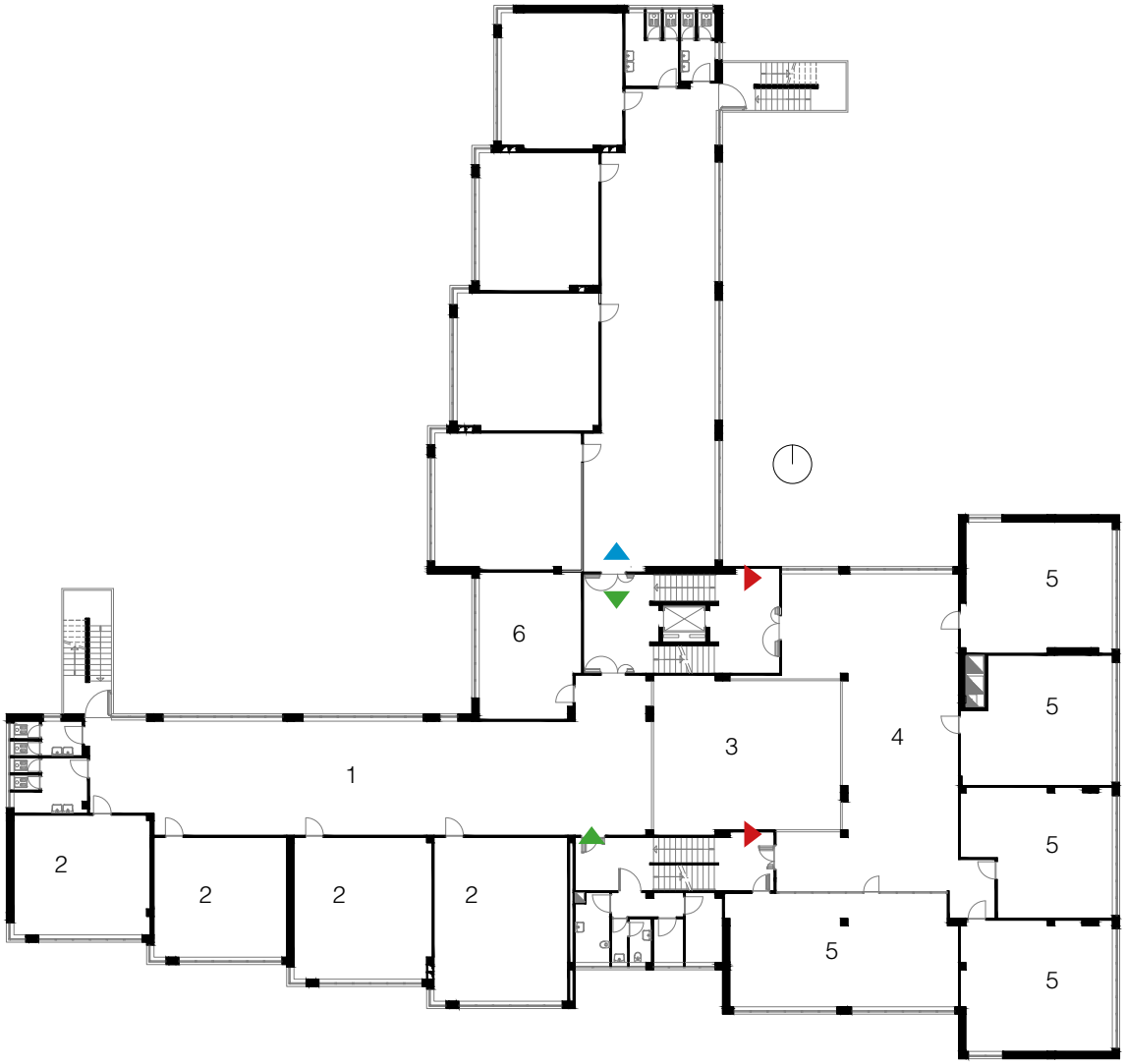
5

6

Primo piano

1 Corridoio Cluster Ovest
2 Aula Cluster Ovest
3 Cavedio
4 Spazio comune Cluster Est
5 Aula Cluster Est
6. Aula Cluster Nord

▲ Accesso cluster Est
▲ Accesso cluster Ovest
▲ Accesso cluster Nord (chiuso/inutilizzato)



8.2. Analisi illuminazione

8.2.1.Illuminazione naturale

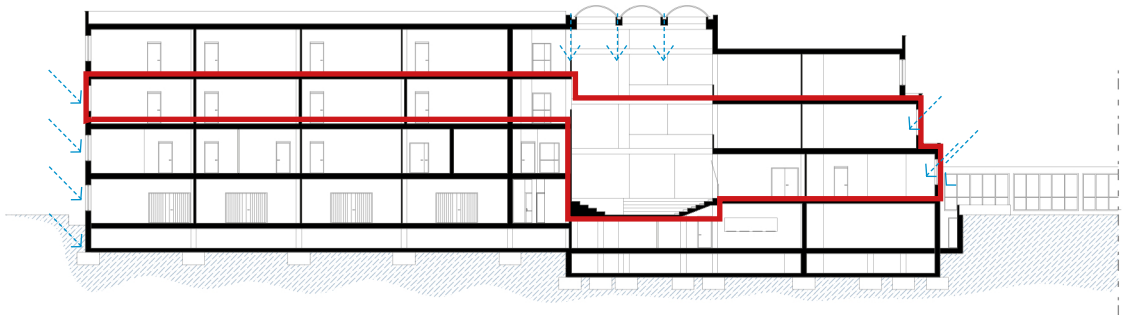
La valutazione dell'illuminazione naturale ha tenuto conto di diversi fattori, tra cui:

orientamento edificio;
ostruzioni esterne;
dimensione e forma degli ambienti;
superfici vetrate;
schermature.

La prima valutazione riguarda l'apporto di luce solare all'interno dell'edificio.
Considerando la posizione dell'edificio e le eventuali ostruzioni, viene valutata l'esposizione solare nei diversi periodi dell'anno, attraverso l'ausilio di un modello digitale tridimensionale. Dall'analisi è evidente che le facciate nel complesso risultino ben illuminate, considerando che non ci sono ostruzioni significative (si esclude la vegetazione circostante).

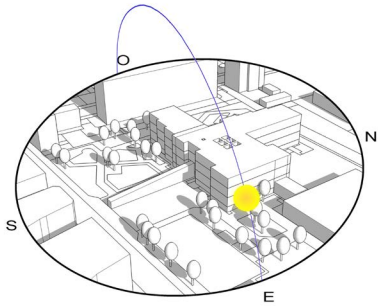
Per le successive valutazioni è stato effettuato un sopralluogo in situ. Sicuramente, la presenza di finestre a nastro su tutte le facciate e la presenza di un lucernario in corrispondenza dell'agorà al piano terra garantiscono un' elevata penetrazione di luce naturale.

In basso: sezione in scala 1:500 che rappresenta l'entrata dell'illuminazione naturale all'interno dell'edificio.
A destra: analisi solare nei diversi periodi dell'anno, in orari differenti.

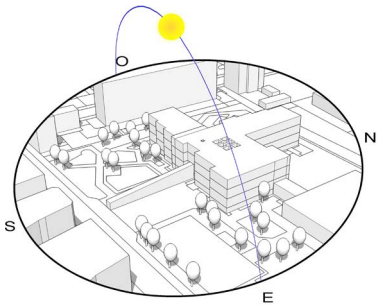


area d'intervento

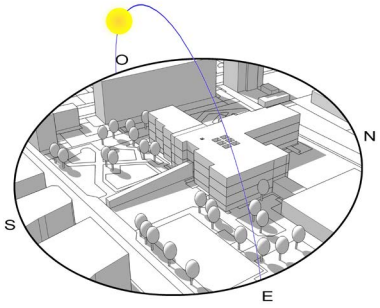
21 Marzo



H 9.00

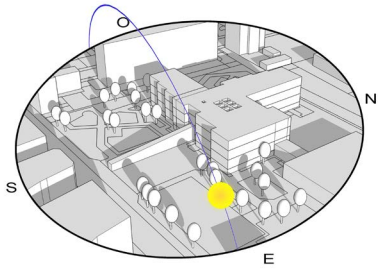


H 12.00

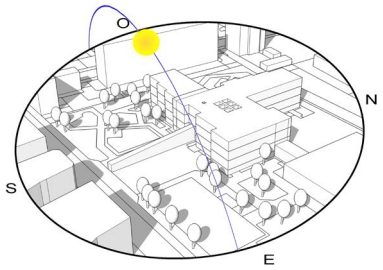


H 17.00

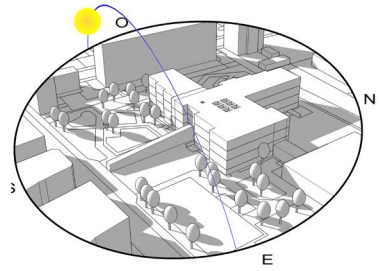
21 Giugno



H 9.00

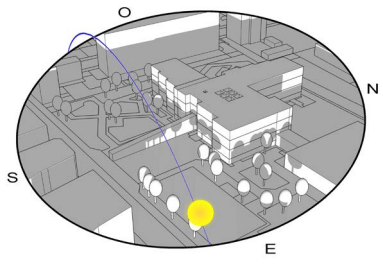


H 12.00

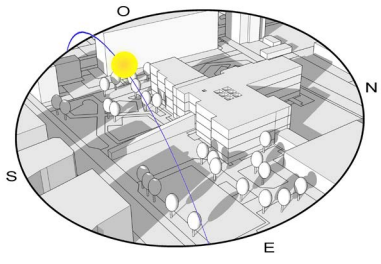


H 17.00

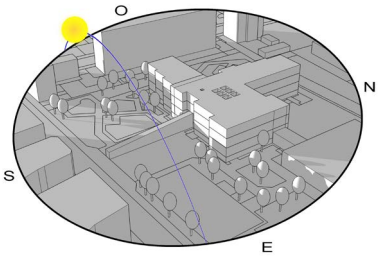
21 Dicembre



H 9.00



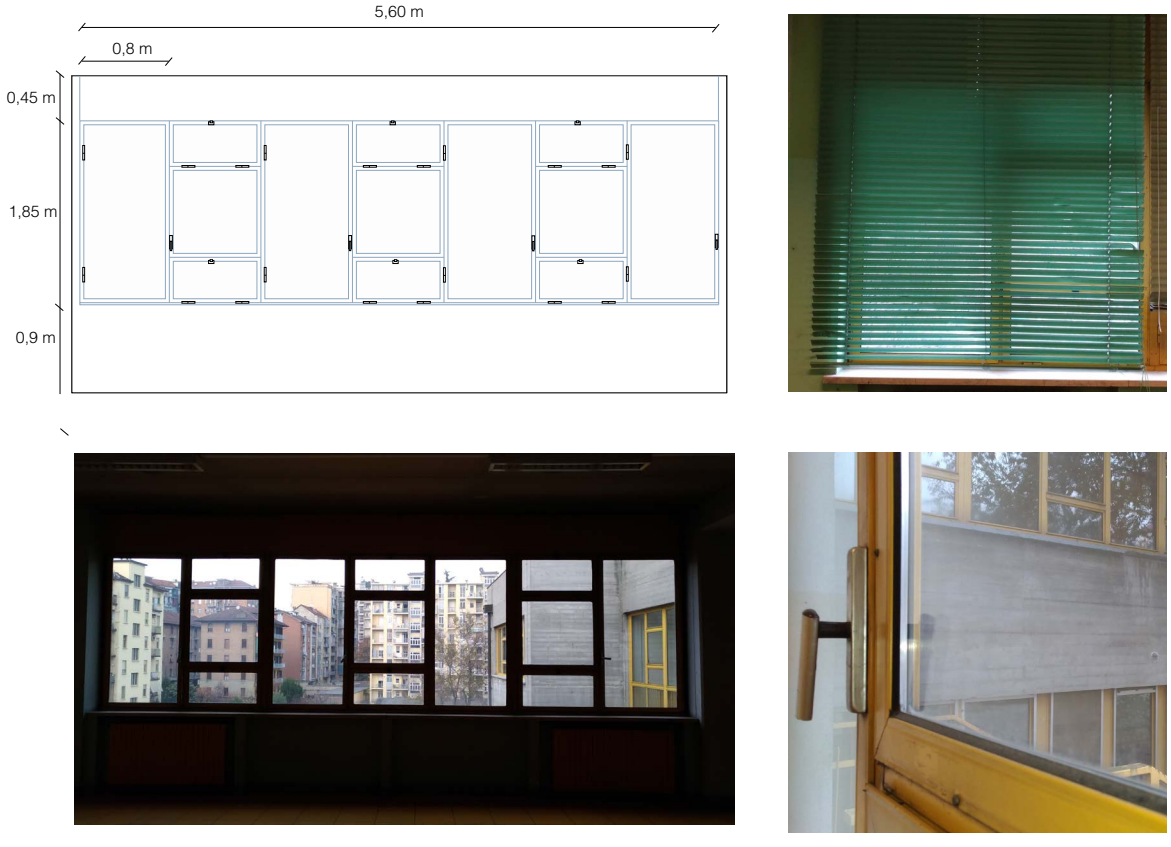
H 12.00



H 16.00

La superfice finestrata, rispetto l'area della parete (WWR) raggiunge in media una percentuale di circa il 53%, il rapporto aeroilluminante (Superficie finestra/superficie pavimento) supera il rapporto S_f/S_p pari a 1/8.
La significativa presenza di radiazione diretta, specialmente negli ambienti esposti a Sud e ad Est (considerando l'utilizzo principale nelle ore del mattino), implica l'utilizzo di una schermatura per garantire un adeguato comfort indoor.
Attualmente, sono presenti veneziane a lamelle orientabili nella maggioranza delle aule.

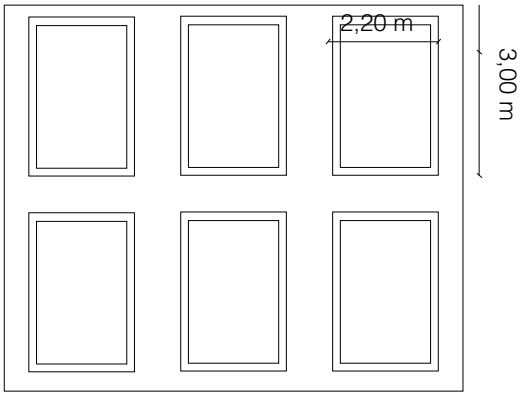
In basso: Disegno quotato del serramento e foto con tipica vista verso l'esterno (a sinistra) e foto di una schermatura e del dettaglio del telaio (a destra).



Gli spazi comuni dei piani superiori e l'atrio d'ingresso presentano un alto livello di illuminamento naturale proveniente dal lucernario.
La struttura, in calcestruzzo armato a vista, suddivide il lucernario in sei quadranti.

Non sono state effettuate ulteriori analisi sui serramenti esistenti, ma si auspica uno studio più dettagliato per una eventuale sostituzione e il conseguente miglioramento delle prestazioni acustiche e/o termiche.

In basso: Disegno quotato e foto del lucernario visto dall'alto (a destra) e foto del dettaglio della struttura (a sinistra).



8.2.2.Illuminazione artificiale

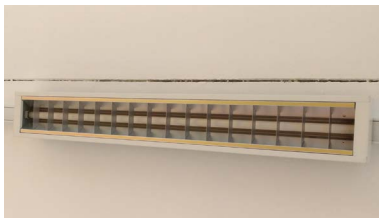
L'analisi dell'illuminazione artificiale ha previsto un sopralluogo in situ in cui sono stati valutati la tipologia di apparecchio, il tipo di sorgente, la tipologia di istallazione e il sistema di controllo.

Tutti gli ambienti dispongono di apparecchi a soffitto, generalmente plafoniera a soffitto con schermo lamellare e sorgente fluorescente. Il sistema di controllo è di tipo manuale con interruttore on/off. Durante il sopralluogo sono state individuate le tipologie e la posizione degli apparecchi.

Si riporta una documentazione fotografica degli apparecchi presenti, suddivisi in tipologia. Il primo piano è stato suddiviso in cluster per facilitare la lettura.

Gli apparecchi sono rappresentati con i simboli disposti nella pagina seguente.

Tipologia 1
Tipologia apparecchio: plafoniera con schermo lamellare
Sorgente: fluorescente
Tipologia istallazione: a soffitto
Potenza ipotizzata: 2x36 W
Sistema di controllo: manuale on/off

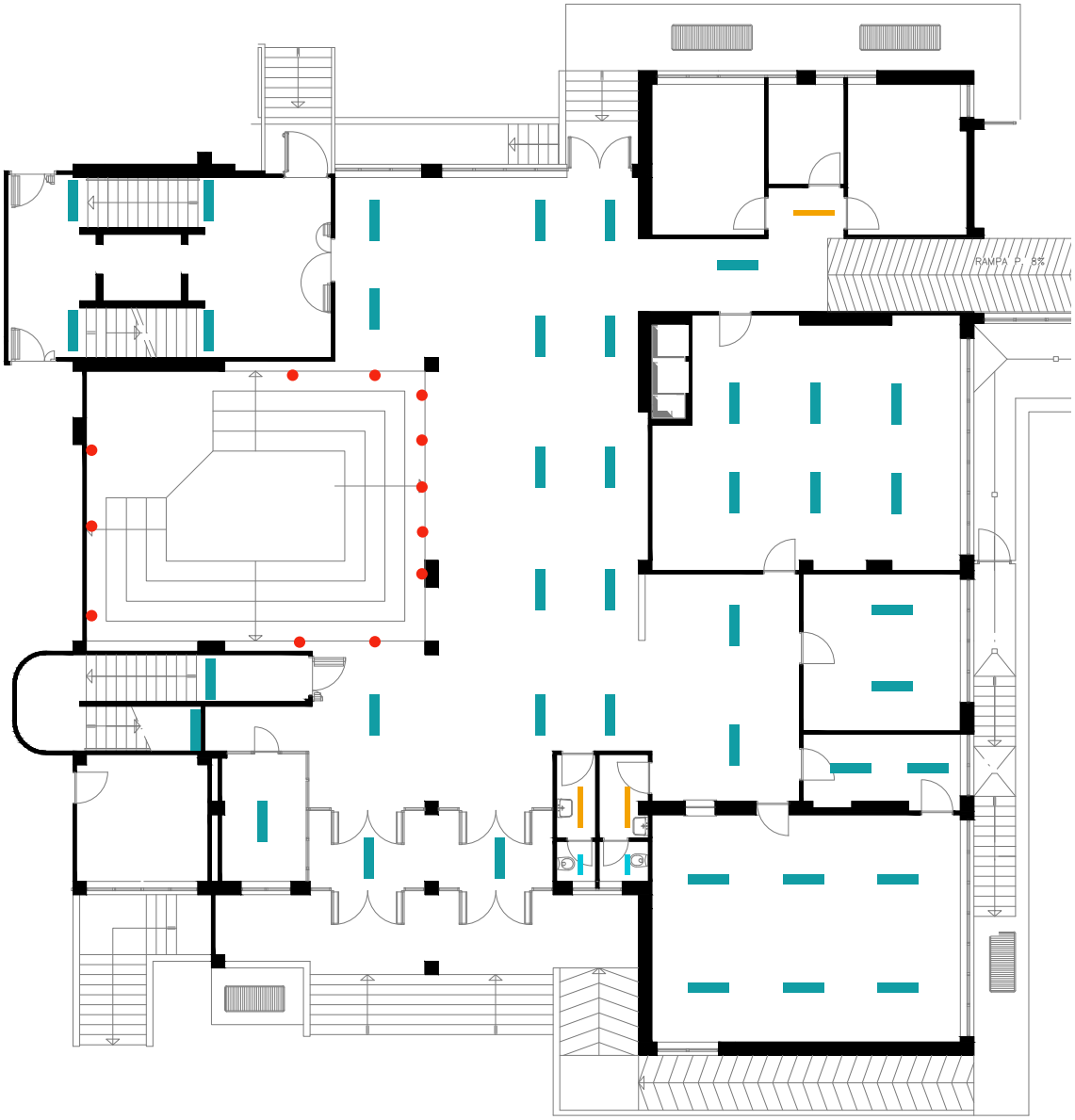


Tipologia 2
Tipologia apparecchio: plafoniera con schermo lamellare
Sorgente: fluorescente
Tipologia istallazione: a soffitto
Potenza ipotizzata: 1x36 W
Sistema di controllo: manuale on/off

Tipologia 3
Tipologia apparecchio: faretti
Sorgente: ioduri metallici
Tipologia istallazione: a parete
Potenza ipotizzata: 50 W
Sistema di controllo: manuale on/off

Tipologia 4
Tipologia apparecchio: plafoniera stagna
Sorgente: fluorescente
Tipologia istallazione: a soffitto
Potenza ipotizzata: 1x36 W
Sistema di controllo: manuale on/off

Tipologia 5
Tipologia apparecchio: plafoniera stagna
Sorgente: fluorescente
Tipologia istallazione: a soffitto
Potenza ipotizzata: 2x18 W
Sistema di controllo: manuale on/off



Pianta piano terra, scala 1:200

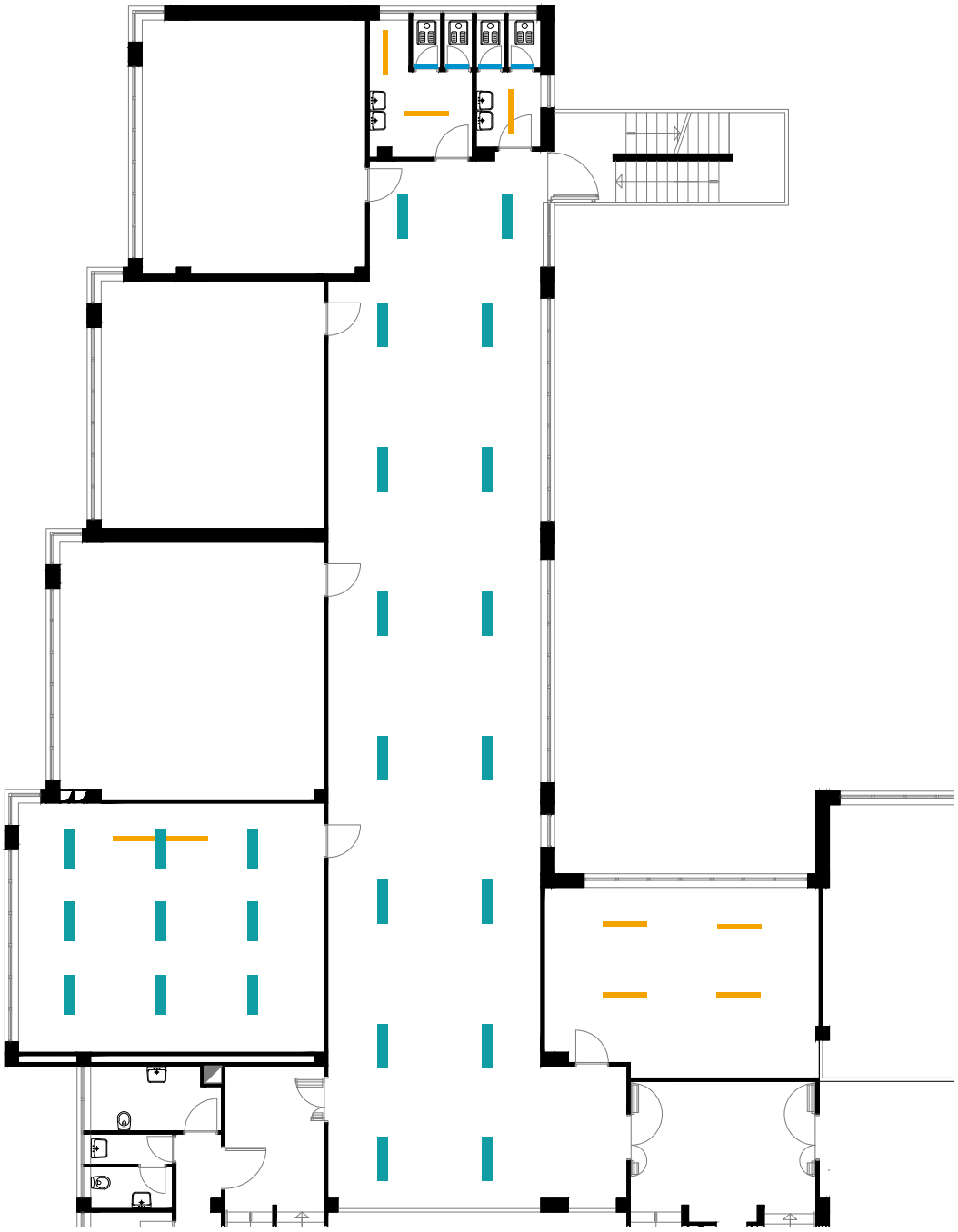
Disposizione apparecchi atrio cluster Est.

Disposizione apparecchi aula tipo Cluster Est.

Pianta Cluster Est, scala 1:200.

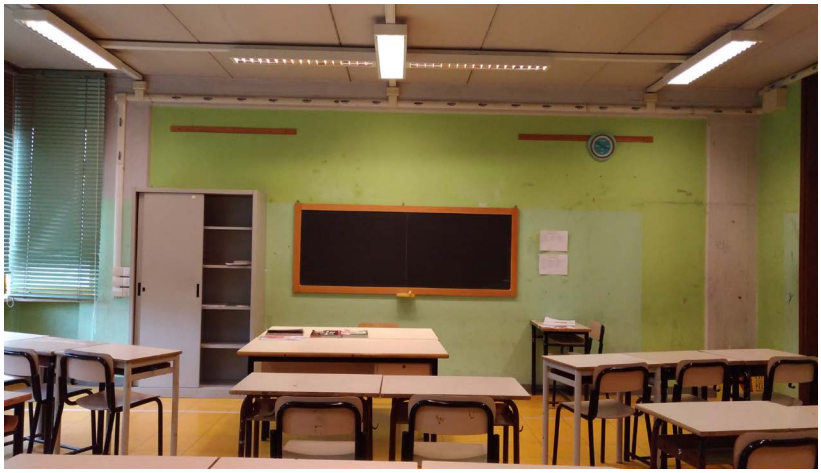
Disposizione apparecchi atrio cluster Est.

Disposizione apparecchi aula tipo Cluster Est.



Pianta Cluster Ovest, scala 1:200.

Disposizione apparecchi atrio cluster Ovest.



Disposizione apparecchi aula tipo Cluster Ovest.

8.3.Occupazione

Nell'anno scolastico 2017/2018, l'Istituto Drovetti conta 71 iscritti, disposti come segue:

1A: 27 alunni
1B: 22 alunni
3A: 22 alunni

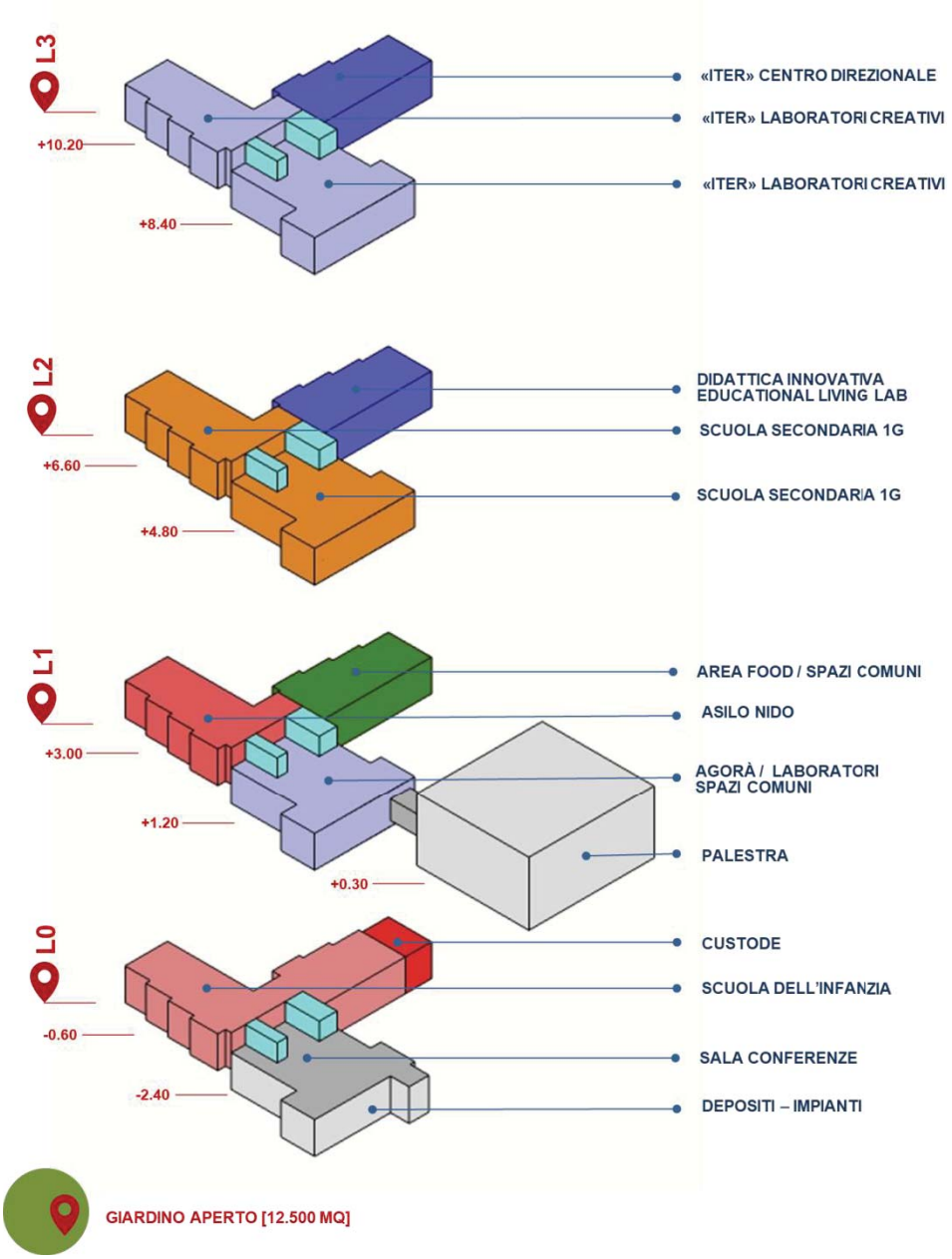
Tra i 21 docenti, 5 si occupano delle prove orchestra/strumento.
Nell'orario scolastico (8:00-14.00, dal Luendi al venerdi), è infatti previsto un rientro pomeridiano a settimana per le prove di orchestra (14-18:40), e un ulteriore rientro pomeridiano per le prove individuali di strumento.

Da Settembre 2017, la comunità scolastica dell'Istituto Drovetti ha deciso di sperimentare un nuovo modo di fare scuola, attraverso un differente utilizzo dello spazio.
Ogni aula del Cluster Ovest è dedicata ad una disciplina specifica: sono quindi i ragazzi a spostarsi da una classe all'altra durante i cambi dell'ora.
Nella situazione attuale, lo spazio ha degli evidenti limiti. I ragazzi utilizzano una classe per il momento inutilizzata per posare zaini e giacche, in modo da potersi spostare liberamente. La presenza di un'attrezzatura scolastica adeguata è una delle richieste della scuola, che intende continuare ad utilizzare questa disposizione spaziale nell'ottica di un progetto architettonico funzionale.
Nel rientro pomeridiano, invece, le aule del Cluster Est sono utilizzate per le prove strumentali.

8.4. Iniziative e interventi

Durante gli ultimi anni, i problemi di bullismo della scuola non solo hanno causato problemi di carattere sociale tra gli studenti, ma hanno quasi portato alla chiusura dell'Istituto. Due anni fa, infatti, il calo del numero di iscritti e le continue critiche da parte delle famiglie degli studenti hanno segnato l'evidente necessità d'intervenire con iniziative di diverso tipo per ridare un nuovo volto all'istituto.
Già nel mese di Maggio 2017, il cortile della scuola Drovetti ha accolto il progetto Playground, workshop partecipativo in cui studenti di diverse età hanno collaborato nella creazione di uno spazio di gioco aperto alla cittadinanza.
La scelta del luogo è tutt'altro che casuale: l'iniziativa ha avviato il processo di innovazione della scuola che intende essere un punto di riferimento per la comunità, aperta e accessibile a tutti oltre l'orario scolastico.
La finalità è realizzare un hub culturale, ossia un incubatore di azioni di natura differente. Da una parte, l'obiettivo è di promuovere lo sviluppo di una nuova tipologia di scuola, in cui gli spazi sono più attenti alle esigenze dello studente e agevolano il percorso di apprendimento.
Dall'altra, si intende creare un civic center, fornendo ai cittadini del quartiere e della città spazi dedicati a diverse funzioni, facilmente accessibile durante l'arco della giornata.

In quest'ottica, il lavoro del Laboratorio città sostenibile consiste nella rinnovazione degli spazi del complesso scolastico. Il progetto già avviato, intitolato Torino educational hub, intende avviare un progetto di rinnovazione di tutto il complesso scolastico, fornendo al quartiere Cenisia un nuovo polo educativo all'avanguardia, che rivesta anche il ruolo di centro polifunzionale (o civic center) della zona.
Insieme ai nuovi spazi di apprendimento, l'Istituto ospiterà spazi per uffici co-working, ristorazione e una sala conferenze. Anche la riorganizzazione degli spazi esterni, con l'inserimento di orti didattici e la disposizione di tetti verdi rientrano nel processo d'innovazione.
Il coinvolgimento attivo di ragazzi, famiglie e residenti è stato il primo step del processo: sono state considerate tutte le proposte durante le decisioni progettuali, avviando un patto di collaborazione.
La partecipazione diretta dei cittadini ha consentito di avere un quadro più preciso delle necessità del quartiere, alimentando il proprio senso di comunità.



In basso: Rappresentazione delle funzioni per il concept di progetto del nuovo polo educativo.
Fonte: Torino educational hub

9 Proposta progettuale

9.1.Programma funzionale: spazi previsti e previsione iscritti

La proposta progettuale intende partire dal concept del progetto Torino Educational Hub, seguendo il layout funzionale redatto.
La tesi propone dunque la progettazione degli spazi interni della scuola Drovetti, interessando il piano terra e il primo primo piano del complesso.

Il primo obiettivo è di trasformare la scuola da semplice istituzione ad organismo che non solo connette il processo educativo alla realtà sociale e culturale del territorio, ma diventa un punto di riferimento per il quartiere, fruibile oltre l'orario scolastico.
Il secondo obiettivo è realizzare un nuovo ambiente di apprendimento, che supporti una didattica innovativa basata non soltanto sull'impartizione di conoscenze, ma anche sullo sviluppo di nuove competenze: creatività, collaborazione, socializzazione.

Prima di procedere alla progettazione di nuovi spazi, si è tentato di fornire una previsione più o meno attendibile del numero dei futuri iscritti nel prossimo decennio, in modo da riuscire a dimensionare gli spazi in funzione dei reali fruitori.
Nel 2015, la 5, la Fondazione Agnelli ha svolto uno studio sulla presumibile evoluzione della popolazione scolastica nel prossimo decennio.

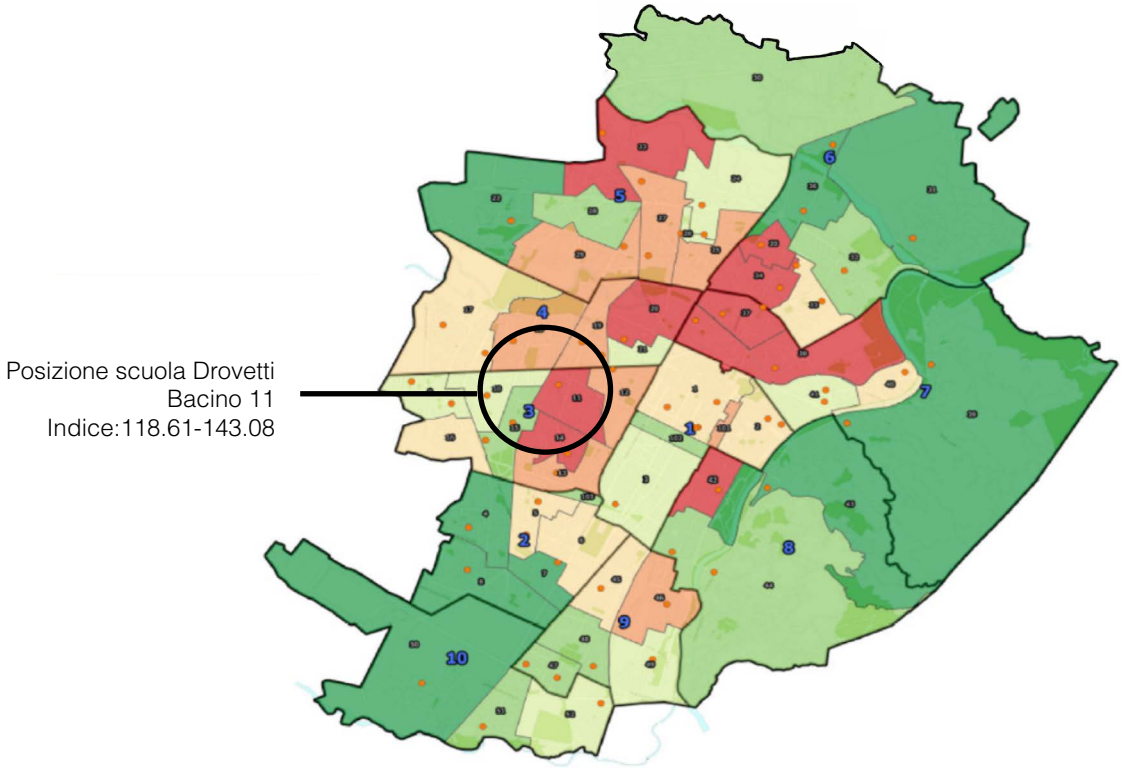
Il lavoro si è svolto in 3 fasi:

Mappatura dei 52 bacini di utenza nel territorio torinese;

Rilevazione del grado di effettivo utilizzo degli spazi a disposizione delle scuole;

Lettura delle informazioni dell prospettiva del cambiamento demografico nei prossimi cinque/dieci anni, calcolando un indice sul grado di futura pressione demografica sul sistema scolastico torinese[17].

17. La previsione valuta i dati forniti dall'Archivio Anagrafico della Città di Torino e dal servizio statistica e toponomastica.



Legenda
Indici di pressione demografica

- 74.92 - 90.46
- 90.46 - 97.16
- 97.16 - 104.35
- 104.35- 111.85
- 111.85- 118.61
- 118.61- 143.08

In alto: Rappresentazione grafico dell'incremento dei numero di utenti previsti nelle scuole secondarie di primo grado di Torino nel 2025.
Fonte (immagine e documentazione): Stefano Molina (Fondazione Agnelli), *Bacini di utenza scolastica ed evoluzione prevista della domanda di istruzione primaria a Torino*, Salone del Centro Multimediale di Documentazione Pedagogica di istruzione primaria a Torino, 17 Giugno 2015.

La pressione demografica prevista nel 2025 vede un aumento degli studenti delle scuole secondarie di primo grado dal 28 al 43%.
Nel caso della Drovetti, si prevedono

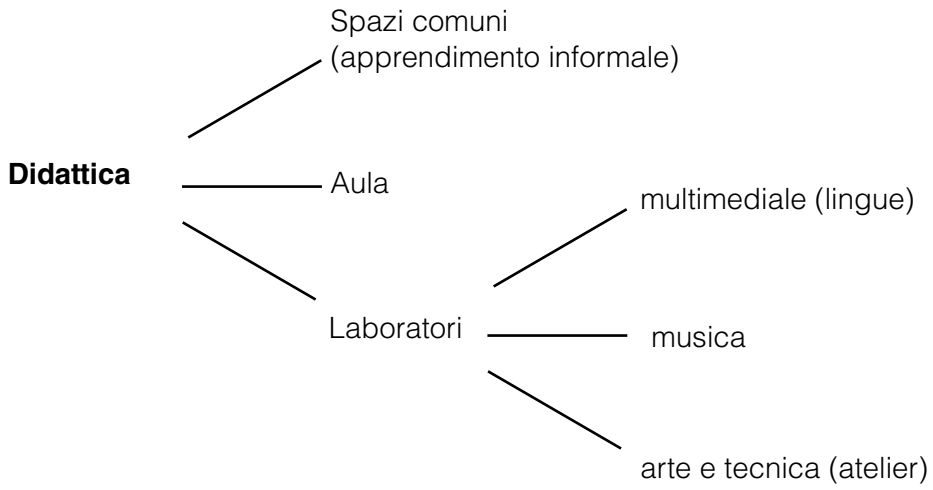
102 alunni previsti nel prossimo decennio(+43%)

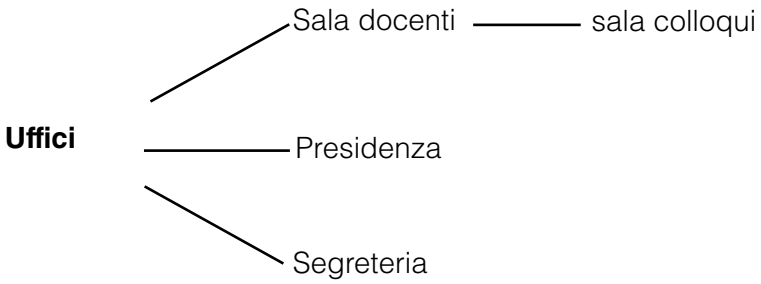
Prevedendo di rafforzare l'immagine della scuola nel quartiere attraverso la valorizzazione degli spazi e l'apertura alla comunità, si è considerato ulteriore incremento del numero di iscritti.

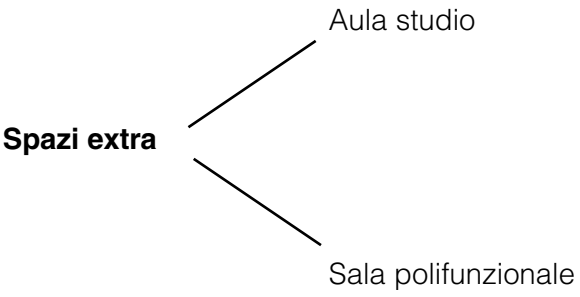
Numero alunni considerato: 150
(ulteriore incremento del 47%)

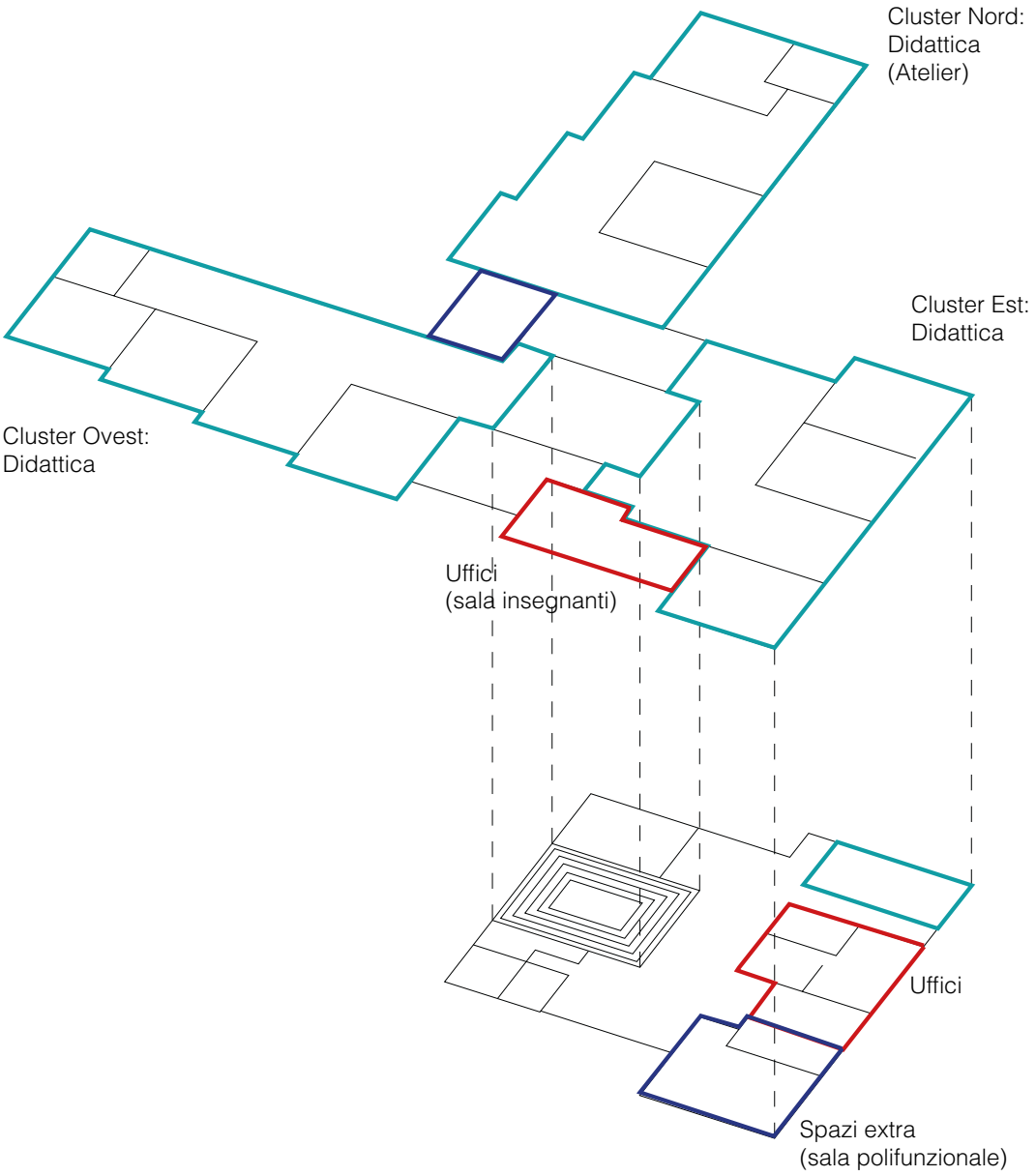
Durante la fase di progettazione, si è infatti considerato il numero di alunni in sei classi, con il massimo di occupazione (25 alunni per classe), secondo la Normativa del 1975.

Dopo questa prima analisi, gli spazi previsti sono stati suddivisi in macrocategorie, a seconda della destinazione d'uso. Dopo aver individuato il principio di funzionamento del setting generale, ogni ambiente è stato analizzato nel dettaglio, dalla distribuzione spaziale alla scelta dell'allestimento e dell'illuminazione ideale.


Didattica
Spazi comuni
(apprendimento informale)
Aula
Laboratori
multimediale (lingue)
musica
arte e tecnica (atelier)


Uffici
Sala docenti
sala colloqui
Presidenza
Segreteria


Spazi extra
Aula studio
Sala polifunzionale



A sinistra: mappa degli spazi previsti, divisi per categoria.
In alto: Localizzazione degli spazi previsti nelle aree d'intervento.

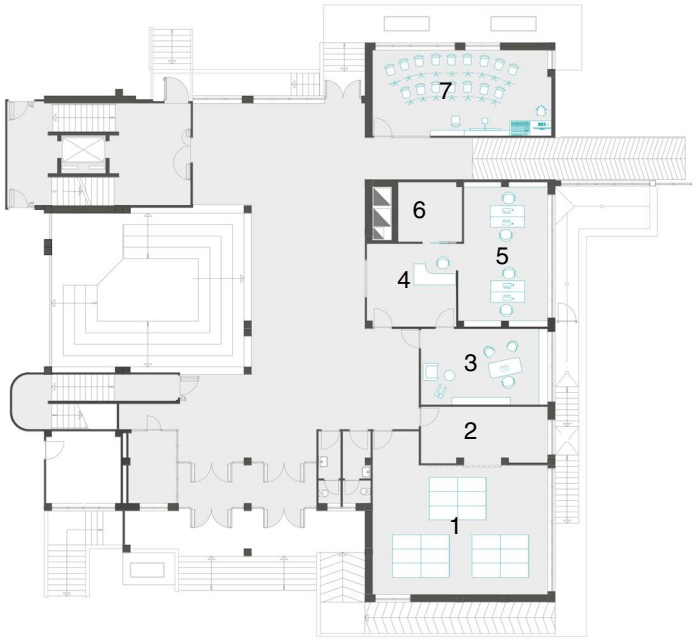
Pianta piano terra (in basso) e primo piamo (a destra) del progetto.

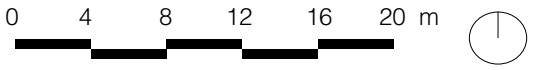
Legenda Piano Terra

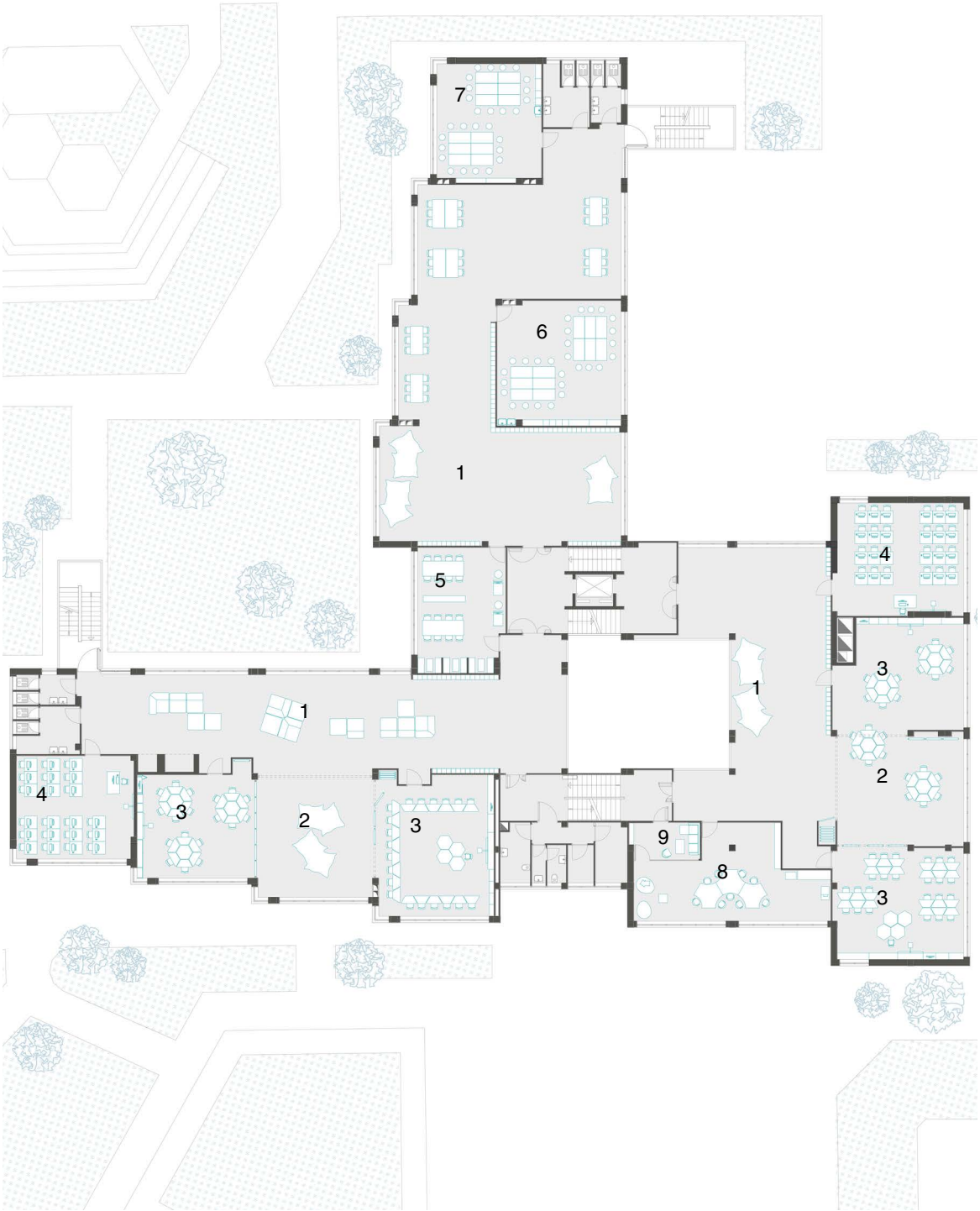
1 Sala polifunzionale
2 Deposito
3 Presidenza
4 Segreteria area pubblica
5 Segreteria uffici
6 Archivio
7 Laboratorio musica

Legenda Primo Piano

1 Spazio comune
2 Spazio comune a disposizione della classe
3 Aula
4 Laboratorio multimediale
5 Aula studio
6 Laboratorio arte
7 Laboratorio tecnica
8 Sala docenti
9 Sala colloqui





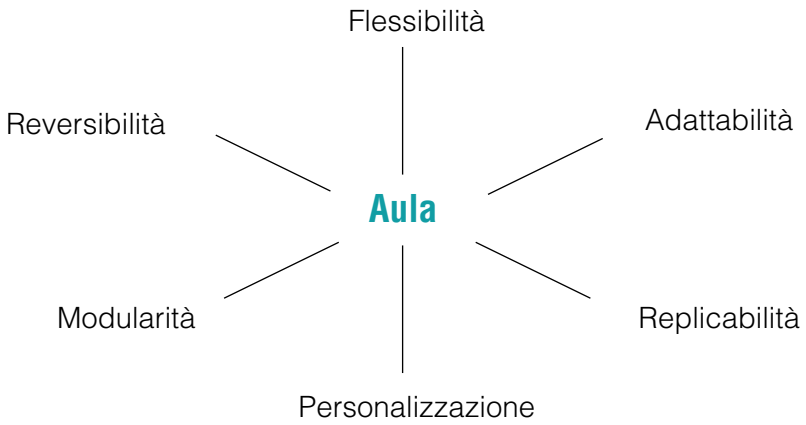

7
6
1
5
4
3
1
2
1
4
3
2
3
9
8
3

9.2. Aula

Il concept dell'aula si sviluppa dall'idea di creare un ambiente che supporti, innanzitutto, le esigenze e i bisogni dell'alunno, il quale svolge un ruolo attivo nel processo di apprendimento.
Partendo da un approccio costruttivista, secondo cui gli studenti apprendono e vivono l'esperienza scolastica in in maniera differente, si è tentato di ricreare un ambiente che potesse assecondare i bisogni di ogni alunno e dei propri insegnanti in ogni occasione.
L'aula diventa uno spazio che offre l'opportunità di sperimentare modi di apprendere differenti e che migliora l'esperienza didattica attraverso supporti per l'apprendimento.
Flessibilità, modularità e reversibilità sono le parole chiavi che hanno guidato l'interno percorso progettuale, dal setting spaziale fino all'allestimento.
Nonostante la distribuzione spaziale, l'allestimento e l'illuminazione sono stati progettati ad hoc per gli ambienti dell'Istituto Drovetti, tutte le soluzioni adottate possono essere replicate in qualsiasi altro contesto scolastico.

La progettazione è preceduta da un'analisi delle esigenze architettoniche e illuminotecniche in rapporto alle attività, con una sintesi degli interventi previsti.
Segue una descrizione delle soluzioni progettuali individuate.

In basso: Principi guida nella progettazione dell'aula.
A destra: Sintesi degli interventi e delle esigenze rispetto l'attività prevista.



Attività

Lavori di gruppo

Attività diversificate

Esigenze

Spazio espandibile

Arredo flessibile

Utilizzo tecnologie

Illuminazione personalizzabile

Illuminamento cilindrico

Visibilità adeguata sul piano di lavoro

Attività

Lezione frontale

Esigenze

Utilizzo LIM

Possibilità proiezioni

Illuminazione personalizzabile

Assenza di riflessioni

Interventi

Demolizione parete

Nuovo impianto d'illuminazione

Finiture interne

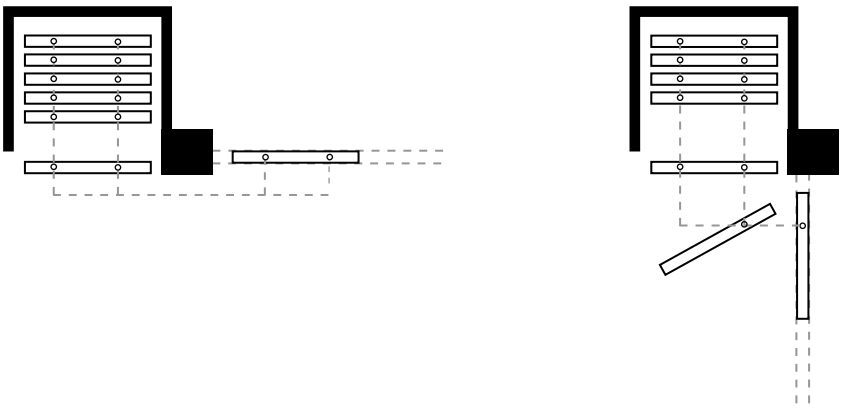
Allestimento

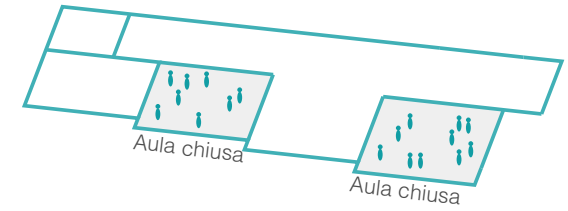
Spazio espandibile

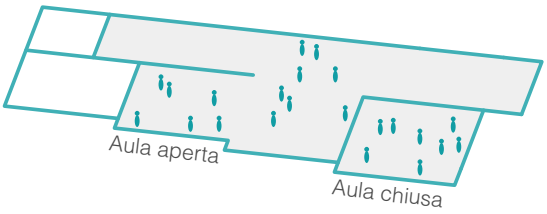
La flessibilità si declina su scale differenti.
La prima, riguarda lo spazio che delimita l'aula. Attraverso la demolizione delle partizioni interne e l'utilizzo di pannelli mobili, è possibile scegliere la migliore configurazione per il tipo di lezione o per il numero di studenti previsti, utilizzando lo spazio adiacente alle aule di ogni cluster.
In questo modo è possibile utilizzare, ad esempio, due aule insieme per una lezione di gruppo. I pannelli sono rivestiti di materiale trascrivibile.
Quando l'aula resta chiusa, si crea quindi una lavagna tradizionale a tutta parete.

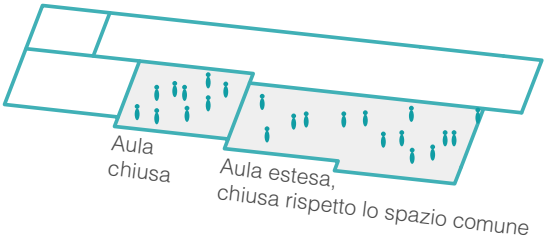
L'intervento viene effettuato nel Cluster Est e nel Cluster Ovest, dove le due aule previste sono separate da uno spazio comune che è, appunto, a disposizione dell'aula.
Quando la classe viene aperta, le pareti sono raccolte in una nicchia, in modo da non intralciare il setting previsto. I pannelli si muovono infatti lungo due perni: questo consente di avere anche una raccolta decentrata e di spostare i pannelli lungo il percorso previsto.

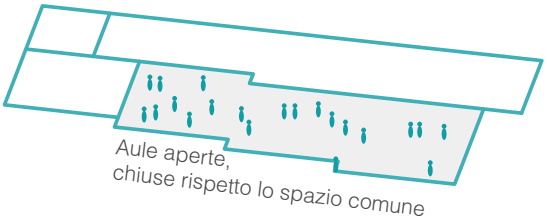
In basso: principio di funzionamento dei pannelli delle pareti mobili.
A destra: rappresentazione delle configurazioni possibili attraverso l'utilizzo delle pareti mobili. L'area rappresenta gli spazi del Cluster Ovest.




Aula chiusa
Aula chiusa


Aula aperta
Aula chiusa


Aula
chiusa
Aula estesa,
chiusa rispetto lo spazio comune


Aule aperte,
chiuse rispetto lo spazio comune

Aule aperte,
connesse allo spazio comune

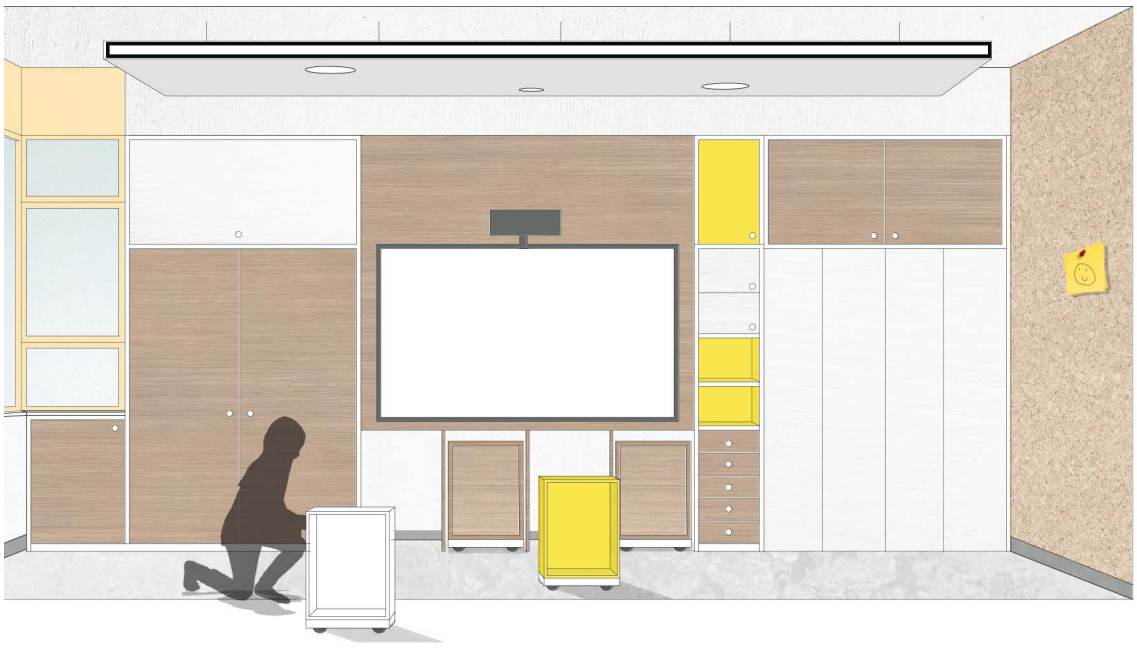
Arredo flessibile

L'utilizzo di un arredo flessibile e facilmente configurabile permette un allestimento dello spazio sempre differente: ad ogni scenario, cambia il ruolo dell'insegnante e degli studenti. Sono stati scelti dei banchi facili da spostare, la cui forma consente differenti disposizione a seconda dell'attività richiesta, cosi come descritto nel capitolo 2. Per le sedute si è deciso di utilizzare le esistenti, ancora in buone condizioni.
Tutti i setting consentono di utilizzare device tecnologici durante le ore della lezione, attraverso colonne di alimentazione per tablet.
Questo accessorio è dotato di ruote e di un cavo di alimentazione estraibile, per permettere il posizionamento nell'aula a seconda delle esigenze di utilizzo.
I materiali utilizzati sono neutri, con struttura in acciaio nero e basi in legno naturale.

In ogni aula è prevista inoltre una parete attrezzata progettata su misura.
Nell'ottica di avere una classe dedicata ad una sola disciplina, il primo obiettivo da soddisfare è di creare un elemento che possa contenere tutti gli strumenti utili all'insegnante.
Oltre a cassetti utili per il deposito degli attrezzi, la parete ospita la LIM e il computer della classe; l'area destinata al pc può essere chiusa attraverso delle pareti a scomparsa.
Un'altra caratteristica della parete attrezzata è la possibilità di estrarre degli scaffali dotati di ruote, da utilizzare, ad esempio, come appoggio di utensili durante i lavori di gruppo.
La parete è realizzata in legno naturale, legno laccato bianco e da un altro colore che varia ad ogni aula. Questa scelta non solo permette caratterizzare l'ambiente, ma facilita lo studente al riconoscimento dell'aula, grazie all'associazione del colore.
Ad esempio, l'aula di matematica che avrà come colore predominante il giallo, sarà riconosciuta come "aula gialla".

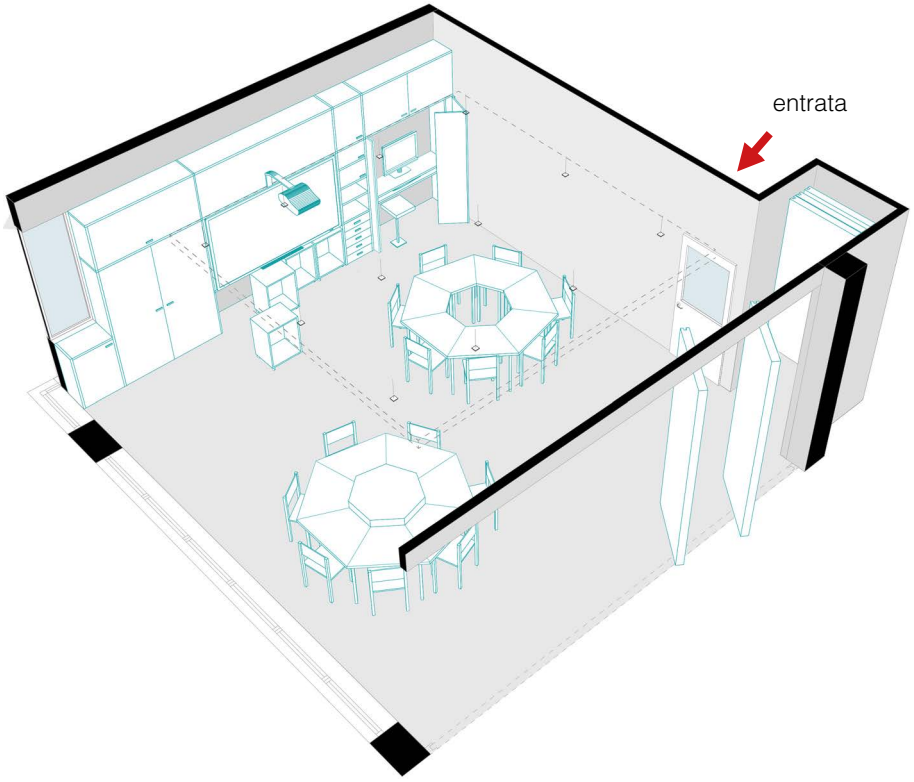
A destra: Disposizione dei banchi utilizzati con colonna di alimentazione.
Fonte: Siad, Banco Trapeziodale Loom Spicchio, catalogo online.

Nella pagina successiva: Rappresentazione della parete attrezzata, con ante a scomparsa aperte o chiuse.

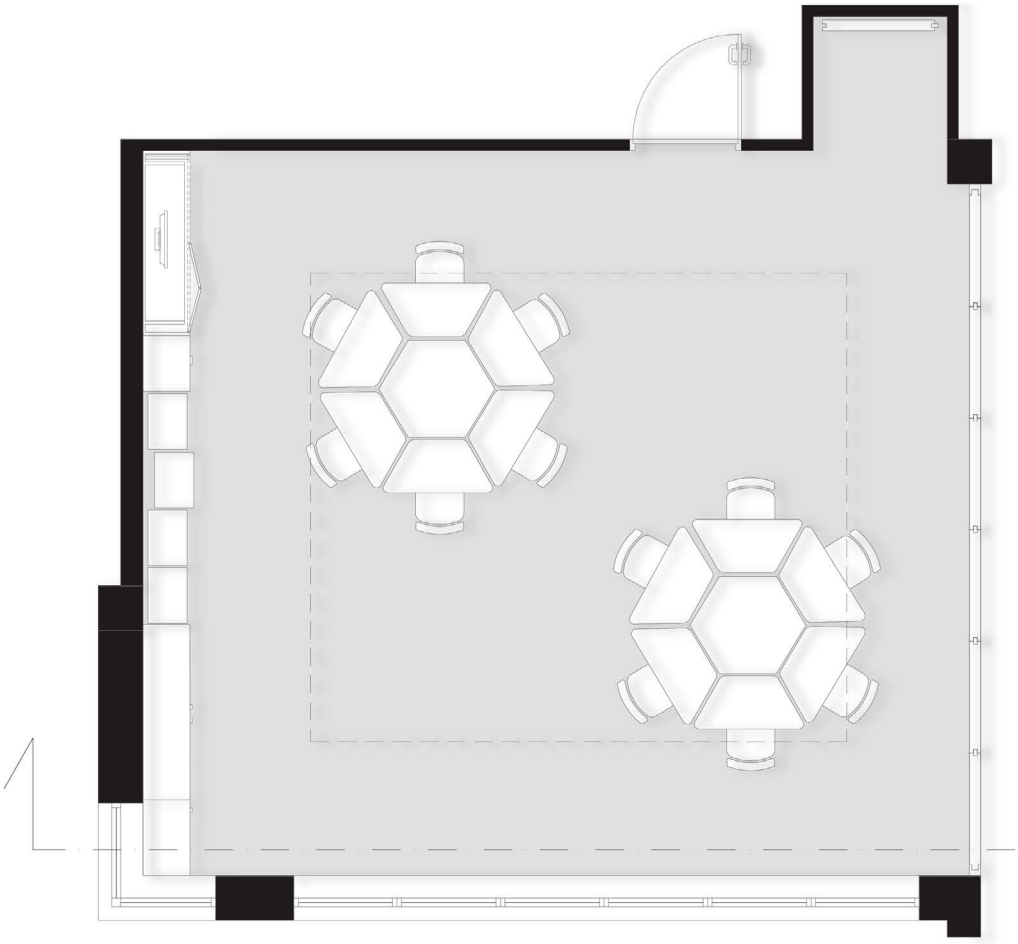


I pavimenti di tutti gli ambienti di progetto sono rivestiti da linoleum grigio, posato direttamente sul pavimento esistente.
Una parete dell'aula è rivestita da pannelli in sughero, per consentire agli studenti di attaccare al muro i propri lavori.

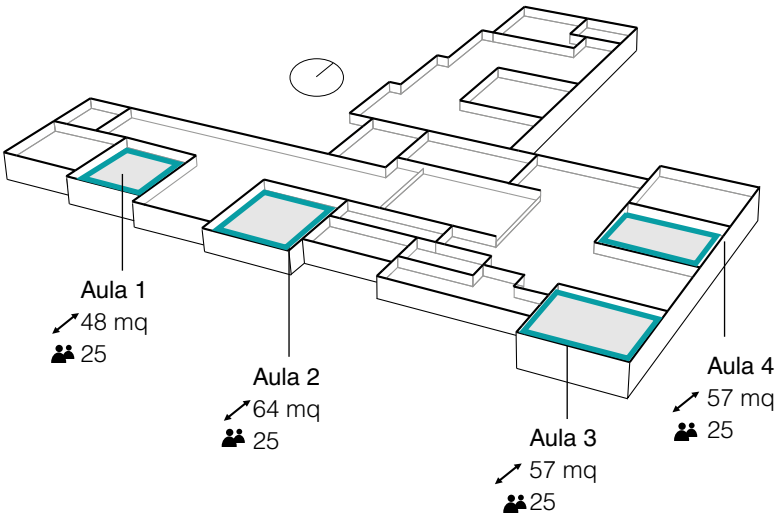
A destra: Pianta e sezione di un'aula tipo.



Assonometria aula tipo.



1m

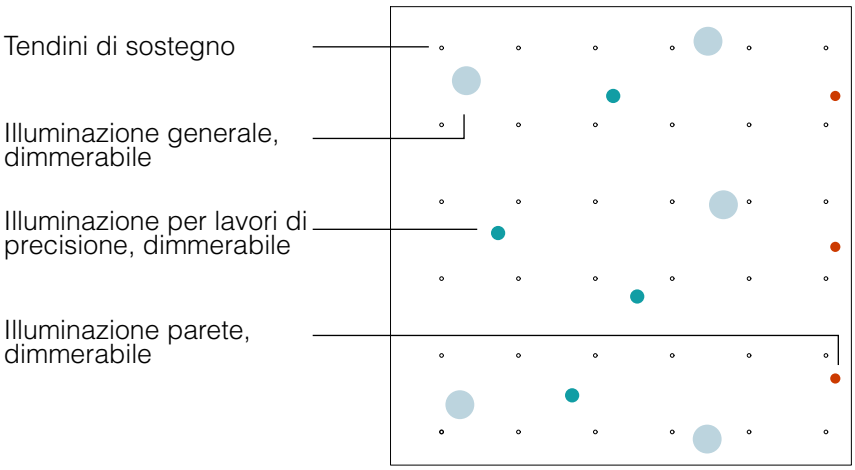


In alto: Navigatore primo piano, in cui sono evidenziate le dimensione e la capienza delle aule previste.

Illuminazione

In tutte le aule è previsto un controsoffitto sospeso per l'alloggiamento degli apparecchi luminosi. Questa soluzione consente di facilitare gli interventi di manutenzione e di posizionare i fotosensori presenti negli ambienti.
Il controsoffitto è rivestito di materiale fonoassorbente per migliorare la prestazione acustica nelle ore di lezione.

Attraverso l'utilizzo di apparecchi ad incasso con caratteristiche fotometriche differenti, è possibile soddisfare l'esigenza di avere un'illuminazione flessibile, che si adegui ad ogni tipo di lezione svolta.
Per questo motivo, sono stati immaginati degli scenari di utilizzo, che consentono di comprendere il principio di funzionamento della soluzione adottata.
Oltre all'utilizzo di un'iiluminazione "standard", cioè conforme ai criteri richieste da normativa, è stato considerato anche un utilizzo per eventuali lezioni serali o per lavori di precisione, con valori di illuminamento differenti. Allo stesso modo, viene considerata la necessità di avere, all'occorrenza, un'illuminazione adeguata sul piano verticale della lavagna (sui pannelli della parete mobile).



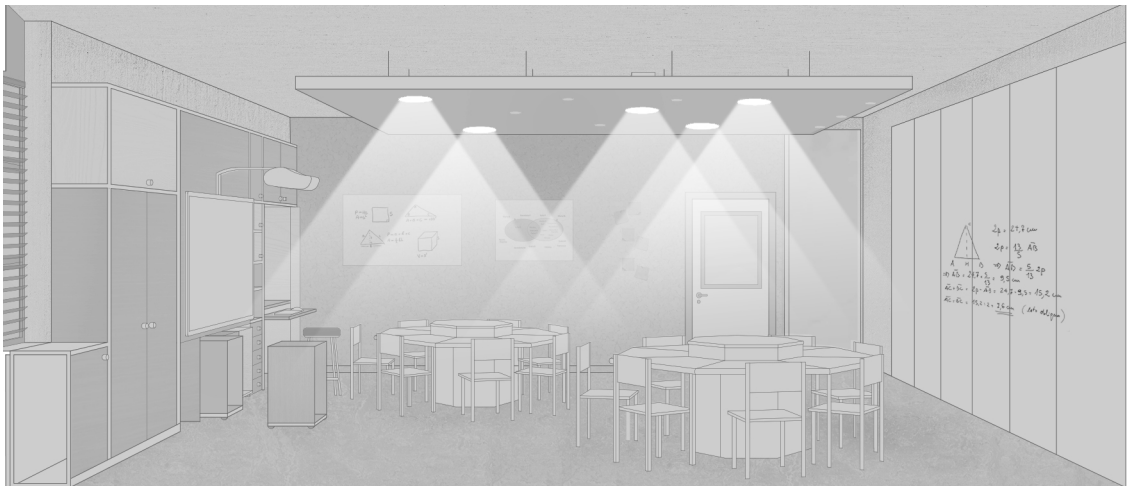
In alto: Pianta del controsoffitto di un'aula tipo e disposizione degli apparecchi usati, a seconda degli scenari di utilizzo previsti.

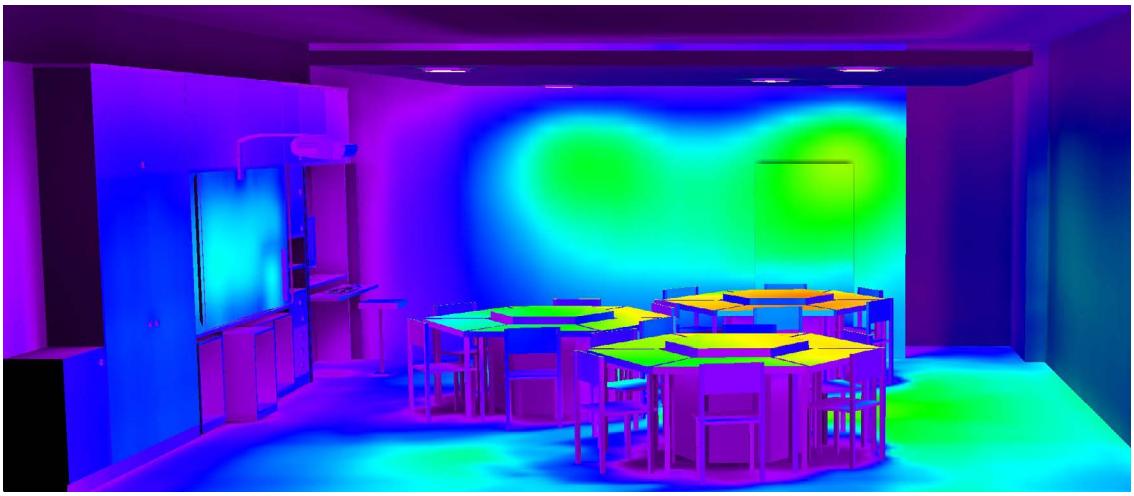
Gli scenari immaginati sono configurati nel sistema di controllo; il docente può scegliere la configurazione adatta alla lezione attraverso la semplice accensione manuale.
Tramite un sistema wireless, è possibile personalizzare ulteriormente lo scenario configurato ed ottenere una migliore esperienza visiva.
Gli apparecchi scelti consentono inoltre di scegliere il dimmeraggio e la temperatura di colore attraverso un sistema wireless.
Lo spegnimento del sistema avviene in maniera automatica quando gli utenti lasciano l'ambiente. Sono infatti previsti un sensore di presenza e un fotosensore per il dimmeraggio degli apparecchi a seconda della luce naturale disponibile.
In questo modo, viene sempre assicurato il livello di illuminamento ideale, ottimizzando il consumo energetico.

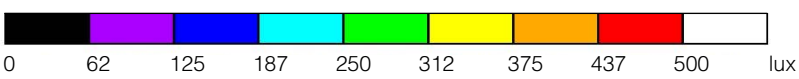
Scenario 1
Illuminazione generale (valori sul piano di lavoro)

Em:304 lux Emin:234 lux Emax:345 lux Emin /Emax:0,76 UGR: <19

In basso: concept e verifiche render in false color del primo scenario di progetto.



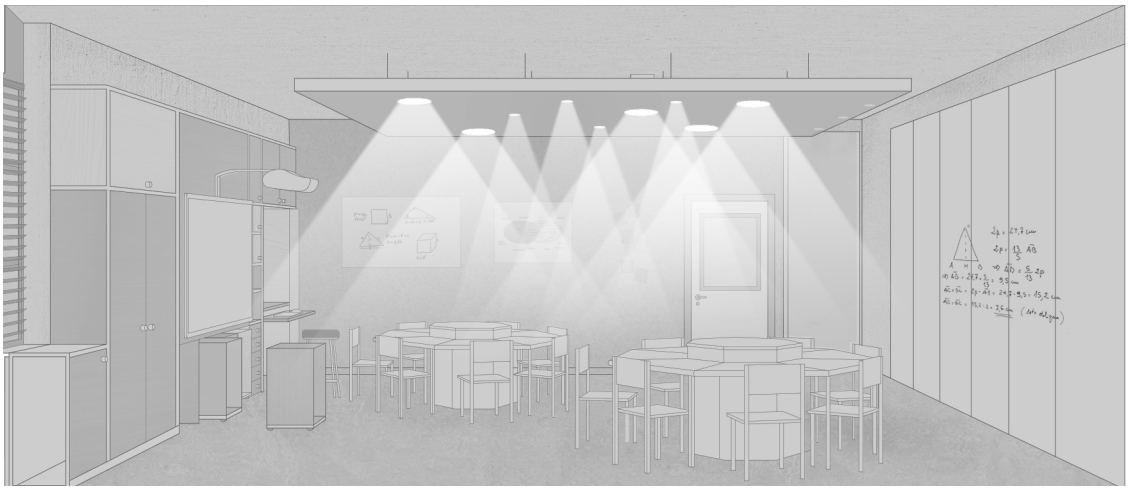


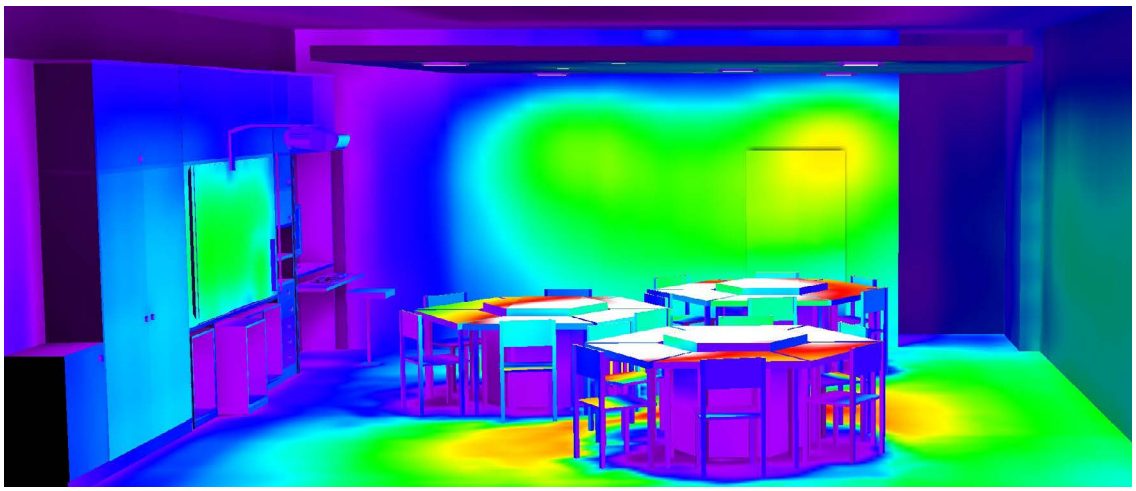


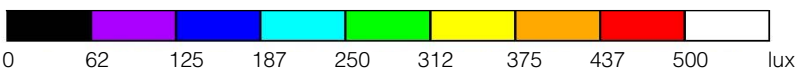
Scenario 2
Lavori di precisione (valori sul piano di lavoro)

Em:531 lux Emin:354 lux Emax:636 lux Emin /Emax:0,66 UGR:<19

In basso: concept e verifiche render in false color del secondo scenario di progetto.



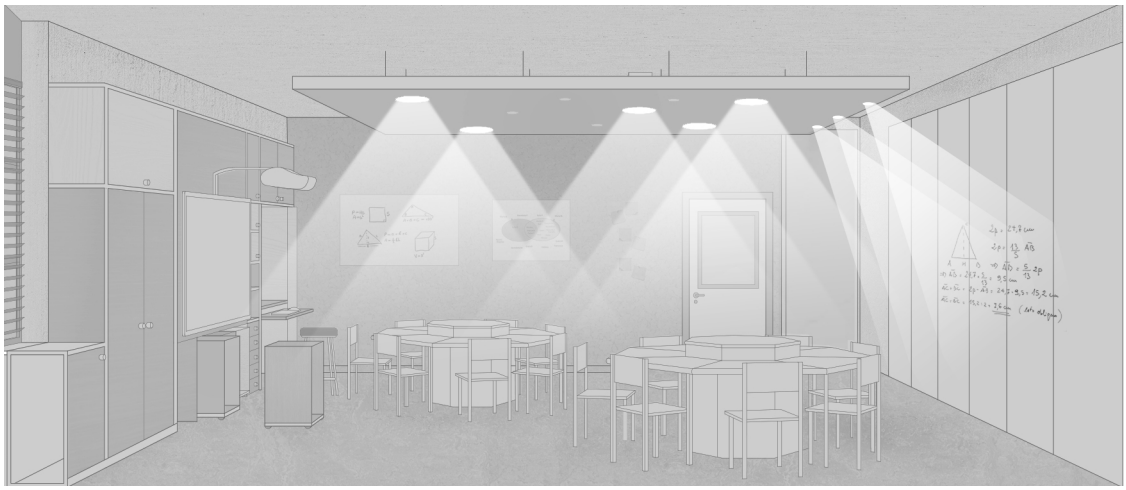


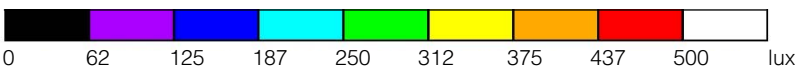


Scenario 3
Uso parete trascrivibile valori su parete trascrivibile)

Em:439 lux Emin:296 lux Emax:581 lux Emin /Emax:0,67 UGR:<19

In basso: concept e verifiche render in false color del terzo scenario di progetto.

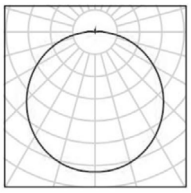




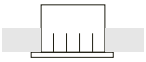
Si riportano i dati degli apparecchi scelti. Fonte: Reggiani, catalogo online.

Illuminazione generale
Nome: Trybeca
Produttore: Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 33W
Flusso luminoso: 2957 lm
Efficienza lum.: 90 lm/W
TCC: 3000K (variabile)

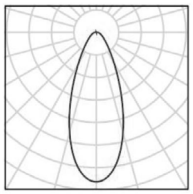
∅ 300 mm



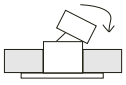
Illuminazione lavori di precisione
Nome: Mood fixed
Produttore: Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 17 W
Flusso luminoso: 1288 lm
Efficienza lum.: 76 lm/W
TCC: 3000K (variabile)



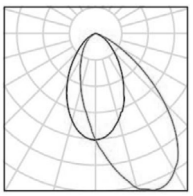
∅ 110 mm



Illuminazione parete
Nome: Mood wall washer drop
Produttore:Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 25 W
Flusso luminoso: 1890 lm
Efficienza lum.: 76 lm/W
TCC: 3000K (variabile)



∅ 150 mm



Vista diurna di un’aula tipo.

Vista notturna di un’aula tipo.

9.3. Spazio comune

Gli spazi comuni sono concepiti come punto di aggegazione e socializzazione, sia per gli utenti della scuola che per la comunità in orario extra scolastico.

Ancora una volta, la flessibilità è il punto chiave da cui partire: lo spazio è multifunzionale, e dinamico, composto di aree collettive o di spazi più intimi e raccolti.
La dimensione degli spazi e le soluzioni di allestimento e d'illuminazione adottate ne consentono l'utilizzo anche per eventuali esposizioni e mostre, creando nuove opportunità di utilizzo.

L'allestimento è stato studiato per incoraggiare l'interazione tra utenti, utilizzando ad esempio sedute modulari che possono essere di volta in volta posizionate dagli utenti.
Come già accennato, parte di questi spazi possono essere occupati dalle aule come espansione delle stesse. Per questo motivo, l'allestimento è studiato per essere facile da spostare e allo stesso tempo accogliente e stimolante.
Situati in ogni Cluster, in prossimità delle aule, questi spazi sono utilizzati anche per il deposito dei libri e degli oggetti personali attraverso l'utilizzo di armadietti individuali per gli studenti.

In basso: Principi guida nella progettazione dell'aula.
A destra: Sintesi degli interventi e delle esigenze rispetto l'attività prevista.

Attività

Incontro

Esigenze

Spazio accogliente

Arredo flessibile

Illuminamento cilindrico

Illuminazione diffusa

Attività

Relax

Esigenze

Sedute morbide

Accesso diretto dalle classi

Resa cromatica adeguata

Vista gradevole verso l'esterno

Attività

Esposizioni

Esigenze

Spazio configurabile

Accessibilità

Illuminazione puntuale

Interventi

Demolizione parete

Creazione nicchie

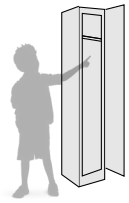
Nuovo impianto d'illuminazione

Finiture interne

Allestimento

Come già accennato, gli arredi sono costituiti da sedute mobili modulari, che consentono un utilizzo differenziato a seconda dell'esigenza. Gli armadietti sono disposti in prossimità dell'entrata di ogni Cluster, in modo da consentire agli studenti di lasciare o recuperare i libri prima dell'ingresso in aula.

In basso: Rappresentazione degli arredi con i colori utilizzati.

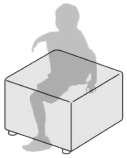


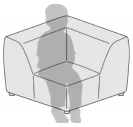
Armadietti

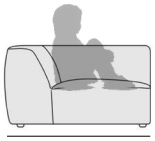
Struttura in lamiera colorata.
Dimensioni: 30x35x175h cm

Pouf cuscino

Tessuto imbottito.
Dimensioni: 140x200 cm





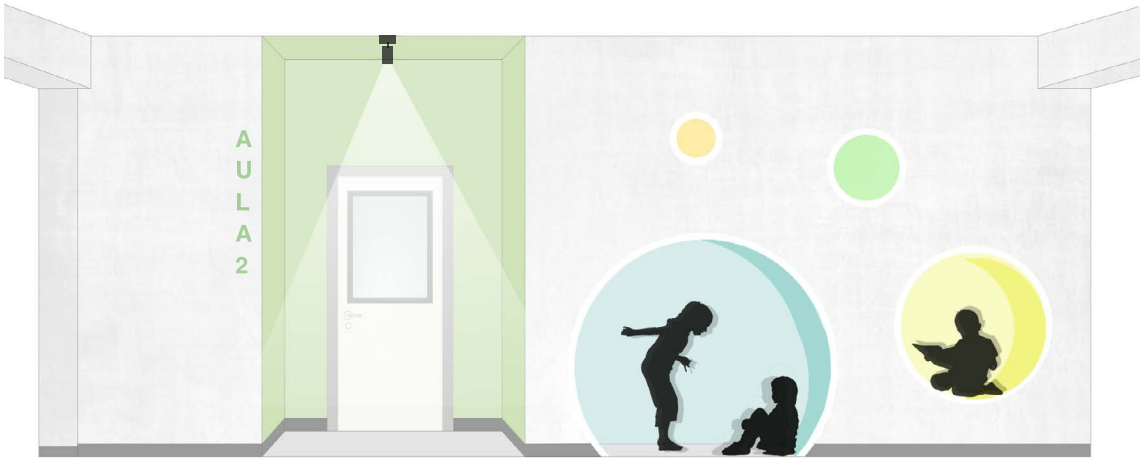


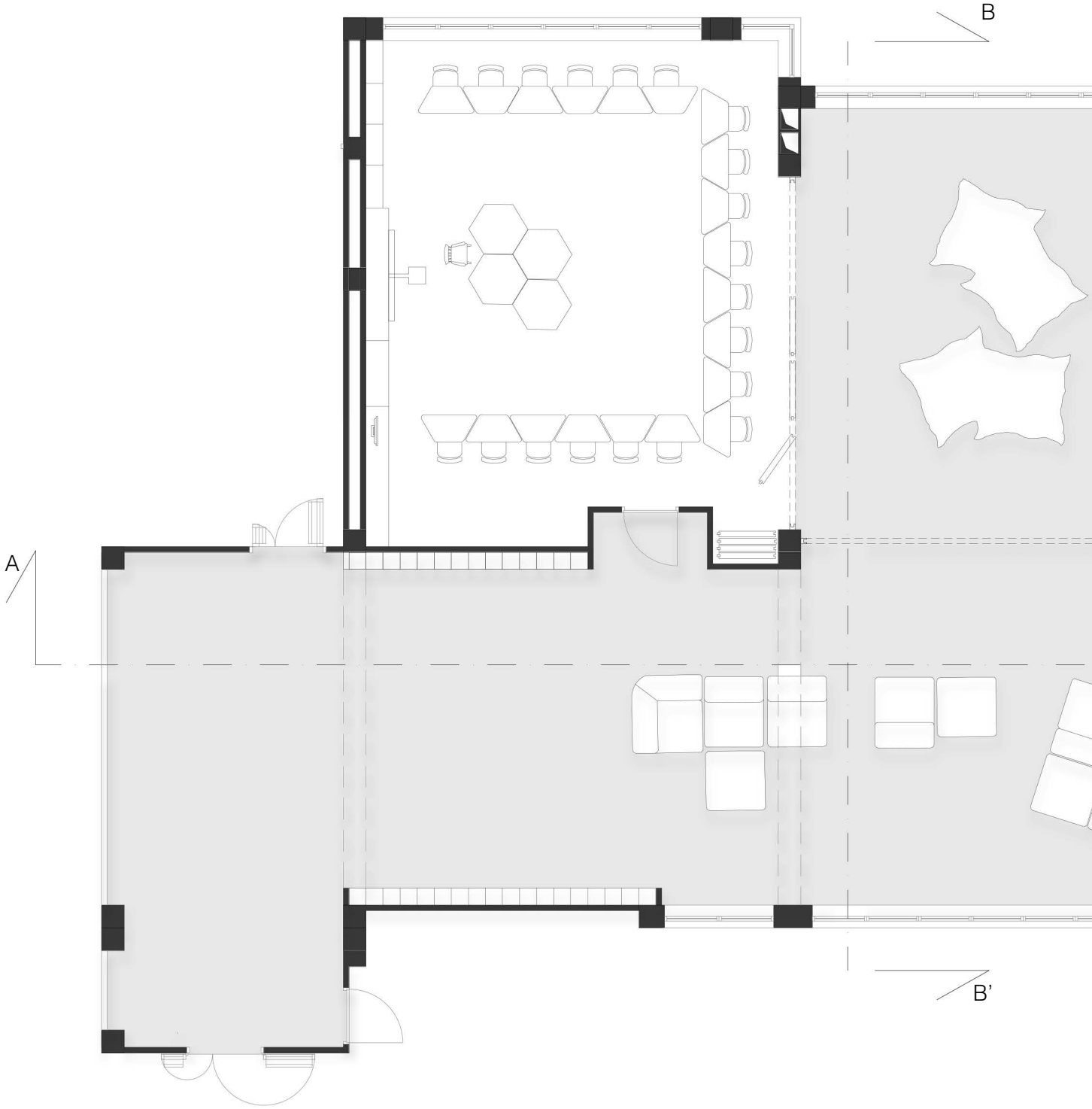
Divano modulare

Componibile a moduli, tessuto imbottito.
Dimensioni: 104x42h cm

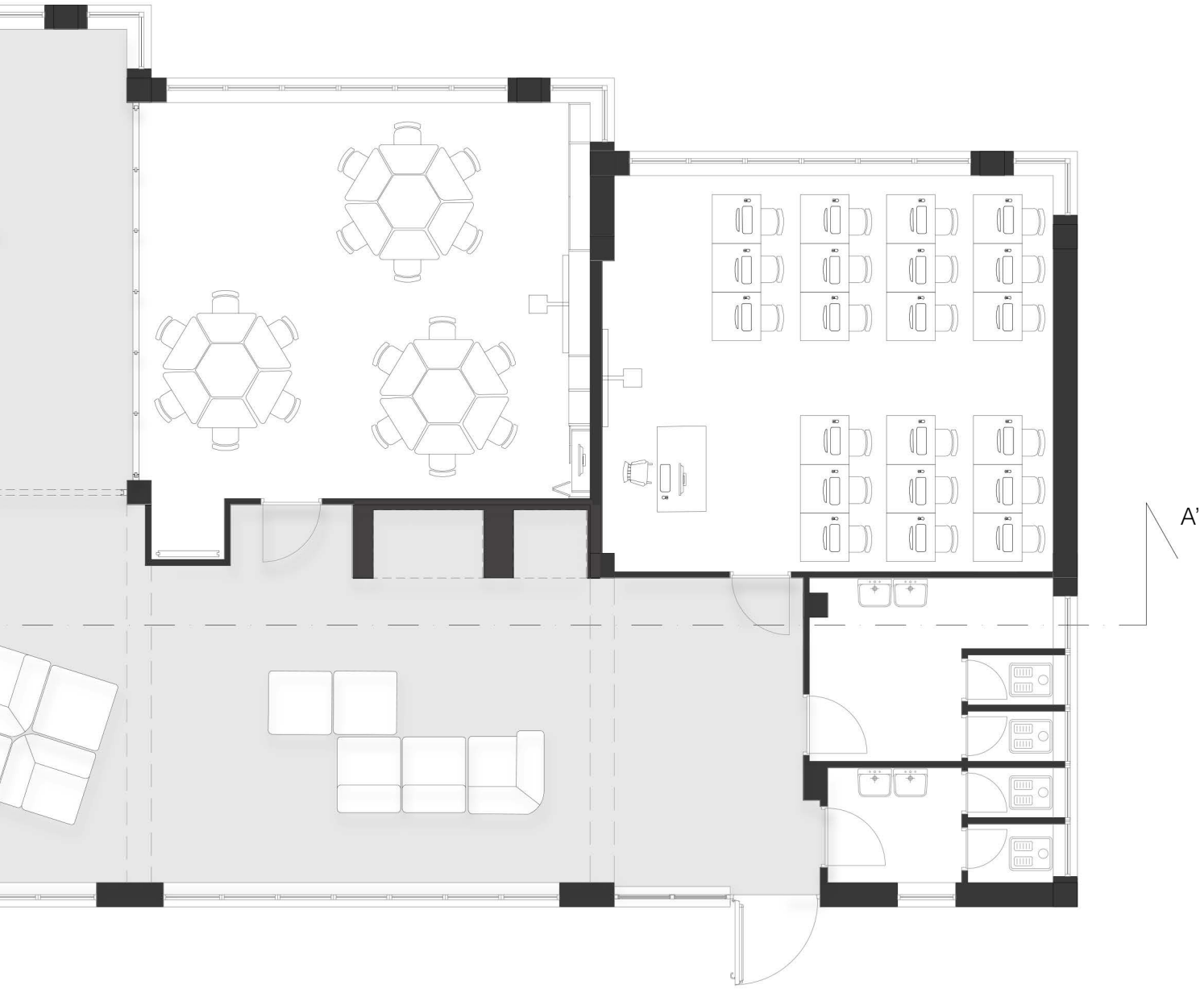
Anche il colore gioca un ruolo fondamentale nella caratterizzazione dell'ambiente. Oltre all'utilizzo di colori vivaci per le sedute e per gli armadietti, il colore viene utilizzato nelle nicchie di entrata nell'aula, per facilitare l'orientamento e il riconoscimento dell' aula.

In basso: Dettagli delle soglie colorate dell'aula, affiancati dalle nicchie e dagli armadietti degli studenti.

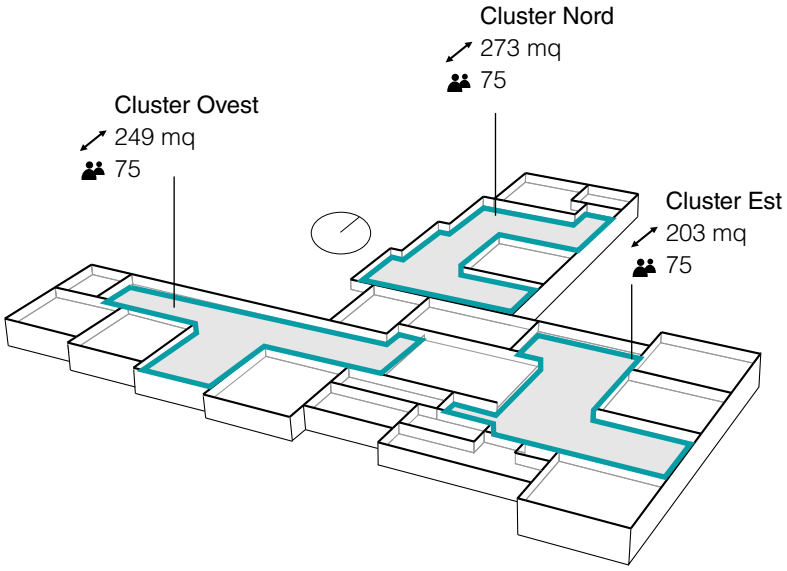



B
A
B’

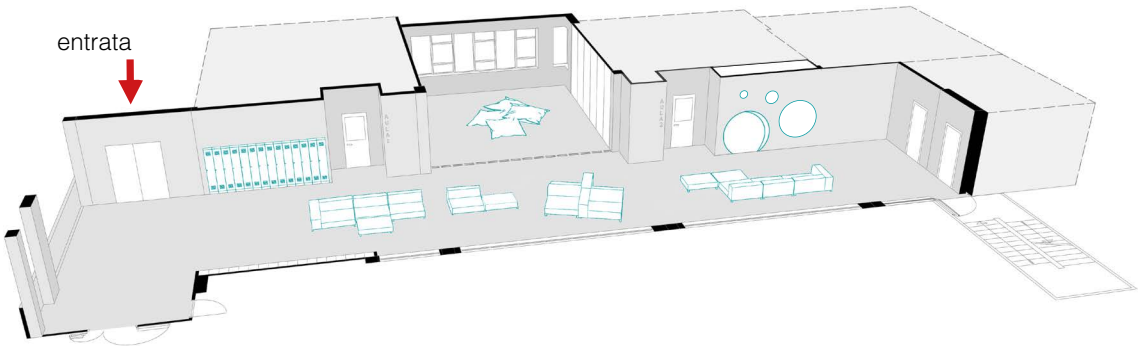
AULA 1



Pianta Cluster Ovest e sezione AA’, scala1:100



Navigatore primo piano, in cui sono evidenziate le dimensione e la capienza degli spazi comuni, disposti nei vari Cluster.

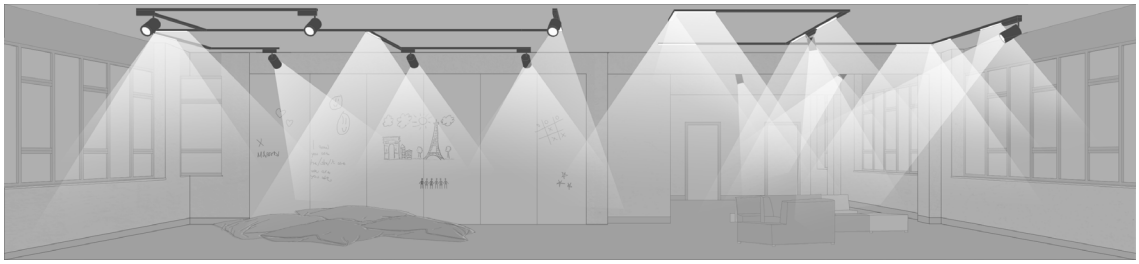


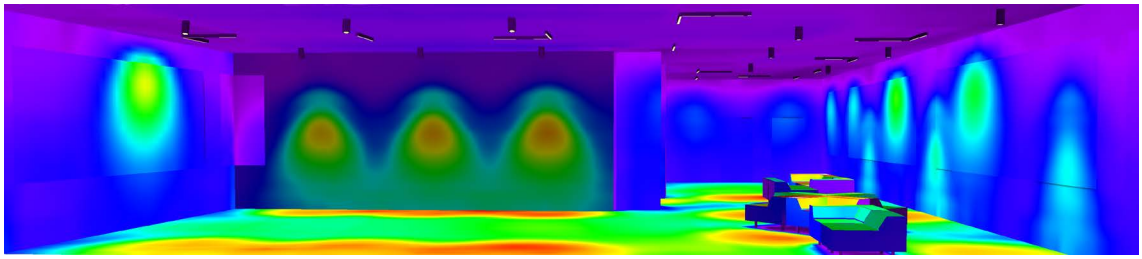
Assonometria del Cluster Ovest.

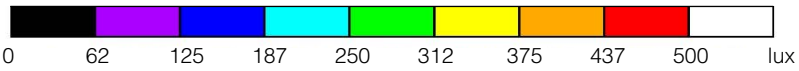
Sezione BB', scala1:100

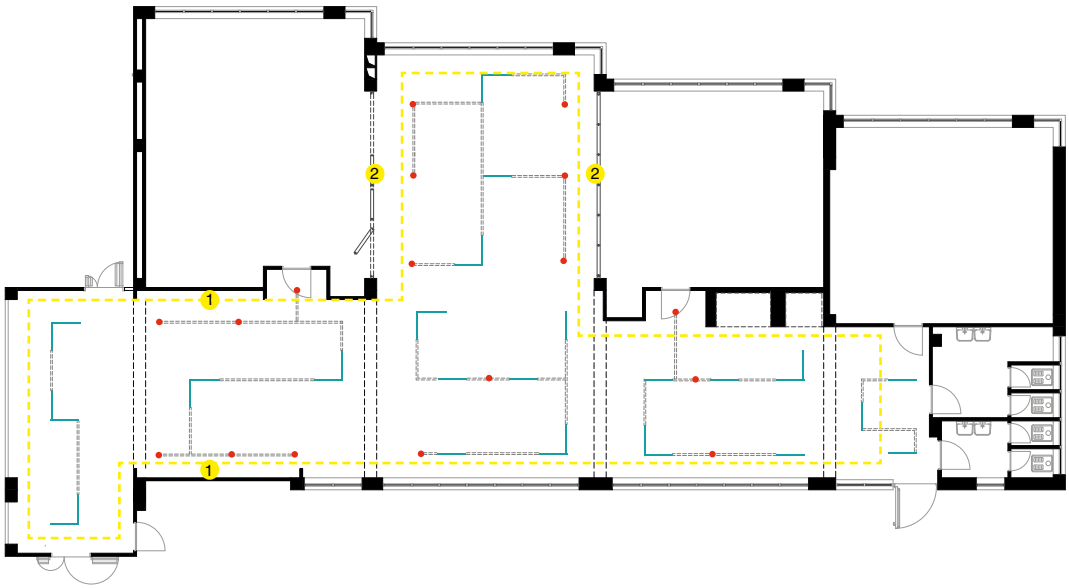
Illuminazione

Per soddisfare l'esigenza di avere un'illuminazione diffusa e, all'occorrenza, un'illuminazione puntale, è stato utilizzato un sistema a binario.
Questa soluzione consente di integrare all'illuminazione generale un'illuminazione puntuale, attraverso l'utilizzo di spot (orientabili e spostabili).
Inoltre, i binari sono disposti in modo da formare un disegno sul soffitto degli spazi comuni, caratterizzando l'ambiente.
La presenza di sensore di presenza provvede all'accensione e lo spegnimento automatico del sistema, mentre un fotosensore regola l'intensità luminosa in rapporto alla luce naturale disponibile.
Anche in questo ambiente, è possibile personalizzare la luce richiesta attraverso un sistema wireless.
Gli spot disposti nell'ambiente illuminano la parete trascrivibile (la stessa presente nell'aula) e l'area degli armadietti, garantendo un'illuminamento adeguato sui piani verticali.






0
62
125
187
250
312
375
437
500
lux


1
2
2
1

Illuminazione generale —
Nome: Yori linear
Produttore: Reggiani
Tipologia: incasso su binario
Potenza: 26 W
Flusso luminoso: 1930 lm
Efficienza lum.: 74 lm/W
TCC: 4000 K

Iluminazione puntuale ●
Nome: Yori spot
Produttore: Reggiani
Tipologia: spot
Potenza: 22 W
Flusso luminoso: 1695 lm
Efficienza lum.: 77 lm/W
TCC: 4000 K

Illuminazione generale - - - - -
Em:263 lux Emin:175 lux Emax:416 lux Emin /Emax:0,66 UGR:<22

Ill. armadietti ①
Em:195 lux Emin:112 lux Emax:280 lux Emin /Emax:0,57 UGR:<19

Il. parete trascrivibile ②
Em:217 lux Emin:92 lux Emax:381 lux Emin /Emax:0,43 UGR:<19

A sinistra: concept e verifiche render in false color dello spazio comune (in alto) e pianta degli apparecchi presenti con superfici di calcolo verificate (in basso).

Vista diurna dello spazio comune.

Vista notturna dello spazio comune.

9.4. Laboratori

I laboratori sono ambienti che promuovono la sperimentazione, “l’imparare facendo”.
Sono stati pensati tre tipo di laboratori differenti.

Il primo, il labratorio multimediale, è pensato principalmente per le ore dedicate all’apprendimento linguistico: gli studenti apprendono utlizzando strumenti tecnologici, con l’ausilio del docente. Questi ambienti, in orario extra scolastico, possono essere utilizzati dagli utenti esterni per eventuali corsi di informatica o lezioni generali.

I laboratori di arte e tecnica sono pensati per la sperimentazione e il lavoro collettivo. Questi ambienti occupano l’intero Cluster Nord: i laboratori si affacciano sugli spazi comuni che intendono essere un ulteriore spazio dedicato al lavoro di gruppo, grazie all’ultilizzo di ampi tavoli disposti nell’open space.
L’intero cluster si trasforma in laboratorio creativo.

Infine, il laboratorio di musica è pensato per soddisfare le esigenze di un Istituto a indirizzo musicale. Si trova distaccato dai cluster didattici per evitare che le prove degli strumenti disturbino le ore di lezione, nonostante siano previsti accorgimenti progettuali per migliore il comfort e le prestazioni acustiche.

Per tutti i laboratori, sono utilizzate le soluzioni d’illuminazione delle aule.
L’allestimento scelto soddisfa le esigenze di questi ambienti e asseconda la loro natura.
A seguire, sono presentati gli arredi utilizzati per ogni tipologia di laboratorio: risulterà facile associare a ciascun elemento la specifica funzione per cui è stato scelto.

Attività

Lavoro a pc
(lab. multimediale)

Esigenze

Utilizzo
tecnologie

Assenza
di riflessioni

Illuminazione
diffusa

Attività

Attività artistiche
(lab. arte e tecnica)

Esigenze

Arredo
flessibile

Resa cromatica
adeguata

Visibilità adeguata
sul piano di lavoro

Attività

Pratica strumenti
(lab. musica)

Esigenze

Comfort
acustico

Accessibilità

Interventi

Demolizioni
pareti

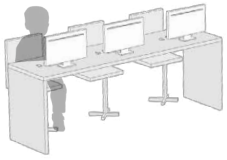
Costruzione
nuove pareti

Nuovo impianto
d'illuminazione

Finiture
interne

Allestimento

Allestimento laboratorio multimediale



Postazione pc

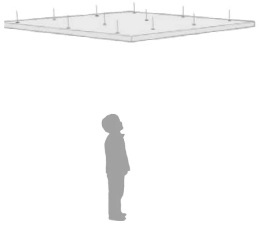
Tavoli dotati di porta CPU.

Dimensioni: 240x70x72h cm

LIM

Strumento per lezioni frontali proiezioni video.

Dimensioni: 160x100 cm

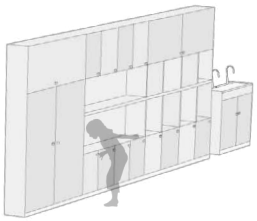


Controsoffitto sospeso

Soluzione per l'incasso degli apparecchi d'illuminazione, rivestito di materiale fonoassorbente.

Dimensioni: 530x560 cm

Allestimento laboratorio arte/tecnica



Parete attrezzata

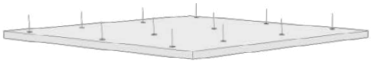
La parete di ogni aula è riconoscibile da uno specifico colore utilizzato.
Dimensioni: 780x40x250h cm

Tavolo pieghevole

Tavolo dotato di ruote per facilitare gli spostamenti.
Dimensioi: 140x70x70 cm.

Sgabello

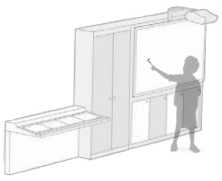
Sedute dotate di ruote con altezza regolabile.
Dimensioni: 40cm d.



Controsoffitto sospeso

Soluzione per l'incasso degli apparecchi d'illuminazione.
Dimensioni: 730x270 cm

Allestimento laboratorio musica



Parete attrezzata e mixer

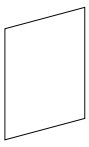
Attrezzatura dedicata alle prove degli studenti e degli utenti esterni.
Dimensioni: 640x40x250h cm.

Leggio per spartiti

Altezza regolabile.
Dimensioni: L60 cm.

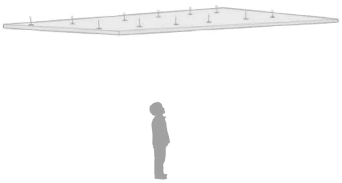
Sedute

Riutilizzo delle sedie presenti nell'istituto.
Dimensioni: 50x40 cm.



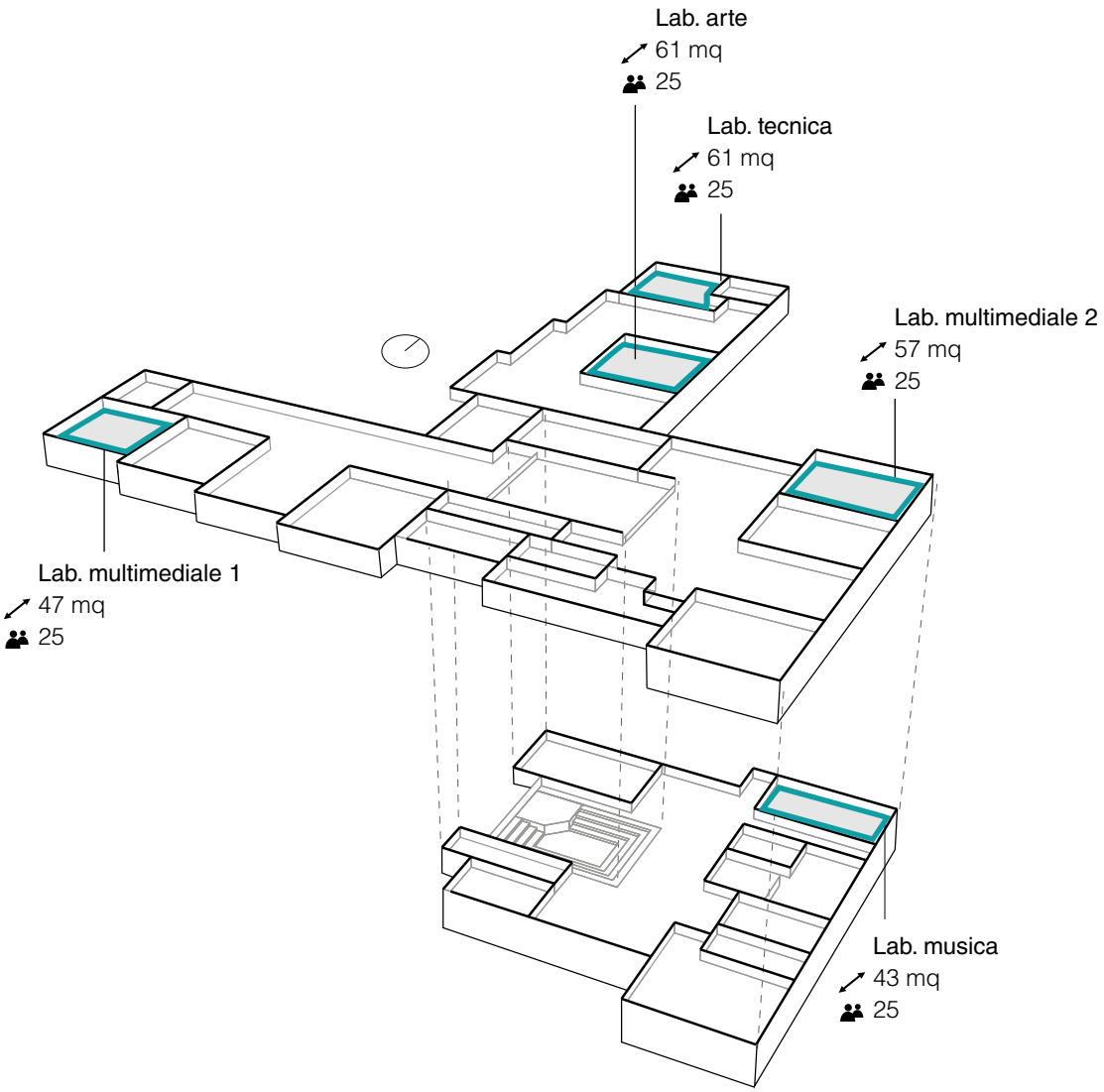
Pannelli fonoassorbenti

Prevista una verifica acustica per il corretto posizionamento e dimensionamento.

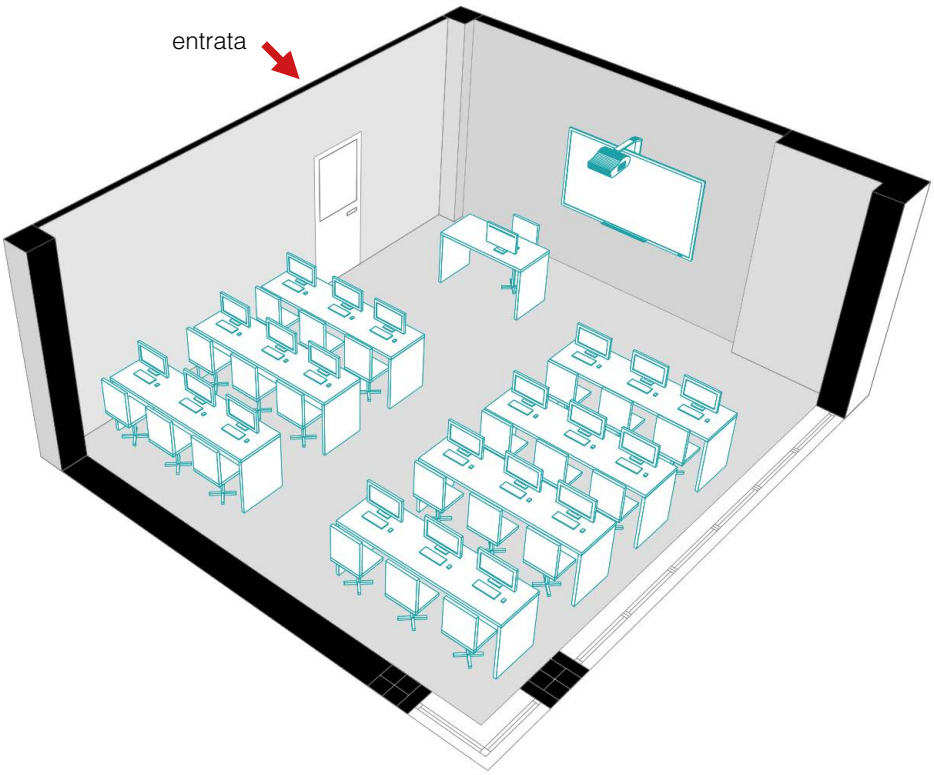


Controsoffitto sospeso

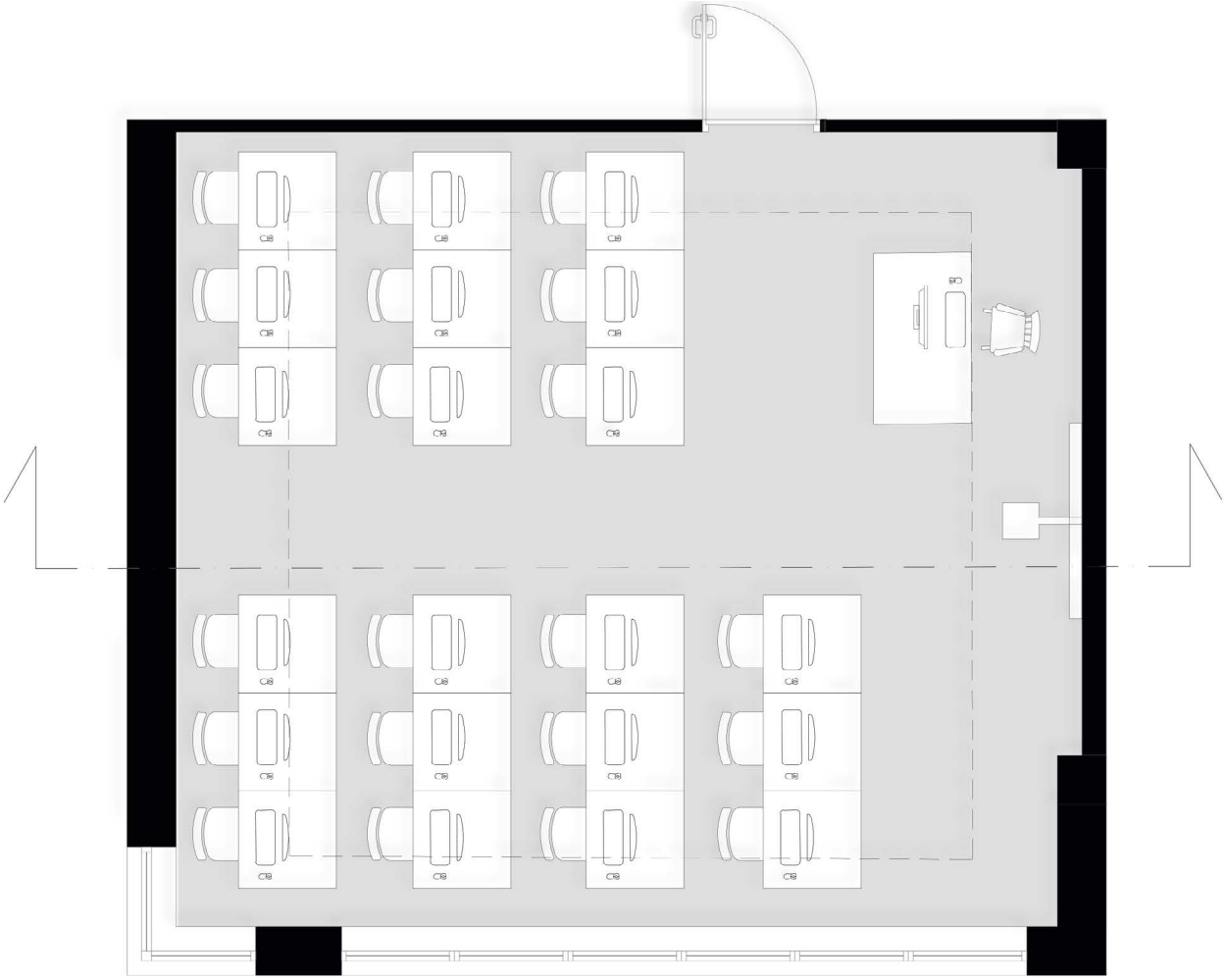
Soluzione per l'incasso degli apparecchi d'illuminazione.
Dimensioni: 730x270 cm.

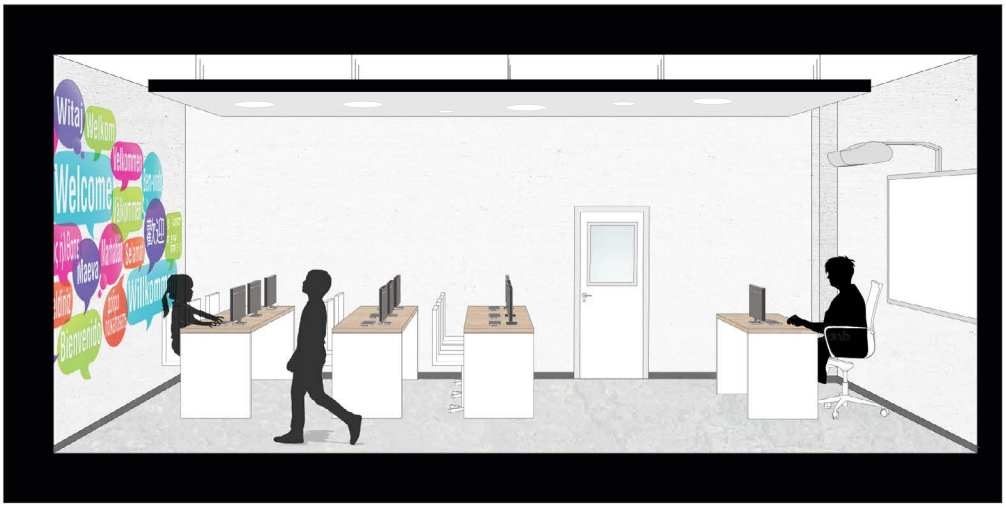


Navigatore, piano terra e primo piano



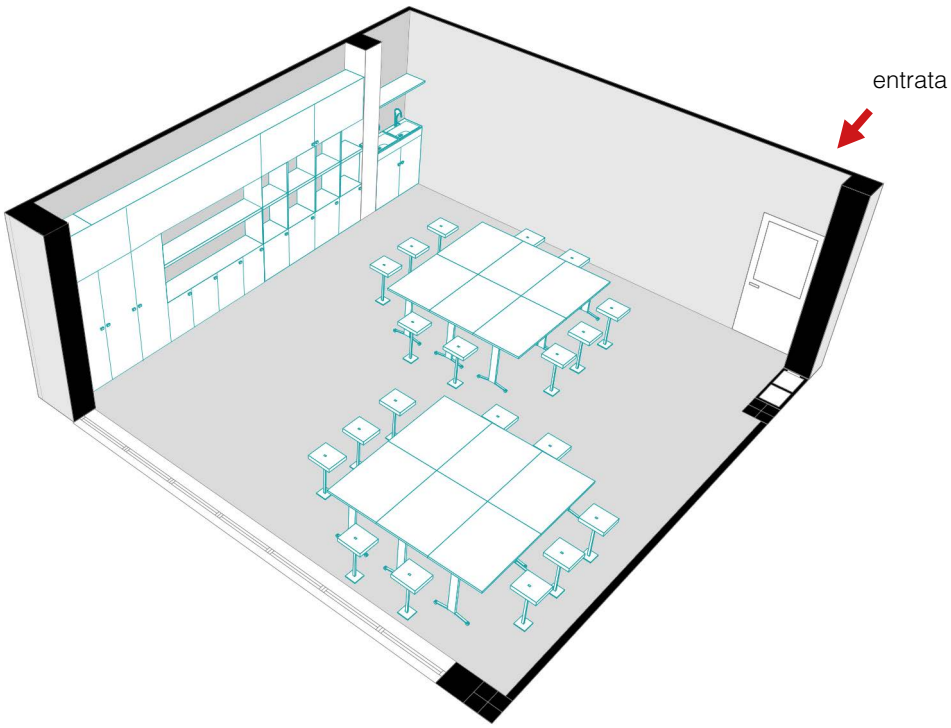
Assonometria laboratorio multimediale



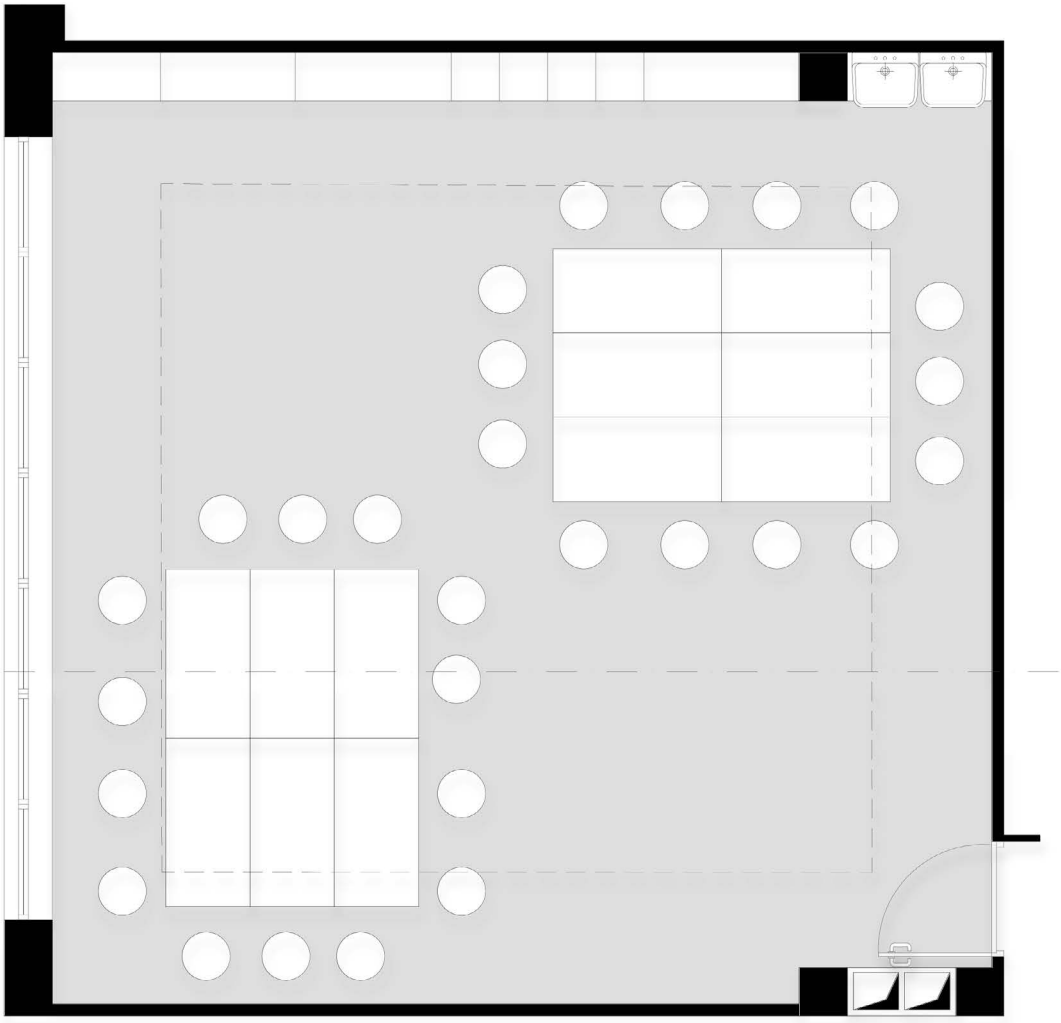


Pianta e sezione laboratorio multimediale

1m

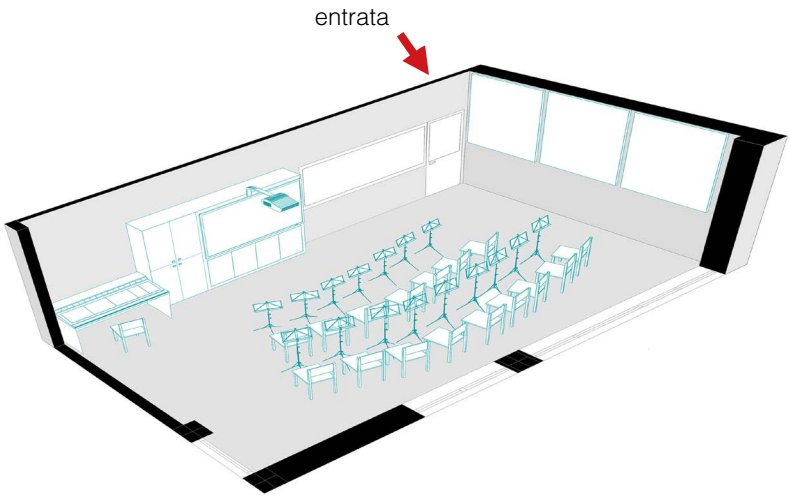


Assonometria laboratorio arte/tecnica



Pianta e sezione laboratorio arte

1m



Assonometria laboratorio musica

Pianta e sezione laboratorio musica

1m

9.5. Sala docenti e sala colloqui

La sala docenti intende essere un ambiente piacevole e luminoso, in cui le condizioni di comfort interno contribuiscono positivamente al benessere degli utenti e quindi ad una migliore produttività.

Per questo motivo, la sala si articola in più aree: oltre all'inserimento degli armadietti per il deposito degli oggetti personali, la sala dispone di un'area fotocopie, un'area relax con sedute morbide e, al centro della sala, un tavolo per le riunioni o per il lavoro individuale.
Prevedendo uno spazio per l'accoglienza dei genitori, è stato predisposta un'area per i colloqui con accesso indipendente, direttamente collegata alla sala docenti. L'allestimento contribuisce a creare un ambiente accogliente e informale, che potrebbe essere utilizzato come ulteriore area relax. La posizione centrale rispetto agli altri ambienti didattici consente una facile fruibilità da parte del docente.

Come luogo di lavoro volto al benessere dell'utente, si è data molta importanza ai benefici della luce naturale. Orientata a Sud, la sala docenti è dotata di venezia a lamelle orizzontali orientabili di tipo manuale.

Attività

Riunione
tra colleghi

Esigenze

Arredo
confortevole

Deposito oggetti
personali

Posizione
centrale

Assenza
di riflessioni

Visibilità adeguata
sul piano di lavoro

Disponibilità luce
naturale

Attività

Relax

Esigenze

Accoglienza

Arredo
confortevole

Resa cromatica
adeguata

Attività

Colloqui
genitori

Esigenze

Accesso
indipendente

Posizione
centrale

Visibilità adeguata
sul piano di lavoro

Interventi

Demolizioni
pareti

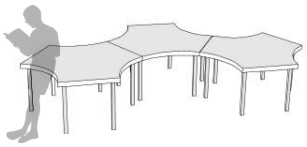
Costruzione
nuove pareti

Nuovo impianto
d'illuminazione

Finiture
interne

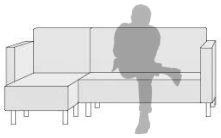
Allestimento

Allestimento



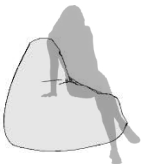
Tavolo
Tavolo modulare.
Dimensioni: 465x80h cm

Sedute tavolo
Sedute con ruote.
Dimensioni: 100x48 cm

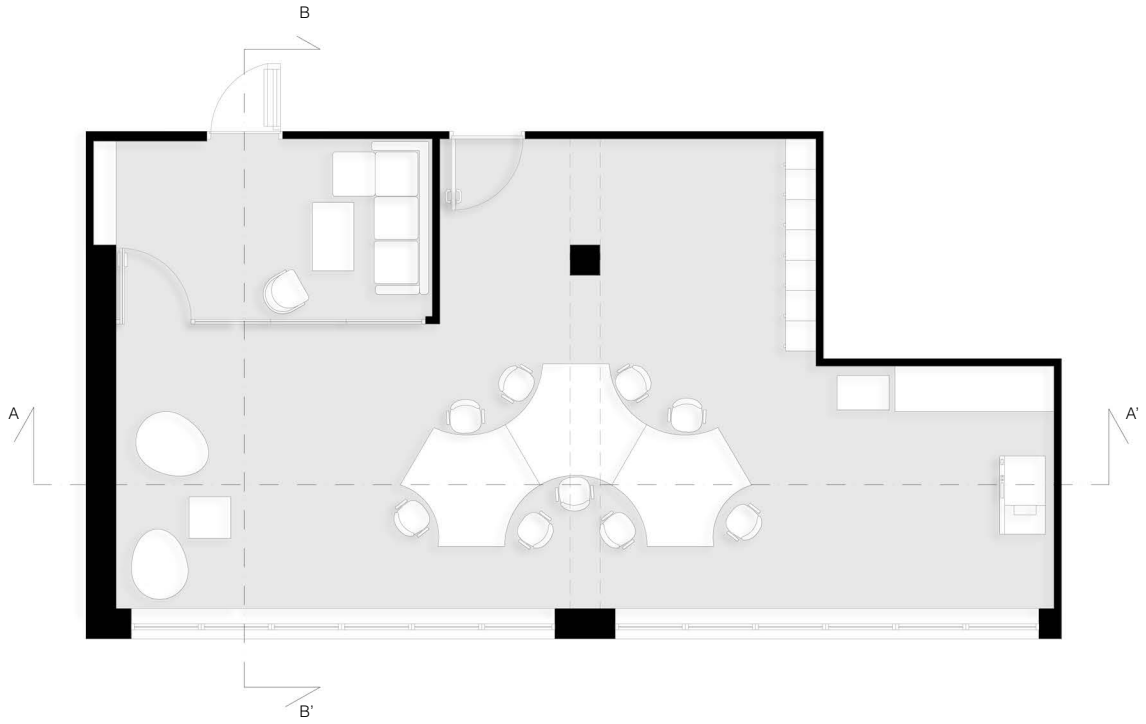


Divano sala colloqui
Divano in tessuto.
Dimensioni: 212X70 cm

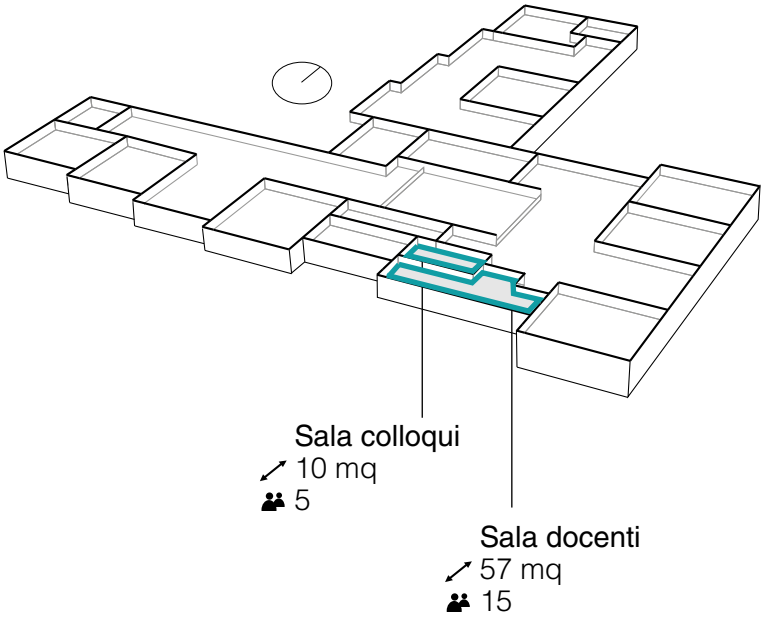
Poltroncina area colloqui
Seduta imbottita in tessuto.
Dimensioni: 58x75h cm



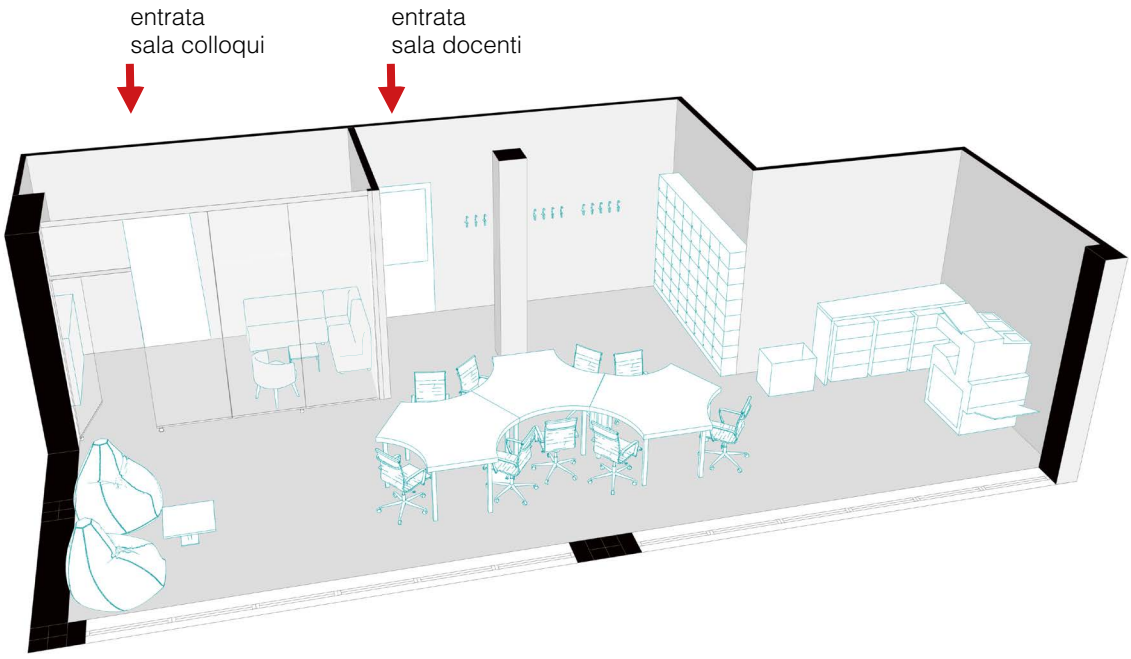
Pouf area relax
Sedute morfacili da spostare.
Dimensioni: 130L cm



Pianta e sezione AA', scala 1:100



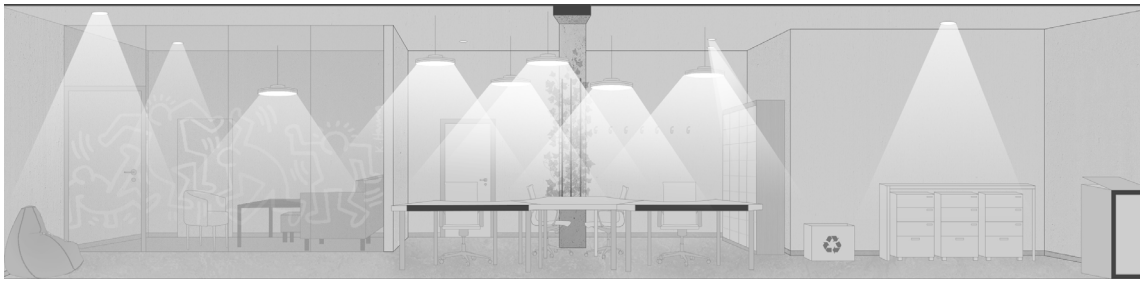
Sezione BB' , scala 1:50

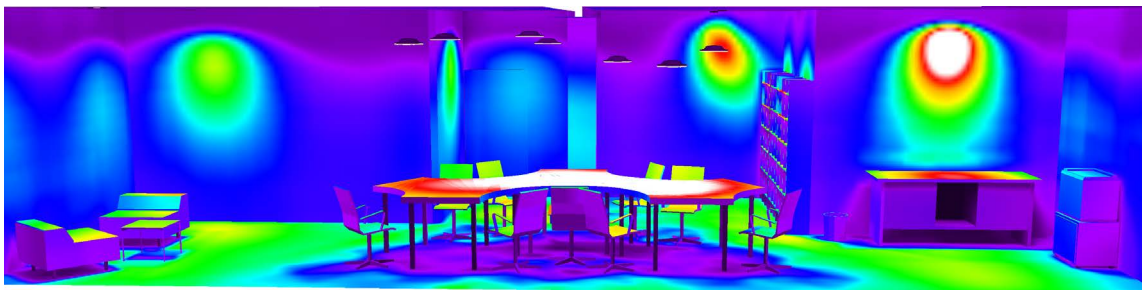


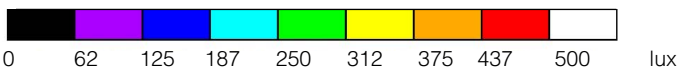
Assonometria sala docenti e sala colloqui.

Illuminazione

L'utilizzo di un controsoffitto consente l'alloggiamento degli apparecchi luminosi.
A seconda delle destinazioni d'uso, sono stati scelti apparecchi differenti: incassi per l'illuminazione generale (con emissione simmetrica e asimmetrica in prossimità degli armadietti) e sospensioni in corrispondenza dei piani di lavoro.
La presenza di un sensore di presenza e di un fotosensore che regola il dimmeraggio degli apparecchi garantisce un consumo energetico ottimale, attraverso l'accensione e lo spegnimento automatico.
Il tipo di illuminazione in ambiente può essere personalizzato attraverso un sistema wireless.







Illuminazione generale (ingresso)

Em:232 lux Emin:135 lux Emax:308 lux Emin /Emax:0,57 UGR:<19

Illuminazione piano di lavoro 1

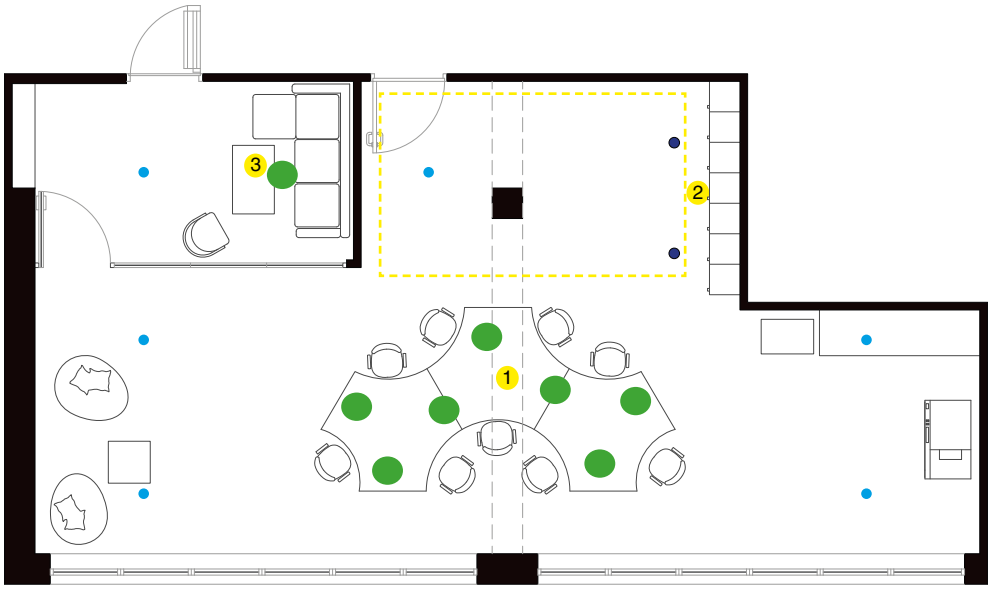
Em:503 lux Emin:326 lux Emax:624 lux Emin /Emax:0,64 UGR:<19

Illuminazione armadietti 2

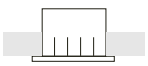
Em:234 lux Emin:142 lux Emax:445 lux Emin /Emax:0,61 UGR:<19

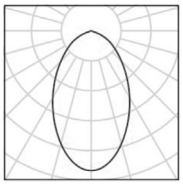
Illuminazione tavolo area colloqui 3

Em:270 lux Emin:232 lux Emax:297 lux Emin /Emax:0,86 UGR:<19

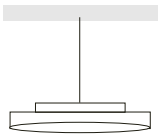


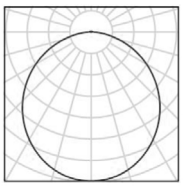
Illuminazione generale ●
Nome: Myled
Produttore: Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 28 W
Flusso luminoso: 2650 lm
Efficienza lum.: 95 lm/W
TCC: 3000K



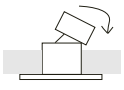


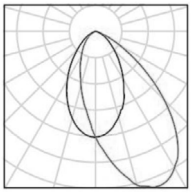
Illuminazione piani di lavoro ●
Nome: Caela Rsl
Produttore: Zumtobel
Tipologia: sospensioni
Potenza: 19 W
Flusso luminoso: 1500 lm
Efficienza lum.: 79 lm/W
TCC: 3000K





Illuminazione armadietti ●
Nome: Mood wall washer
Produttore:Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 25 W
Flusso luminoso: 1890 lm
Efficienza lum.: 76 lm/W
TCC: 3000K





Vista diurna dell’area relax nella sala docenti.

Vista notturna dell’area relax nella sala docenti.

9.6. Area amministrativa: presidenza e segreteria

SItuata nelle vicinanze dell'accesso principale, l'area amministrativa è costituita dagli uffici della segreteria e della presidenza.
La segreteria è costituita da uno "spazio filtro" per il pubblico, in cui è possibile richiedere informazioni dal banco o accedere alla presidenza, dagli uffici e un archivio.
La presidenza ha due accessi, privato per il preside e pubblico per gli ospiti, e dispone, oltre che dell'area di lavoro, di un'area di lettura informale.

Attività

Richiesta informazioni

Esigenze

Accesso al pubblico

Posizione centrale

Illuminazione diffusa

Attività

Lavoro d'ufficio

Esigenze

Utilizzo tecnologie

Arredo confortevole

Disponibilità luce naturale

Visibilità adeguata sul piano di lavoro

Interventi

Demolizioni pareti

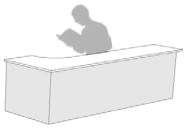
Costruzione nicchie

Nuovo impianto d'illuminazione

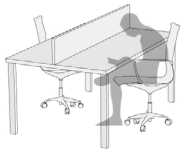
Finiture interne

Allestimento

Allestimento



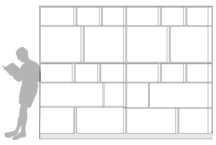
Bancone
Bancone per l'accoglienza e le richieste degli utenti.
Dimensioni: 220x60x120h cm



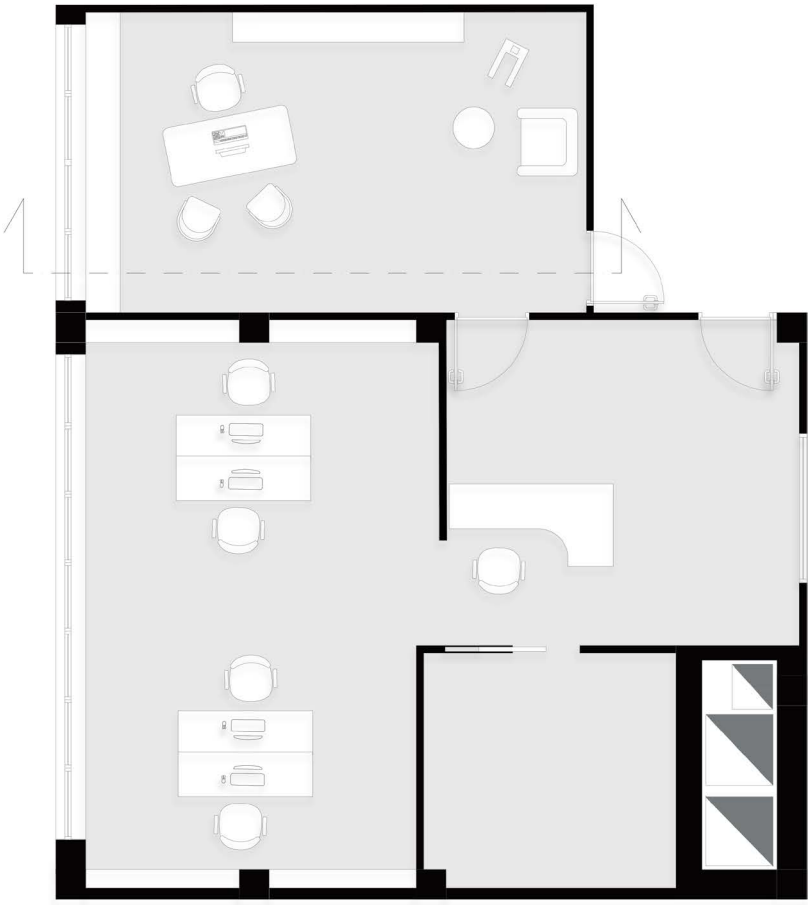
Postazioni lavoro segreteria
Tavoli con separatori.
Dimensioni: 114x180x80h cm

Tavolino area lettura
Dimensioni: 40dx40 cm

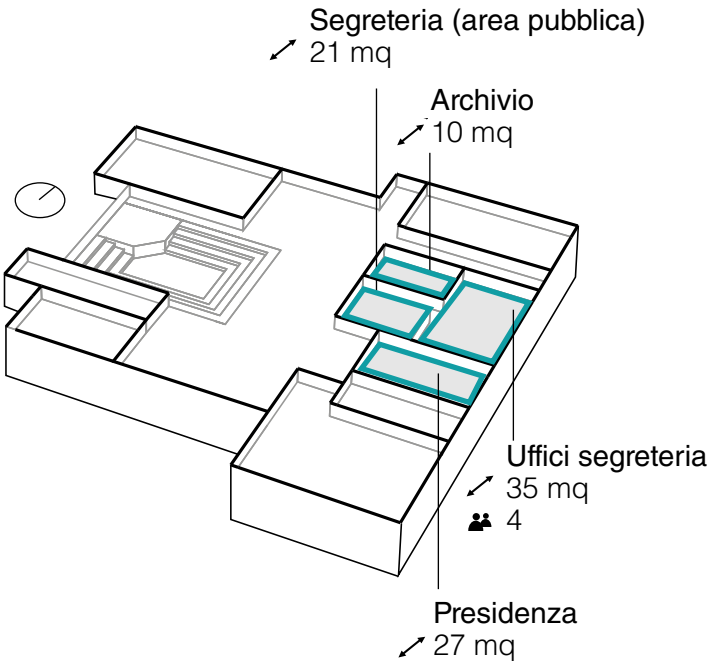
Poltrona area lettura
Dimensione: 83x78 x75h cm

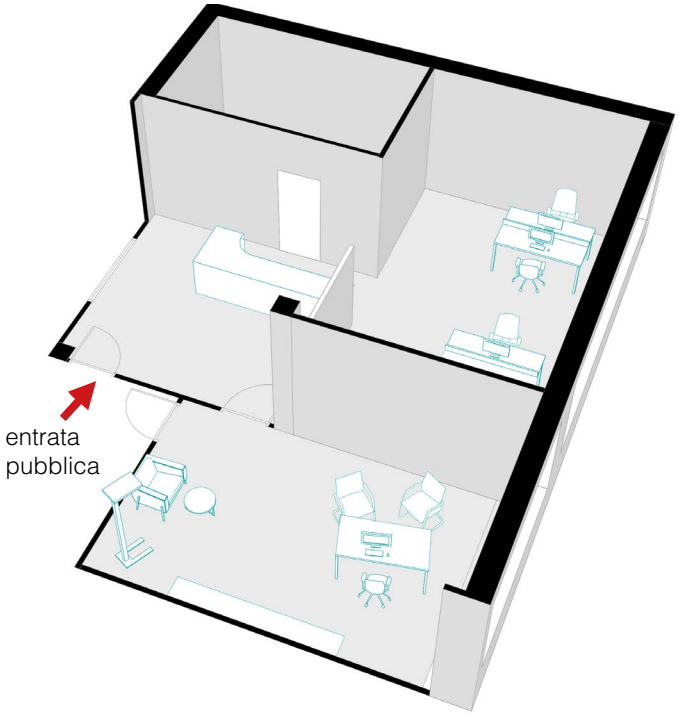


Libreria presidenza
Dimensioni: 237x30x200h cm



Pianta e sezione presidenza e segreteria, scala 1:100


Segreteria (area pubblica)
21 mq
Archivio
10 mq
Uffici segreteria
35 mq
4
Presidenza
27 mq


entrata
pubblica

Illuminazione archivio 1

Em:317lux Emin:263 lux Emax:347 lux Emin /Emax:0,82 UGR:<19

Illuminazione bancone 2

Em:328 lux Emin:145 lux Emax:563 lux Emin /Emax:0,44 UGR:<19

Iluminazione segreteria (piano di lavoro) 3

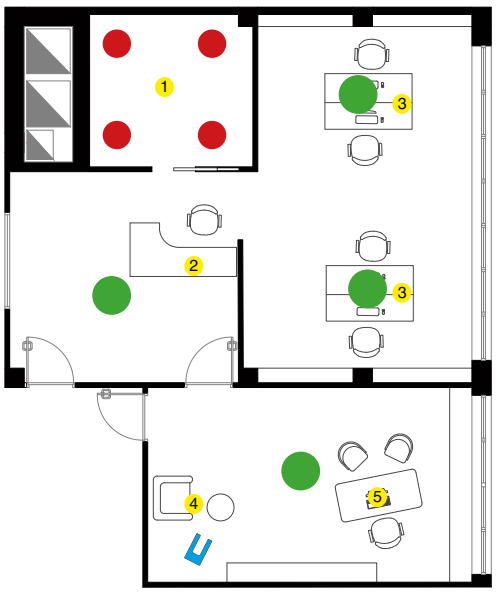
Em:522 lux Emin:339 lux Emax:631 lux Emin /Emax:0,65 UGR:<19

Iluminazione area lettura 4

Em:507 lux Emin:470 lux Emax:538 lux Emin /Emax:0,92 UGR:<19

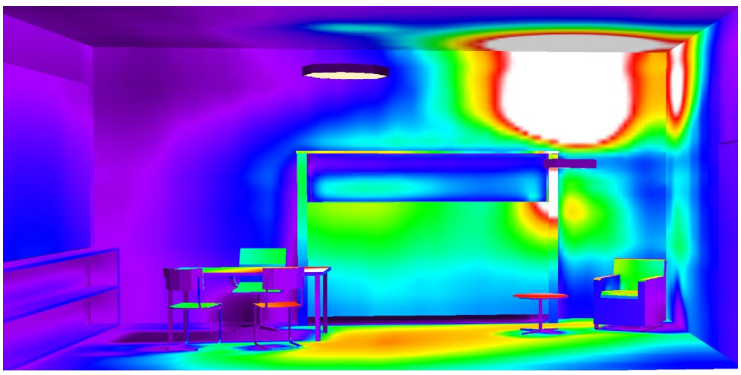
Iluminazione presidenza (piano di lavoro) 5

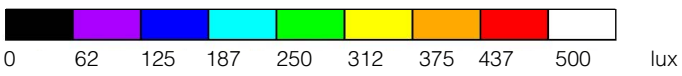
Em:508 lux Emin:395 lux Emax:546 lux Emin /Emax:0,77 UGR:<19



Illuminazione

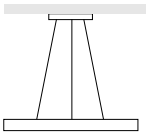
Viene adottata la stessa soluzione,sia nella segreteria che in presidenza, utilizzando sospensioni. In presidenza, l'area lettura prevede l'utilizzo di una piantana. Tutti gli apparecchi sono dimmerabili con spegnimento automatico. Sono infatti istallati un fotosensore e un sensore di presenza.

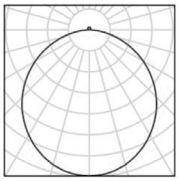




Illuminazione piano di lavoro

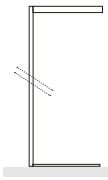
Nome: Onda 2
Produttore: Zumtobel
Tipologia: sospensione
Potenza: 56 W
Flusso luminoso: 8010 lm
Efficienza lum.: 143 lm/W
TCC: 3000 K

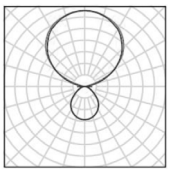




Illuminazione area lettura

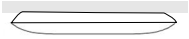
Nome: SL740 L
Produttore: PIL
Tipologia: piantana
Potenza: 65 W
Flusso luminoso: 7290 lm
Efficienza lum.: 112 lm/W
TCC: 3000 K (variabile)

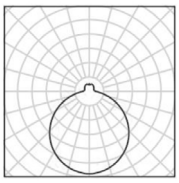




Illuminazione archivio

Nome: 74R wd3
Produttore: Trilux
Tipologia: plafoniera
Potenza: 28 W
Flusso luminoso: 3200 lm
Efficienza lum.: 114 lm/W
TCC: 3000 K





9.7. Aula studio

L'aula studio è lo spazio di concentrazione per eccellenza.
Lo studente della scuola Drovetti (o di un altro Istituto, in orario extra scolastico) può concedersi uno spazio intimo per lo studio o la lettura.
Lo spazio è stimolante, ma sobrio: l'obiettivo è di creare un luogo privo di distrazioni.
I colori e le forme degli arredi sono semplici e funzionali: ci sono tavoli collegati alla rete elettrica (in tutto il progetto sono previsti zoccolini passacavi) ma anche scaffali in cui sono incorporati i pc per la ricerca on line.
Le nicchie sono invece proposte per creare degli spazi più raccolti e intimi; i colorii utilizzati rendono questi spazi attraenti e piacevoli.

L'idea di dare una nuova funzione alla scuola nasce anche conme desiderio di avvicinare la comunità all'Istituto, dando a tutti la possibilità di usufruire del servizio.
Per rinforzare questa idea, si propone di introdurre l'iniziativa Biblioteca diffusa, incentrata sul libero scambio di libri.
Gli scaffali disposti nell'ambiente sono un invito a contribuire alla nascita di questo progetto.

Attività

Studio

Lettura

Esigenze

Utilizzo tecnologie

Arredo confortevole

Ambiente stimolante

Assenza di riflessioni

Evitare contrasti troppo elevati

Visibilità adeguata sul piano di lavoro

Interventi

Demolizioni pareti

Costruzione nicchie

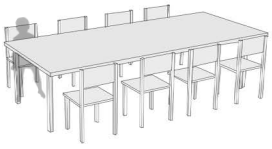
Nuovo impianto d'illuminazione

Finiture interne

Allestimento

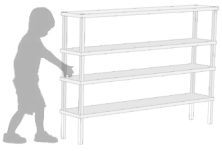
Allestimento

Scaffale con monitor pc
Utilizzo di pc come ulteriore fonte d'informazione.
Progettazione su misura.
Dimensioni: 60x60x200 cm

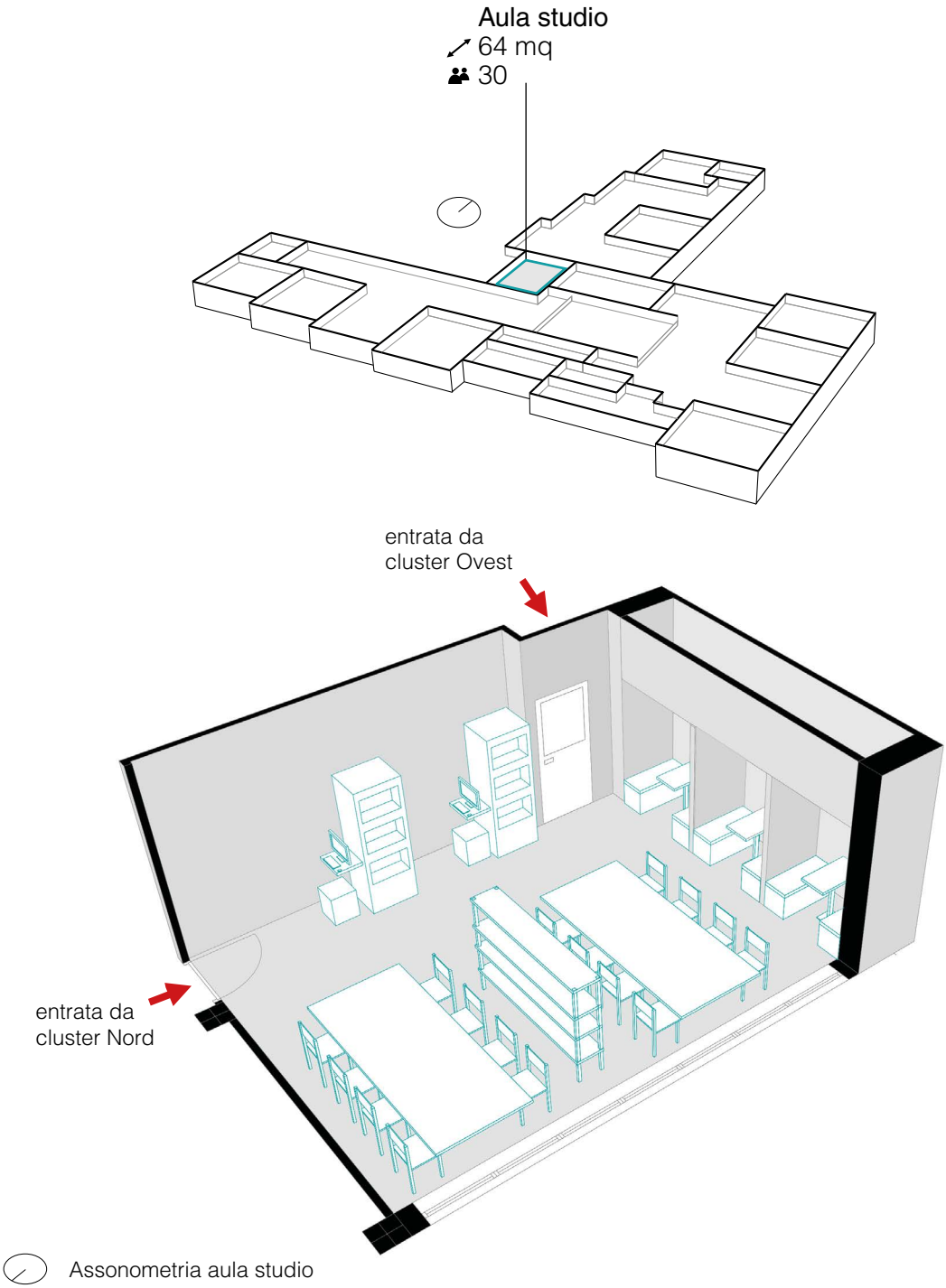


Postazione studio
Tavoli con collegamenti alla presa elettrica e illuminazione individuale.
DImensione: 250x70x95 cm

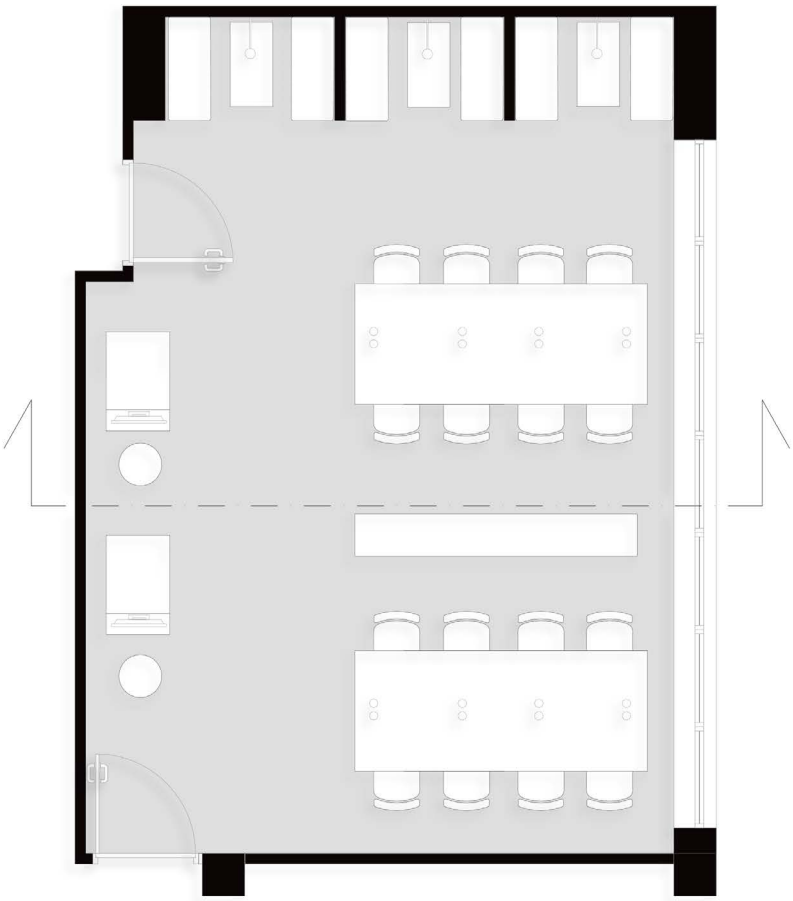
Nicchie
Postazioni che faciltano la concentrazione.
Dimensione: 150x100x290h cm



Scaffali
Scaffalature per sostenere l'iniziativa Biblioteca diffusa.
Dimensione: 250x40x150h cm



Assonometria aula studio

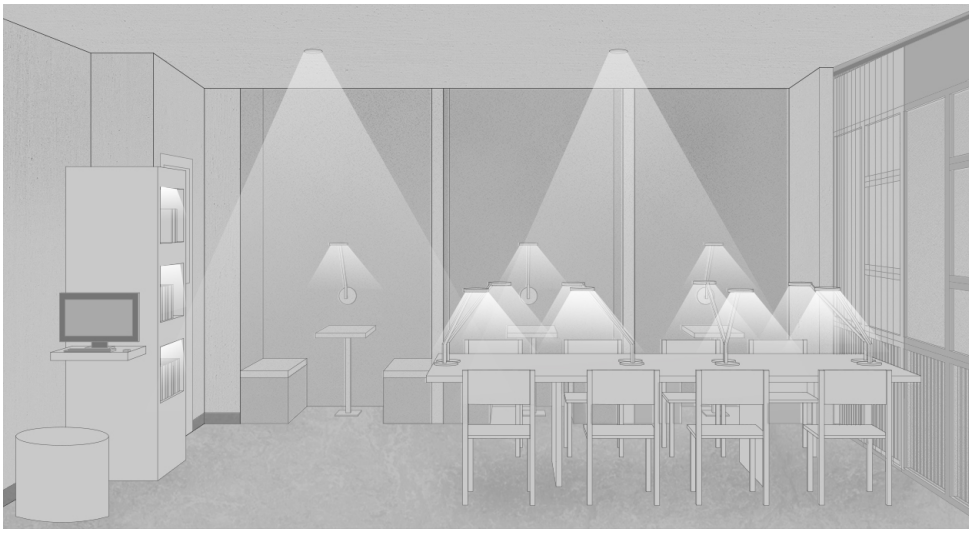


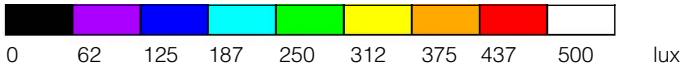
Pianta e sezione aula studio.

1m

Illuminazione

Nell'aula studio è previsto un controsoffitto utile all'alloggiamento di incassi per l'illuminazione generale, con accensione e spegnimento automatico (sono presenti un sensore di presenza e un fotosensore). Su ogni postazione sono invece previsti degli apparecchi con accensione manuale, da parete nelle nicchie e da tavolo su ogni posto a sedere. Viene aggiunta un'illuminazione negli scaffali provvisti di monitor.



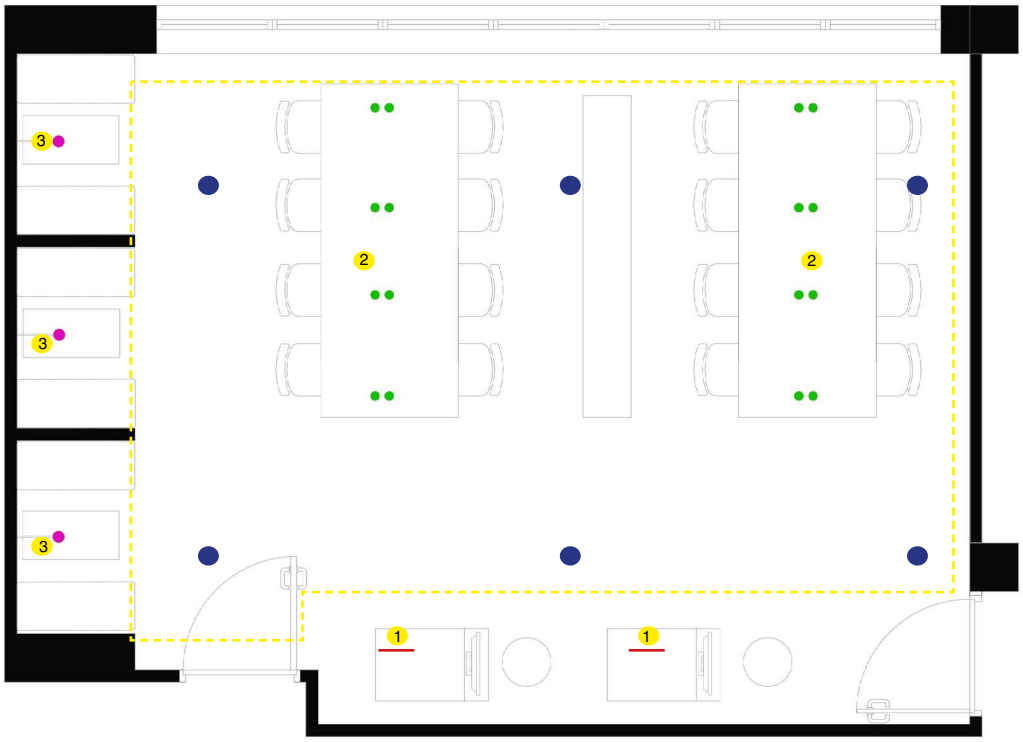


Illuminazione generale
Em:253 lux Emin:149 lux Emax:389 lux Emin /Emax:0,58 UGR:<19

Illuminazione scaffali 1
Em:217 lux Emin:130 lux Emax:531 lux Emin /Emax:0,60 UGR:<19

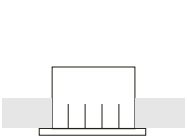
Iluminazione piano di lavoro (tavolo) 2
Em:509 lux Emin:333 lux Emax:631 lux Emin /Emax:0,65 UGR:<19

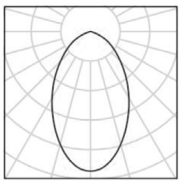
Iluminazione piano di lavoro (nicchia) 3
Em:505 lux Emin:306 lux Emax:699 lux Emin /Emax:0,60 UGR:<19



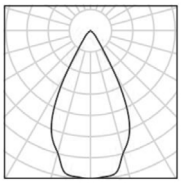
A sinistra: concept e verifiche render in false color dell'aula studio.
In alto: pianta degli apparecchi presenti con superfici di calcolo verificate.

Illuminazione generale ●
Nome: Miled
Produttore: Reggiani
Tipologia: incasso
Potenza: 12 W
Flusso luminoso: 1175 lm
Efficienza lum.: 84 lm/W
TCC: 3000 K

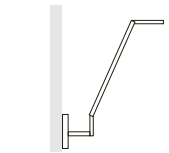


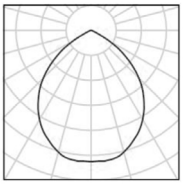


Iluminazione scaffali ▬
Nome: Diva II
Produttore: Fagerhult
Tipologia: incasso su scaffale
Potenza: 3 W
Flusso luminoso: 225 lm
Efficienza lum.: 75 lm/W
TCC: 3000 K

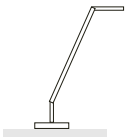


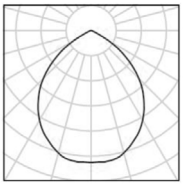
Illum. piano di lavoro (nicchie) ●
Nome: Demetra
Produttore: Artemide
Tipologia: da parete
Potenza: 6 W
Flusso luminoso: 241 lm
Efficienza lum.: 40 lm/W
TCC: 3000 K





Illumin. piano di lavoro (tavolo) ●
Nome: Demetra
Produttore: Artemide
Tipologia: da tavolo
Potenza: 6 W
Flusso luminoso: 241 lm
Efficienza lum.: 40 lm/W
TCC: 3000 K





Vista diurna dell’aula studio.

Vista notturna dell’aula studio.

9.8. Sala polifunzionale

La sala polifunzionale rappresenta spazio performance.
Questo ambiente è infatti pensato per la comunità, per assitere a concerti, spettacoli teatrali, proeizioni o conferenze, e per gli studenti, per le prove di orchestra.

L'idea concettuale è stata ispitata alla Black box, uno spazio di piccole dimensioni caratterizzato da pareti e soffito neri, utilizzato per spettacoli di teatro e altri tipi di performance artistiche.
L'allestimento è costituito da pedane smontabili di altezza regolabile, che possono essere utilizzate sia come palco che come gradonate. Le pedane sono infatti composte da pannelli in legno e una struttura in acciaio regolabile, che viene coperta tramite un rivestimento.
Il deposito comunica con la sala polifuzionale attraverso una parete scorrevole, il quale diventa, all'occorrenza, l'*arrière-plan* degli spettacoli.

In basso: Esempio di black box. Detroit School of Arts. Fonte: Schulershook, Detroit School of Arts (online).

Attività

Spettacoli

Esigenze

Accesso diretto

Disposizione deposito

Illuminazione flessibile

Illuminazione puntuale

Attività

Prove orchestra

Esigenze

Arredo flessibile

Accoglienza

Assenza di riflessioni

Interventi

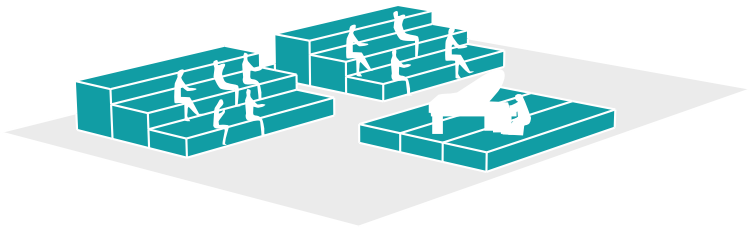
Demolizioni pareti

Costruzione nuove pareti

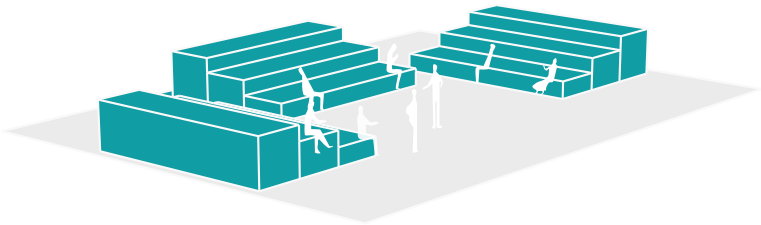
Nuovo impianto d'illuminazione

Finiture interne

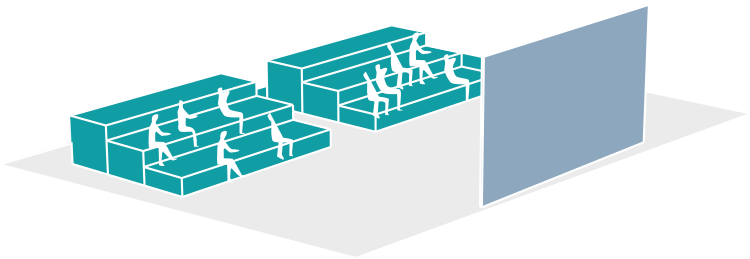
Allestimento



Concerti

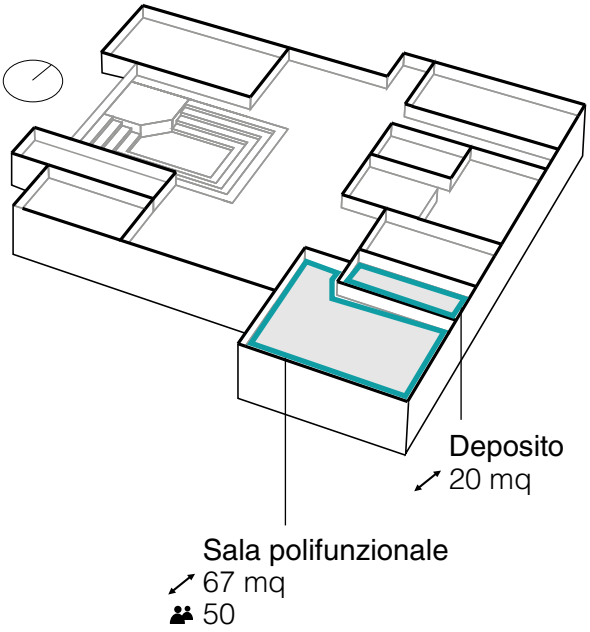


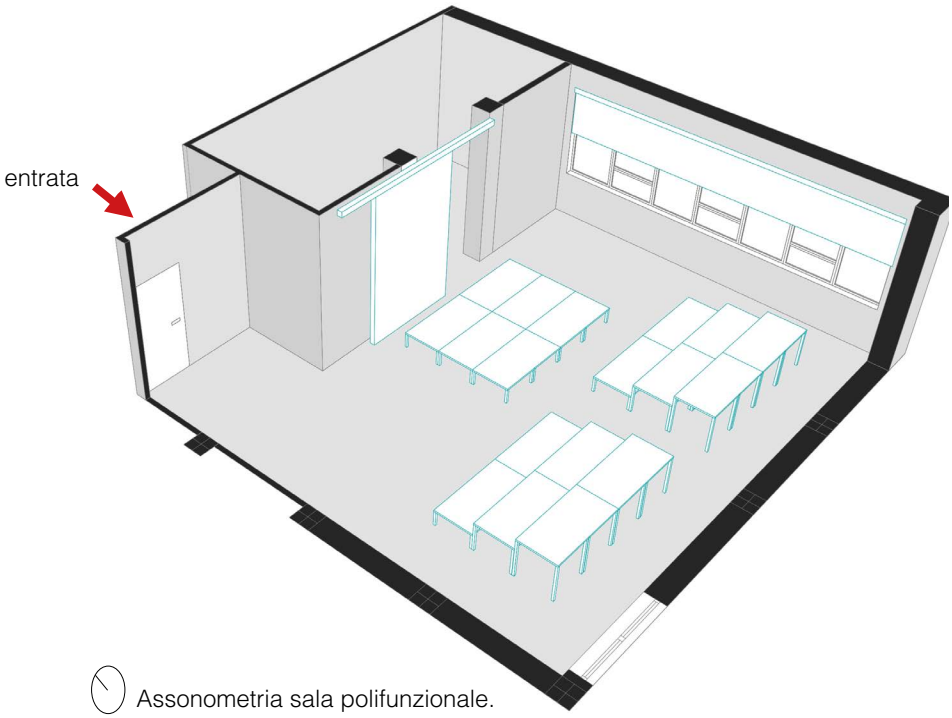
Spettacoli teatrali



Proeizioni

In alto: configurazioni e attività previste con l’utilizzo di pedane regolabili.





Assonometria sala polifunzionale.

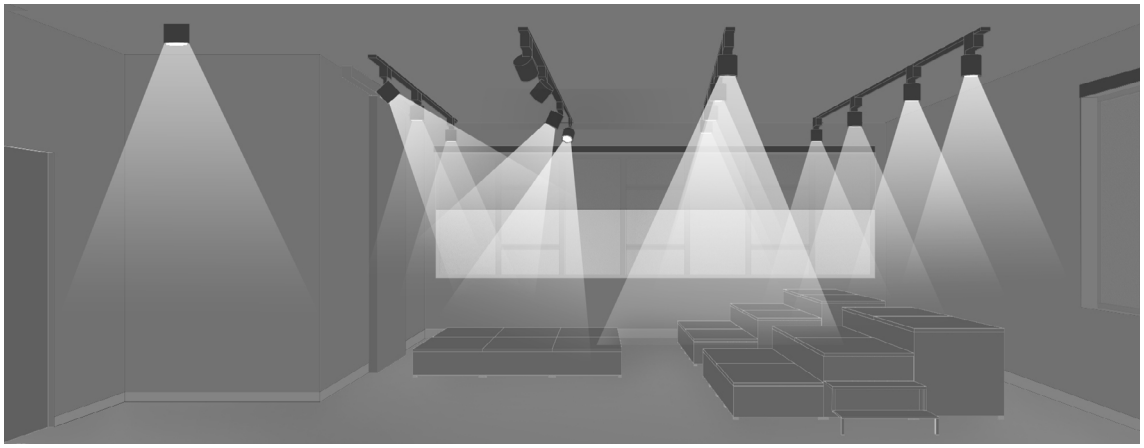
Pianta e sezione sala polifunzionale.

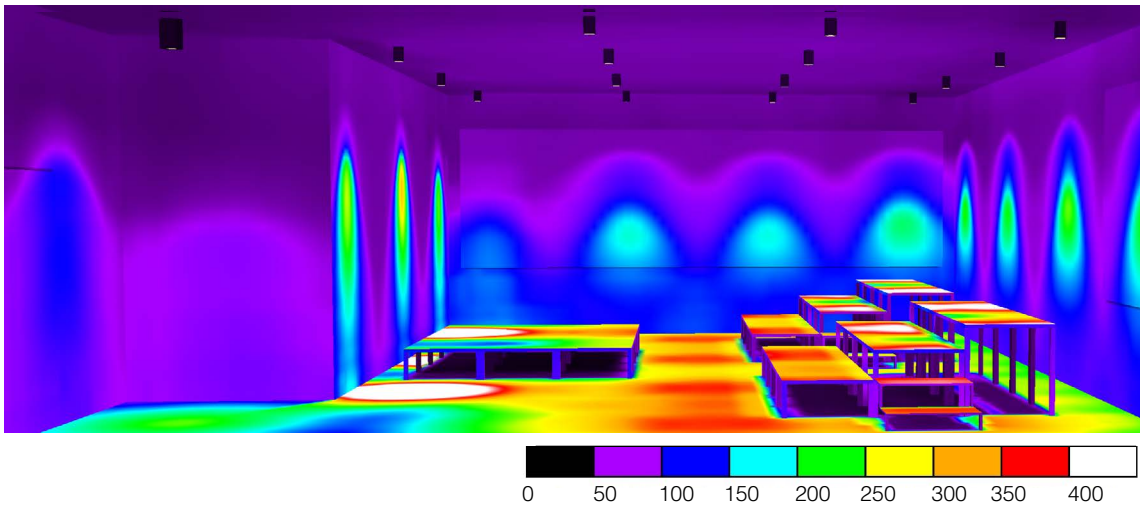
1m

Illuminazione

Nella sala polifunzionale sono previsti due tipologie di apparecchi.
Nell' ingresso e nel deposito, sono previsti apparecchi a soffitto dimmerabili, mentre nella sala destinata agli spettacoli sono presenti degli spot su binario orientabili, per soddisfare l'esigenza di flessibilità prevista per ogni tipo di attività. In particolare, dove è prevista la posizione del palco (di fronte la parete scorrevole che funge da fondale), sono aggiunti dgli spot con proprietà fotometriche differenti.
Tutti gli apparecchi sono dimmerabili, con spegnimento automatico.

In basso: concept e verifiche render in false color dell'aula studio.

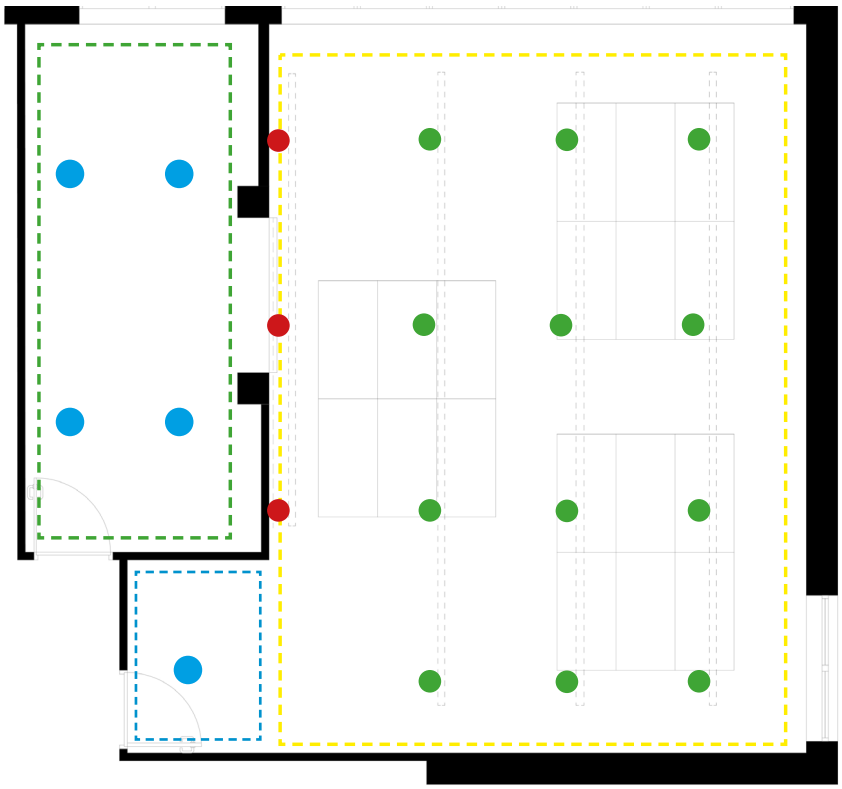




Illuminazione generale
Em:304lux Emin:231lux Emax:368 lux Emin /Emax:0,76 UGR:<19

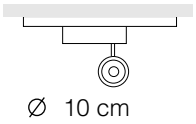
Illuminazione deposito
Em:209 lux Emin:104 lux Emax:303 lux Emin /Emax:0,49 UGR:<19

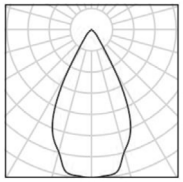
Illuminazione ingresso
Em:182 lux Emin:116 lux Emax:239 lux Emin /Emax:0,63 UGR:<19



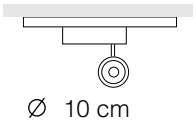
In alto: concept e verifiche render in false color dell'aula studio.

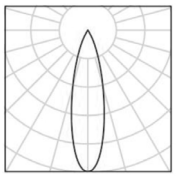
Iluminazione generale ●
Nome: Yori spot
Produttore: Reggiani
Tipologia: spot
Potenza: 22 W
Flusso luminoso: 1695 lm
Efficienza lum.: 77 lm/W
TCC: 4000 K



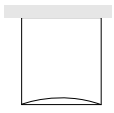


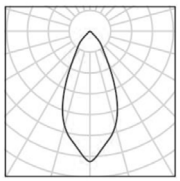
Iluminazione palco ●
Nome: Yori spot
Produttore: Reggiani
Tipologia: spot
Potenza: 22 W
Flusso luminoso: 1695 lm
Efficienza lum.: 77 lm/W
TCC: 4000 K





Illum. deposito/ingresso ●
Nome: Cyled
Produttore: Reggiani
Tipologia: a soffitto
Potenza: 15 W
Flusso luminoso: 1740 lm
Efficienza lum.:116 lm/W
TCC: 4000 K



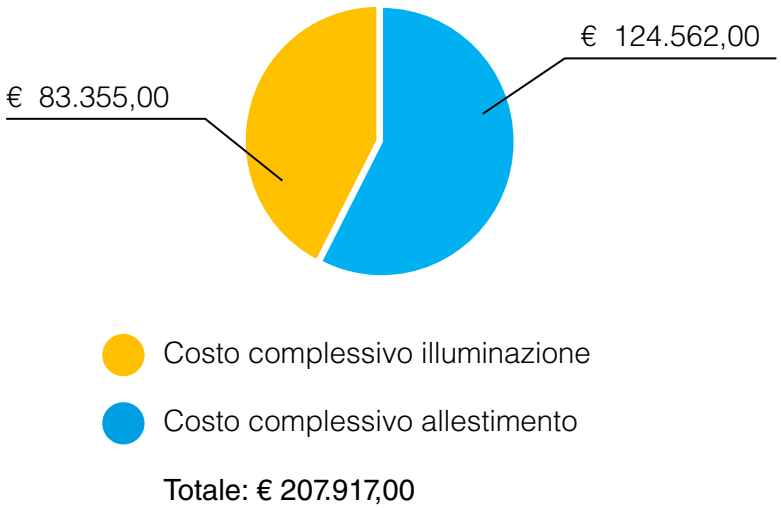


9.9. Costi illuminazione e allestimento

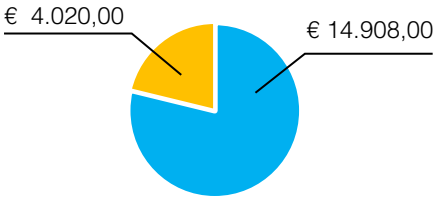
Tutte le soluzioni d'illuminazione e di allestimento utilizzate fanno riferimento ai cataloghi dei singoli produttori, consultabili in bibliografia.

I prezzi si riferiscono ai listini dei produttori, mentre per i mobili progettati su misura è stata richiesta una stima all'azienda torinese *Izmade*[18], considerando nel costo (invluso di IVA) manodopera e materiale.
Si propone una lista dei costi degli arredi e degli apparecchi d'illuminazione, suddivisi per ambiente (nel costo totale non sono stati considerati i costi della demolizione e della costruzione delle partizioni interne e i costi dell'impianto d'illuminazione).
Per una lista dettagliata degli arredi (nome, descrizione, costo) si rimanda agli allegati.

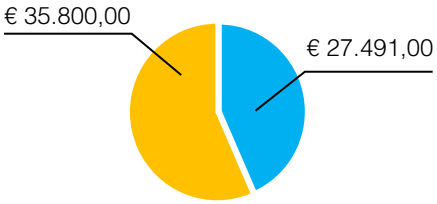
In basso: rappresentazione grafica del costo complessivo dell'intervento.



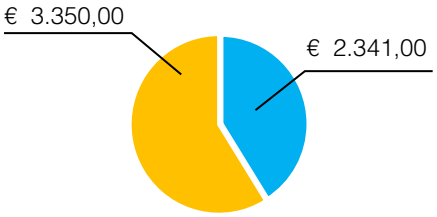
18. Izmade Impresa sociale SRL,Via Francesco Cigna, 96 int. 17/D, 10155– Torino



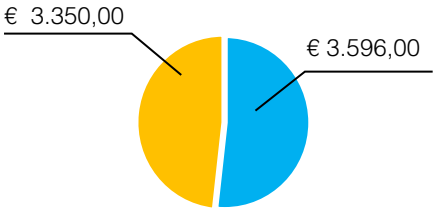
Aula
Costo per aula: € 18.928,00
Costo complessivo (num.4): € 75.712,00



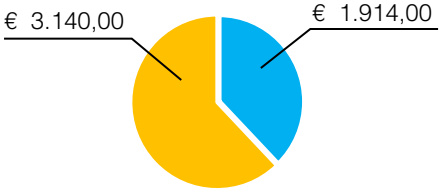
Spazio comune
Costo complessivo: € 63.291,00



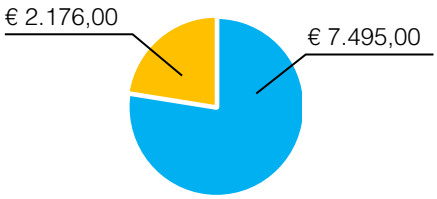
Laboratorio multimediale
Costo per laboratorio: € 5.691,00
Costo complessivo (num.2): € 11.382,00



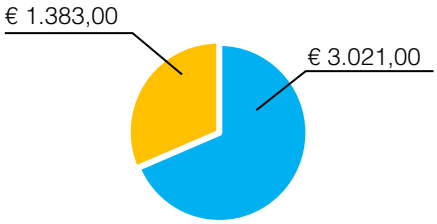
Laboratorio arte e tecnica
Costo per laboratorio: € 6.946,00
Costo complessivo (num.2): € 13.892,00



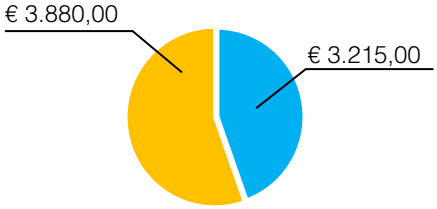
Laboratorio musica
Costo complessivo: € 5.054,00



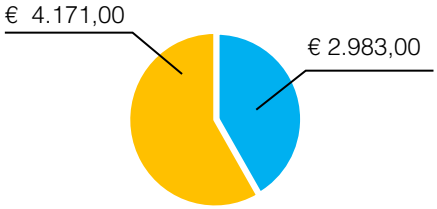
Sala docenti
Costo complessivo: € 9.671,00



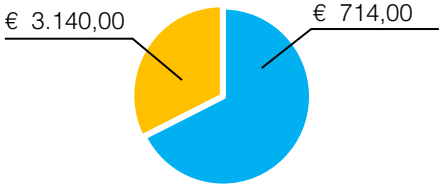
Presidenza
Costo complessivo: € 4.404,00



Segreteria
Costo complessivo: € 7.095,00



Aula studio
Costo complessivo: € 7.154,00



Sala polifunzionale
Costo complessivo: € 10.262,00

9.10. Valutazione LENI

La valutazione del LENI è stata calcolata su base annuale, con l'ausilio di un foglio di calcolo.
La valutazione è stata condotta per singoli ambienti, definiti zone, per cui sono stati considerati i differenti livelli di occupazione, la disponibilità di luce naturale (in rapporto alle dimensioni e all'orientamento dell'ambiente e alla presenza di ostruzioni) e le caratteristiche dell'impianto (potenza istallata e sistema di controllo). L'energia totale annua considera la potenza funzionale, parassita e di emergenza.
Un confronto tra i risultati ottenuti dall'impianto proposto e il sistema d'illuminazione presente ha permesso di quantificare il risparmio di energia elettrica.
La valutazione non considera la presenza dei lucernari, per cui i consumi di energia, specialmente negli spazi comuni, sono sovrastimati.

Si riportano i risultati ottenuti,suddivisi per cluster (tra gli allegati, è presente il foglio di calcolo utilizzato, in cui sono riportati tutti i valori considerati per singolo ambiente, suddivisi per cluster).
Nella valutazione del consumo dell'impianto esistente, non sono stati considerati gli ambienti del Cluster Nord in quanto, come già accennato nel capitolo 8, sono inutilizzati e non accessibili.
Si evidenzia una riduzione del consumo energetico, nonostante nel progetto proposto sono state aggiunte nuove funzioni con orari di occupazione che interessano l'intero arco della giornata.

Piano terra

Consumo energetico annuale vecchio impianto: 2223,18 Kwh LENI 8,78
Consumo energetico annuale nuovo impianto: 1931,72 Kwh LENI 11,26

Riduzione consumo: -13,1%

Cluster Ovest

Consumo energetico annuale vecchio impianto: 6832,92 Kwh LENI 8,78
Consumo energetico annuale nuovo impianto: 3712,14 Kwh LENI 15,49

Riduzione consumo: -45,6%

Cluster Est
Consumo energetico annuale vecchio impianto: 4034,76 Kwh LENI 9,15
Consumo energetico annuale nuovo impianto: 2938,62 Kwh LENI 6,73

Riduzione consumo: -27,1%

Cluster Nord
Consumo energetico annuale nuovo impianto: 2806,12 Kwh LENI 7,44

10 Conclusioni

Questa tesi cerca di delineare un quadro più o meno completo di tutte le istanze che, in stretta correlazione tra loro, contribuiscono alla formazione di un ambiente educativo in grado di rispettare le esigenze didattiche e individuali dell'alunno, principale fruitore di questi ambienti.
La prima fase di ricerca analizza le caratteristiche che hanno determinato la nascita di un nuovo modello scolastico.
L'influenza reciproca tra architettura e pedagogia ha innescato riflessioni sempre più attuali sul ruolo attivo che lo studente svolge durante il processo di apprendimento.
La sola trasmissione dei saperi non è sufficiente: l'alunno impara attraverso l'interazione, la scoperta individuale, la sperimentazione.
Lo spazio asseconda le sue esigenze e contribuisce a migliore l'esperienza didattica. L'evoluzione del modello scolastico non si riferisce infatti soltanto all'ambiente della classe, per molto tempo considerato unico "spazio del sapere", ma a tutti gli ambienti che compongono la scuola. Differenziare gli spazi significa estendere l'apprendimento in ambienti correlati tra loro, favorendo la diversificazione delle attività e creando un paesaggio didattico, sicuramente stimolante agli occhi del bambino (e non solo). Tra gli elementi d'innovazione, l'utilizzo delle ICT costituisce un valido supporto all'apprendimento, diventando un fattore da considerare nella progettazione dei nuovi spazi, pur non costituendo l'unico fattore di cambiamento.
Parallelamente alle riflessioni sulla didattica, l'idea che la scuola debba essere parte integrante della vita della comunità rappresenta un fattore in più che spinge alla rivalorizzazione di questi ambienti, con la finalità di rendere la scuola uno spazio policentrico aperto a tutti.
Il confronto con iniziative e interventi sia in ambito nazionale che internazionale si è dimostrato un valido supporto per comprendere quali strategie sono state utilizzate e analizzarne gli esiti.
La seconda fase di ricerca parte dalle conoscenze acquisite per comprendere come l'illuminazione influisce sui processi di apprendimento, e su quali strategie adottare per migliorare l'esperienza didattica.
Sicuramente, il confort visivo rappresenta uno dei fattori che maggiormente influiscono sulla qualità dell'ambiente indoor e sul benessere dell'utente, ma determinarne una valutazione completa può risultare alquanto complesso.
Recenti studi hanno dimostrato come l'illuminazione naturale sia responsabile dei ritmi biologici dell'uomo: la secrezione e la soppressione della melatonina, sensibile alle radiazioni solari, influisce infatti sullo stato emotivo dell'uomo.
Questa ricerca diventa di fondamentale importanza, in quanto aiuta a comprendere come l'illuminazione possa influire sulle prestazioni degli utenti.

Partendo da questi presupposti, si è cercato di comprendere come l'illuminazione artificiale possa migliorare le prestazioni dell'utente.
L'integrazione d'illuminazione artificiale e naturale rappresenta la migliore soluzione non solo per il raggiungimento di benessere dell'ambient indoor, ma anche in un'ottica di risparmio energetico. L'utilizzo di sistemi di controllo ottimizza infatti l'utilizzo dell'illuminazione artificiale in relazione alla disponibiltà di luce naturale, considerando le caratteristiche degli ambienti e il loro utilizzo.
La proposta progettuale rappresenta il tentativo di rispondere alle tematiche trattate in precedenza, partendo da un complesso scolastico esistente.
L'obiettivo è di creare non soltanto uno ambiente di apprendimento diversificato, ma di resituire alla comunità un nuovo punto di riferimento, attraverso l'inserimento di spazi utlizzabili oltre l'orario scolastico.
La flessibilità e l'adattabilità alle esigenze individuali diventano le caratteristiche principali di questi spazi, che, in stretta correlazione tra loro, restituiscono uno spazio di crescita culturale e sociale.

Bibliografia

Testi

A. CAPANNA, *Edifici per la scuola*, Edilstampa, 2013

A.F. Van BOGAERT, *Prospective dans la construction scolaire*, Louvain, Vander, 1974

B. WEYLAND, S. ATTIA, *Progettare scuole tra pedagogia e architettura*, Milano, Guerini scientifica, 2015

G. BIONDI, S. BORRI, L. TOSI, *Dall'aula all'ambiente di apprendimento*, Firenze, Altralinea edizioni, 2017

G. CAMPAGNOLI, *L'architettura della scuola*, Milano, Francoangeli, 2007

G. PONTI, *La scuola intelligente*, Palermo, Grafill, 2014

K. FISHER, *Linking pedagogy and space*, Melbourne: Department of Education and Training, 2005

M. DUDEK, *Ecoles et jardins d'enfants. Projets et réalisation*, Infolio, 2007

M. FIANCHINI, *Rinnovare le scuole dall'interno*, Santarcangelo di Romagna (RN), Maggioli, 2017

M. SOLE, M. CRESPI, *Edilizia scolastica*, Roma, DEI, 2014

P. WOOLNER, *School design together*, Abingdon, Routledge, 2015

R. IOVINO, F. FASCIA, G.P. LIGNOLA, *Edilizia scolastica*, Palermo, Dario Flaccovio editore, 2014

S. BORRI, *Spazi educativi e architetture scolastiche: linee e indirizzi internazionali*, Firenze, Indire, 2016

Pubblicazioni

C. AGHEMO, A. PELLEGRINO, S. CAMMARANO, *Sistemi di gestione e controllo della luce naturale e artificale,* [on-line] http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/condizionamento/rse11.pdf [consultato il 25/10/2017]

C. BARKAMANN, N. WESSOLOWSKI, M. MARKWORT, *Applicability and efficacy of variable light in schools,* [on-line] https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031938411004690 [consultato il 29/09/2017]

M. BODART, B. PIDERIT, *Design strategies applied to classroom's daylight design optimization of classrooms design*, Conferenza Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture. Lima, 7-9 Novembre 2012 [on-line] [consultato il 02/06/2017]

C. BUCHHOLZ, A. PRASAD, *Active Light in ufficio*, [on-line] https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/IT/Active_Light_office.pdf [consultato il 26/05/2017]

C. COSTANZO, G. EVOLA, L. MARLATTA, *A review of daylighting strategies in schools: state of the art and expected future trends*, [on-line] http://centaur.reading.ac.uk/70358/ [consultato il 05/10/2017]

C. PIERSON, M. BODART, C. CAUWERTS, J. WIENOLD, D*iscomfort glare from daylighting: study of factors influencing discomfort glare perception and validation of a universal discomfort glare index*, [on-line] https://dial.uclouvain.be/pr/boreal/en/object/boreal%3A184657 [consultato il 30/09/2017]

D. IATAURO, P. SIGNORETTI, L. TERRINONI, M. ZINZI, *Artificial lighting energy consumption in buildings: a comparison between EN 15193 and an alternative method based on the Dresler diagrams*, [on-line] https://www.researchgate.net/publication/280096160_Artificial_lighting_energy_consumption_in_buildings_a_comparison_between_EN_15193_and_an_alternative_method_based_on_the_Dresler_diagrams [consultato il 25/05/2017]

E. DEAMBROGIO, S. ALLEGRETTI, P. TURI, F. ZUCCARELLO, P. LARICCIA, C. AGHEMO, A. PELLEGRINO, *Increase sustainability in buildings through Public Procurements: the PROLITE project for lighting retrofit in schools*, [on-line] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217302242 [consultato il 04/05/2017]

F. VAN DIJKEN, J. E. M. H. VAN BRONSWIJK & J. SUNDELL, *Indoor environment and pupils' health in primary schools* in «Building Research & Information», numero 34, pagine 437-446. [on-line] http://dx.doi.org/10.1080/09613210600735851 pdf [consultato il 19/05/2017].

G. CANNELLA, *L'ecosistema educativo a scuola*, [on-line] http://www.indire.it/2006/11/29/lecosistema-educativo-a-scuola/ [consultato il 28/08/2017]

G. LEEMANS, *Contròle de la qualité des bàtiments scolaires dans la communauté flamande de Belgique* [on-line] http://www.oecd-ilibrary.org/education/controle-de-la-qualite-des-batiments-scolaires-dans-la-communaute-flamande-de-belgique_220438160548?crawler=true [consultato il 11/09/2017]

H. MRABET, A. MOUSSA, *Smart classroom environment Via IoT in Basic and Secondary education*, [on-line] http://scholarpublishing.org/index.php/TMLAI/article/view/3191 [consultato il 10/10/2017]

L. BELLIA, F. CANTALUPO, *Procedura di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche dei sistemi di illuminazione: LENI*, [on-line] http://www.legislazionetecnica.it/982708/prd/approfondimento/leni [consultato il 02/06/2017].

L. BELLIA, F. CANTALUPO, *Strategie di risparmio energetico con l'illuminazione ai sensi della UNI EN 15193: potenzialità e limiti della norm*a, [on-line] http://www.legislazionetecnica.it/880129/prd/approfondimento/strategie-risparmio-energetico-lilluminazione-ai-sensi-della-uni-en-15193 [consultato il 01/06/2017]

L. BELLIA, G. SPADA, A. PEDACE, F. FRAGLIASSO, *Methods to evaluate ligting quality in educational environments*, [on-line] http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215025023 [consultato il 27/09/2017]

M. BARBALUCE, F. GUGLIERMETTI, F. LUCCHESE, F. BISEGNA, *Studio per la valutazione degli effetti della luce sugli esseri umani*, [on-line] http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/illuminazione-pubblica/2011/273-rds-pdf [consultato il 09/10/2017]

M. DEROUET-BESSON, *Vivre ensemble dans les bâtiments scolaires: un défi permanent in* «Diversité», numero 150, Settembre 2007, pagine 127- 131. [on-line] http://www.revuesplurielles.org/_uploads/pdf/82/150/92221_15022_18918_150_vivre_ensemble_dans_des_batiments_scolaires_un_defi_permanent.pdf [consultato il 03/06/2017]

M. MAZALTO, L. PALTRINIERI, *Introduction: espaces scolaires et projets éducatifs*, [on-line] https://ries.revues.org/3592 [consultato il 23/08/2017]

M. TIAN, Y. SU, *An Improvement to Calculation of Lighting Energy Requirement in the European Standard EN 15193:2007*, [on-line] http://solarlits.com/jd/1-16.html [consultato il 22/05/2017]
M. ZINZI, A. MANGIONE, *The daylighting contribution in the electric lighting energy uses: EN standard and alternative method comparison*, [on-line] http://www.sciencedi-

rect.com/science/article/pii/S1876610215020743 [consultato il 22/05/2017]

R. GAGLIARDI, A. GAETANO, D. SACCHI, *Lo "spazio d'azione", uno strumento per insegnare-Rivoluzionare lo "spazio-aulascuola"per una didattica attiva*, [on-line] http://docplayer.it/41569559-Lo-spazio-d-azione-uno-strumento-per-insegnare-rivoluzionare-lo-spazio-aulascuola-per-una-didattica-attiva.html [consultato il 27/08/2017]

T. HEBERT, E. DUGAS, *Quels espaces scolaires pour le bien être relationnel? Enquête sur le ressenti des collégiens français, in «Education et socialisation»*, numero 43, Febbraio 2017, [on-line] https://edso.revues.org/1904 [consultato il 14/06/2017]

V. COSTANZO, G. EVOLA, L. MARLATTA, *A review of daylighting strategies in schools: state of the art and expected future trend*s, [on-line] http://centaur.reading.ac.uk/70358/ [consultato il 01/10/2017]

V. GRION, C. DEVECCHI, S. COLINET,"*Not only accademically oriented, but friendly and supportive": a research on students'perspectives of school quality in three European countrie*s, [on-line] http://ojs.pensamultimedia.it/index.php/siref/article/view/1627/1578 [consultato il 04/09/2017]

Tesi

D. PARADISO, E*difici scolastici: tra Architettura e Pedagogia*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, a.a. 2012, rel. Gabriella Peretti

O. TERRIBILI, C. ZAPPIA, L*a scuola innovativa: edificare il futuro: l'architettura del nuovo rapporto con la società, l'ambiente didattico e la tecnologia*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, a.a. 2017, rel. Guido Callegari

P. COCCONI, *MoleculaR(evel): il Progetto PRO-LITE oltre il risparmio energetico: studio di luce, colore e dell'acustica per il miglioramento della qualità ambientale delle aule scolastiche e una loro applicazione*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, a.a. 2015, rel. Chiara Aghemo

S. FARABI, *Progetto Green School: Valutazione del comfort visivo negli edifici scolastici attraverso un'analisi oggettiva e soggettiva.Il caso studio dell'Istituto Maxwell di Nichelino*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, a.a. 2015, rel. Anna Pellegrino

V. SAVIO, *Progetto Green School, La luce naturale come risorsa per il comfort visivo e l'efficienza energetica. Istituto Maxwell*, Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, a.a. 2014, rel. Anna Pellegrino

Sitografia

CITTA DI TORINO, 2017, *Laboratorio città sostenibile*, [on-line] http://www.comune.torino.it/iter/servizi/laboratorio_citta_sostenibile/azioni.shtml [consultato il 26/08/2017]

FUTURE CLASSROOM LAB, *Learning zones*, [on-line] http://fcl.eun.org/it/learning-zones [consultato il 10/09/2017]

ICRACCONIGI, *Plesso Secondaria Drovetti- Indirizzo musicale*, [on-line] http://www.icracconigi.gov.it/scuola/plessi/secondaria-drovetti.html

INDIRE, 2017, *Architetture scolastiche*, [on-line] http://www.indire.it/progetto/architetture-scolastiche/ [consultato il 14/06/2017]

OECD, 2017, *Join CELE LEEP and share good practice in effective learning environments* [on-line] http://www.oecd.org/edu/innovation-education/centreforeffectivelearningenvironmentscele/.htm [consultato il 14/06/2017]

PHILIPS, 2017, *Illuminazione school vision*, [on-line] http://www.lighting.philips.it/sistemi/pacchetti-completi/uffici-e-industria/schoolvision [consultato il 04/06/2017]

QUANDO LO SPAZIO INSEGNA, *Senza pareti senza classi*, [on-line] http://www.indire.it/quandolospazioinsegna/scuole/vittra/ [consultato il 13/09/2017]

Cataloghi

AMABILIA, [on-line] https://www.amabiliastore.it/palchi-e-pedane-modulari

ARTEMIDE, [on-line] https://www.artemide.com/en/subfamily/3360446/demetra-micro-table

AVALON, brochure poltrone sacco, [on-line] http://www.avalonitalia.com/prodotti/poltrone-sacco.html

CRG LINE, [on-line] http://negozio.crgline.com/en/palco/179214-spider-scala-per-palco-modulare-ragno-1-step-60cm.html

DIMENSIONECOMUNITÀ, [on-line] http://www.dimensionecomunita.it/

DIRECTMOBEL, http://www.directmobel.com/it/mobili-48-cm-altezza/43-cassellario-4-caselle-48-cm.html

EMMECI, brochure sala docenti, [on-line] http://www.emmeci-arredamenti.it/

ESFELLER, brochure [on-line] http://www.estfeller-pareti.it/Prodotti/pareti_scorrevoli_insonorizzate

EUROSTEEL SRL, Eurosteel 2015, [on-line] http://www.eurosteelsrl.com/ita/catalogo/

FAGERHULT, Light + Buildings 2018, [on-line] https://www.fagerhult.com/globalassets/global/downloads/brochures/com/innovations_lb_2018.pdf

GEAR4MUSIC, [on-line] https://www.gear4music.it/it/PA-DJ-e-illuminazione/Leggio-Grande-Gear4music/1D6Q

GONZARREDI, brochure [on-line] https://www.gonzagarredi.com

IKEA, brochure 2018, [on-line] https://m.ikea.com/it/it/pages/news/catalogo-2018/

LESARA, [on-line] https://www.lesara.it/attaccapanni-da-porta-con-10-ganci-155577.html

MAISON DU MONDE, Collezione casa 2018, [on-line] https://www.maisonsdumonde.com/IT/it/meubles-decoration.htm

MDF, [on-line] https://www.mdfitalia.com/it/prodotti/sedie/achille-armchair

NOVOFERM, Brochure, [on-line] https://www.novoferm.it/download/brochure/

PIL, [on-line] https://www.performanceinlighting.com/it/it/indoor/illuminazione-per-l-ufficio/piantane

PRISMARREDO, [on-line] https://www.prismarredo.it/10008-scrivania-sagomata-due-tre-o-pi-postazioni.html

PROMAL, brochure [on-line] http://www.promal.com/

PUNTOEXE, Arredi classe 3.0 Loom, [on-line] http://vobis.scartalascuola.it/epages/80557.sf/it_IT/?ObjectPath=/Shops/80557/Products/SPCC01
REGGIANI, brochure, [on-line] http://www.reggiani.net/supporto/?term=Cataloghi+e+-brochure

SIAD, Arredi classe 3.0 [on-line] http://catalogo.siadsrl.net/arredi-classe-30/31-78-tavolo-rettangolare-ribaltabile-su-ruote.html

TRILUX, Luce per ufficio, [on-line] https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/Brochures/Application/Office/2016/TRILUX_Office-Broschure_15_69-it.pdf

VOBIS, brochure Spicchio, [on-line] https://vobis.scartalascuola.it/WebRoot/StoreIT7/Shops/80557/MediaGallery/Download/Sistema-arredo-3.0.pdf

ZUMTOBEL, brochure [on-line] https://www.zumtobel.com/com-en/products.html

Legislazione e norme tecniche

UNI 10840:2007, Luce e illuminazione- locali scolastici. Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale.

UNI EN 12464-1:2011, Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni.

UNI EN 15193:2017, Requisiti energetici per l'illuminazione.

D.M. 18/12/1975, Norme tecniche aggiornate relative all' edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica.

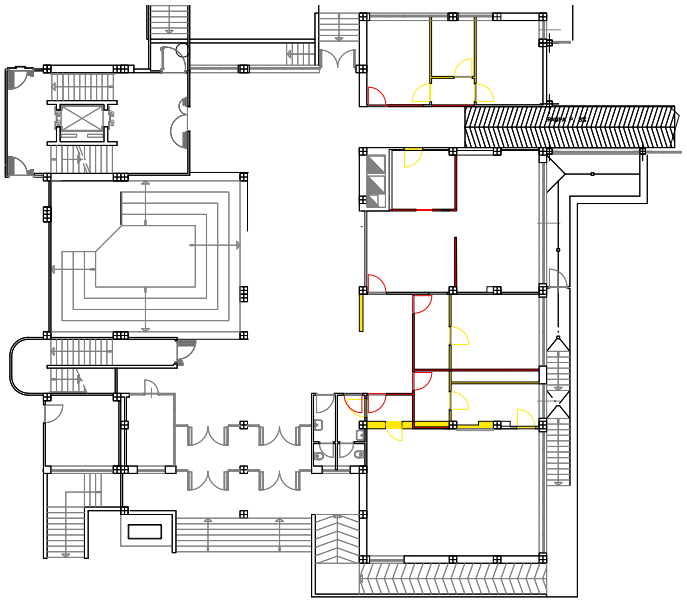
DECRETO INTERMINISTERIALE 11 APRILE 2013, Norme tecniche-quadro.

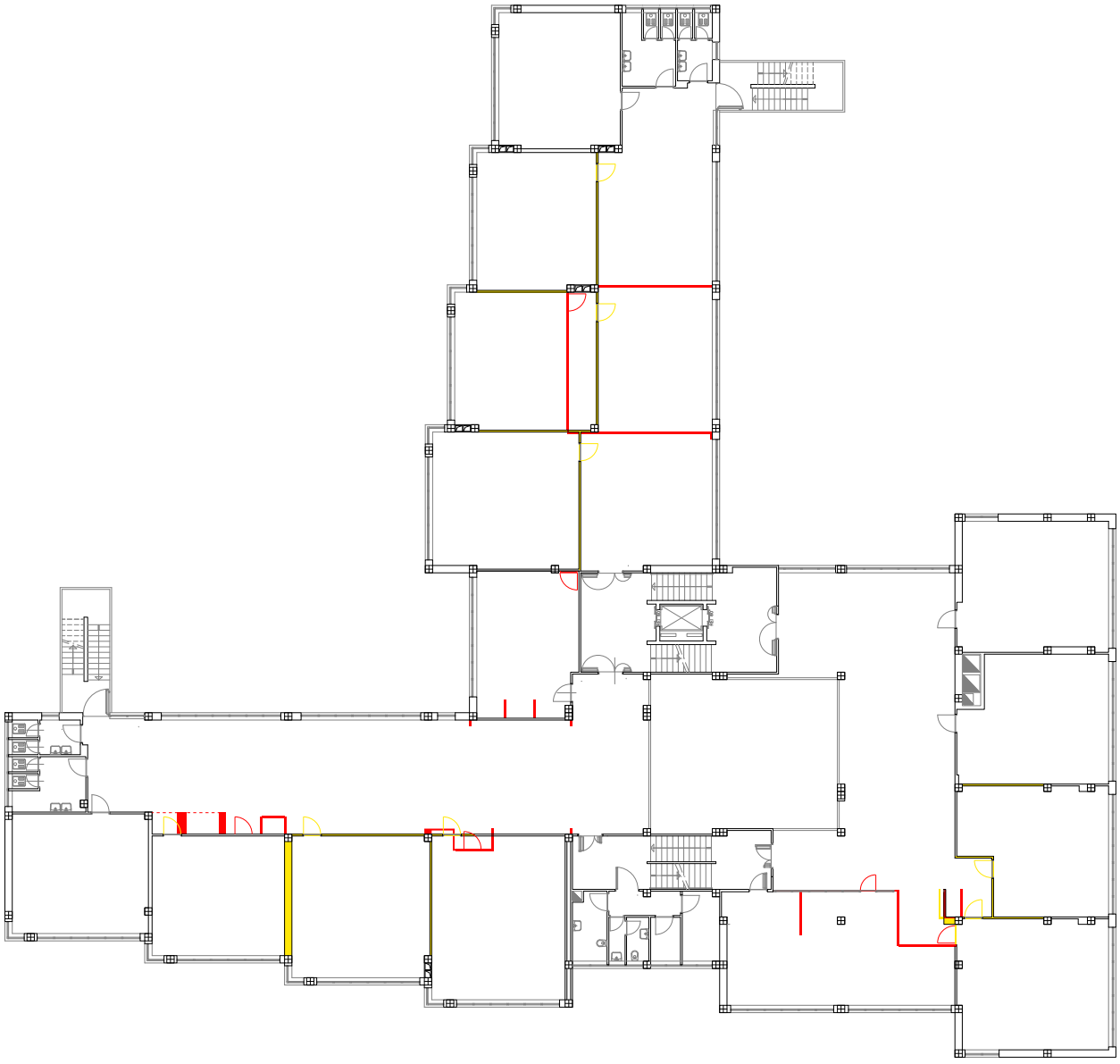
Allegati

Allegato 1: Piante demolizioni- costruzioni

Costruzioni

Demolizioni





Allegato 2: Valutazione LENI

PIANO TERRA- PROGETTO

Denominazione	Istituto Drovetti
Località	Torino
Latitudine	45
Clima (Hdir/Hglob)	0,43
Destinazione d'uso	Edifici scolastici
Orario utilizzo	○ Default / ● Specifico

Pausa week end	
● SI	○ NO

NOTE

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	67	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 2	20	7	19	Stanza del personale	300
Zona 3	27	7	15	Stanza del personale	500
Zona 4	34	7	15	Stanza del personale	500
Zona 5	20	7	15	Stanza del personale	300
Zona 6	10	7	15	Stanza del personale	300
Zona 7	42	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto						Sistema
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc	LU
Zona 1	279	2,79		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 2	120	1,2		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 3	121	1,2		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 4	112	1,1		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 5	56	0,56		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 6	60	0,6		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 7	198	1,98		○ SI ● NO	0,8		Dir
Zona 8				● SI ○ NO			Ma
Zona 9				● SI ○ NO			Ma
Zona 10				● SI ○ NO			Ma

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Sala polifunzionale
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Deposito
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Presidenza
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Segreteria (uffici)
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Segreteria (area pubblica)
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Archivio
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Laboratorio musica
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

a di controllo luce artificiale	
UCE NATURALE	OCCUPAZIONE
mming /con accensione / con consumo di stanc	Auto ON/dimmeraggio
mming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/Auto OFF
mming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
mming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
mming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
anuale	Auto ON/Auto OFF
mming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
Area della zona	67,00	20,00	27,00	34,00	20,00	10,00	42,00	
Profondità zona	9,25	6,70	6,70	4,40	4,70	3,37	4,50	
Larghezza zona	6,80	2,90	4,00	7,60	4,36	3,15	9,45	
Altezza architrave	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	
Altezza piano di lavoro	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Altezza ambiente	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
					Finestre verticali su parete 1			
Larghezza parete aperture	6,80	2,90	4,00	7,60	0,00	0,00	9,25	
Larghezza zona aperture	6,50	1,85	3,70	6,50	0,00	0,00	6,00	
Area totale aperture	12,00	2,78	6,80	12,00	0,00	0,00	11,20	
Orientamento	Est	Est	Est	Est			Nord	
A_D	**33,15**	**14,14**	**19,50**	**33,44**	**0,00**	**0,00**	**37,13**	**0,00**
A_{ND}	**33,85**	**5,86**	**7,50**	**0,56**	**20,00**	**10,00**	**4,88**	**0,00**
Ostruzione frontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ostruzione orizzontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ostruzione laterale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Atrio/Corte interna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Facciata vetrata doppia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
$I_{Tr,j}$	0,36	0,20	0,35	0,36	0,00	0,00	0,30	0,00
$I_{RD,j}$	2,50	2,50	2,50	2,26	2,41	1,73	2,31	#DIV/0!
$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
D_{CA}	**7,97**	**4,66**	**7,70**	**8,24**	**0,00**	**0,00**	**7,03**	**0,00**
attore di trasmissione norm.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Fattore di correzione	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Fattore di correzione	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
Fattore di correzione	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
D	**3,90**	**2,28**	**3,77**	**4,03**	**0,00**	**0,00**	**3,44**	**0,00**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona 9	Zona 10
					FA				
0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,25	0,25
					FOC				
0,95	0,9	0,95	0,95	0,95	0,9	0,95	1	1	1
					FO				
0,85	0,7	0,75	0,75	0,75	0,7	0,85	0,8	0,95	0,95

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona 9	Zona 10
$t_{rel,D,SNA}$	0,81	0,81	0,81	0,81	0,00	0,00	1,00			
$F_{DS,SNA}$	79,75	74,60	74,50	74,50	0,00	0,00	73,00			
$t_{rel,d,SA}$	0,19	0,19	0,19	0,19	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00
$F_{DS,SA}$	0,30	0,20	0,30	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
					FDS					
	0,70	0,64	0,66	0,66	0,00	0,00	0,73	0,00	0,00	0,00
					FDC					
	0,73	0,77	0,83	0,83	0	0	0,8	0	0	0
					FD					
	0,49	0,51	0,45	0,45	1,00	1,00	0,42	1,00	1,00	1,00

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona 9	Zona 10
t_d	2848	2848	2047	2047	2047	2047	2848	-1709	-1709	-1709
t_n	280	280	39	39	39	39	280	1709	1709	1709
t_s	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760			
t_e										
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F_O	0,85	0,70	0,75	0,75	0,75	0,70	0,85	0,80	0,95	0,95
F_D	0,49	0,51	0,45	0,45	1,00	1,00	0,42	1,00	1,00	1,00
$W_{L,n}$	570,42	179,16	115,74	82,50	87,60	87,60	279,07	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
$W_{P,n}$	24,44	10,51	10,51	9,64	4,91	5,26	17,34	0,00	0,00	0,00
LENI sub	**8,88**	**9,48**	**4,68**	**2,71**	**4,63**	**9,29**	**7,06**	**#DIV/0!**	**#DIV/0!**	**#DIV/0!**

CLUSTER OVEST- PROGETTO

Denominazione	Istituto Drovetti	NOTE
Località	Torino	
Latitudine	45	
Clima (Hdir/Hglob)	0,43	
Destinazione d'uso	Edifici scolastici	
Orario utilizzo	○ Default	**Pausa week end**
	● Specifico	● SI ○ NO

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	64	7	19	Classe	500
Zona 2	54	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 3	48	7	19	Classe	500
Zona 4	47	7	19	Classe	300
Zona 5	168	7	19	Corridoio (dimmerato)	300
Zona 6	42	7	19	Stanza comune junior	500
Zona 7				Stanza comune junior	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto					Siste
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc
Zona 1	324	3,24		○ SI ● NO	0,8	
Zona 2	272	2,72		○ SI ● NO	0,8	
Zona 3	324	3,24		○ SI ● NO	0,8	
Zona 4	165	1,65		○ SI ● NO	0,8	
Zona 5	770	7,7		○ SI ● NO	0,8	
Zona 6	102	1,02		○ SI ● NO	0,8	
Zona 7				● SI ○ NO		
Zona 8				● SI ○ NO		
Zona 9				● SI ○ NO		
Zona 10				● SI ○ NO		

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Aula (anche per corsi serali)
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune a disposizione della classe
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Aula (anche per corsi serali)
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Laboratorio multimediale
Verticali e lucernai	Nessuna protezione	Spazio comune
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Aula studio
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

ema di controllo luce artificiale	
LUCE NATURALE	OCCUPAZIONE
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
Area della zona		64,00	54,00	48,00	47,00	186,00	42,00		
Profondità zona		8,20	7,55	6,50	6,50	5,90	5,55		
Larghezza zona		7,40	7,40	7,40	7,40	30,50	8,00		
Altezza architrave		2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75		
Altezza piano di lavoro		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Altezza ambiente		3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20		
							Finestre verticali su parete		
Larghezza parete aperture		7,25	7,40	7,40	7,40	19,40	7,60		
Larghezza zona aperture		6,40	6,40	6,40	7,40	16,80	6,50		
Area totale aperture		11,90	11,90	11,90	11,90	31,00	12,00		
Orientamento		Sud	Sud	Sud	Sud	Nord	Ovest		
	A_D	**35,34**	**36,08**	**36,08**	**36,08**	**114,46**	**42,18**	**0,00**	**0,00**
	A_{ND}	**28,66**	**17,93**	**11,93**	**10,93**	**71,54**	**-0,18**	**0,00**	**0,00**
Ostruzione frontale		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione orizzontale		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione laterale		0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	69,00		
Atrio/Corte interna		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Facciata vetrata doppia		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	$I_{Tr,j}$	0,34	0,33	0,33	0,33	0,27	0,28	0,00	0,00
	$I_{RD,j}$	2,50	2,50	2,50	2,50	3,03	2,85	#DIV/0!	#DIV/0!
	$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,77	1,00	1,00
	D_{CA}	**7,46**	**7,33**	**7,33**	**7,33**	**4,25**	**4,58**	**0,00**	**0,00**
attore di trasmissione norm.		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Fattore di correzione		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		
	D	**3,65**	**3,59**	**3,59**	**3,59**	**2,08**	**2,24**	**0,00**	**0,00**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
					FA		
0,25	0,3	0,25	0,25	0,6	0,5	0,5	0,4
					FOC		
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		
					FO		
0,9	0,85	0,9	0,9	0,55	0,65	0,7	0,8

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	
$t_{rel,D,SNA}$	0,64	0,64	0,64	0,64	1,00	0,81	
$F_{DS,SNA}$	83,40	83,40	83,40	83,40	68,80	67,10	
$t_{rel,d,SA}$	0,36	0,36	0,36	0,36	0,00	0,19	1,00
$F_{DS,SA}$	0,30	0,80	0,30	0,30	0,75	0,20	0,00
						FDS	
	0,64	0,82	0,64	0,64	0,69	0,58	0,00
						FDC	
	0,83	0,8	0,83	0,8	0,77	0,8	
						FD	
	0,47	0,34	0,47	0,49	0,47	0,53	1,00

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	5
t_d	2848	2848	2848	2848	2848	2848	-1709	-17
t_n	280	280	280	280	280	280	1709	17
t_s	8760	8760	8760	8760	8760	8760		
t_e								
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,
F_O	0,90	0,85	0,90	0,90	0,55	0,65	0,70	0,
F_D	0,47	0,34	0,47	0,49	0,47	0,53	1,00	1,
$W_{L,n}$	667,96	434,09	579,77	297,90	1018,80	119,19		
$W_{P,n}$	28,38	23,83	28,38	14,45	67,45	8,94	0,00	0,
LENI sub	**10,88**	**8,48**	**12,67**	**6,65**	**6,47**	**3,05**		

CLUSTER EST- PROGETTO

Denominazione	Istituto Drovetti
Località	Torino
Latitudine	45
Clima (Hdir/Hglob)	0,43
Destinazione d'uso	Edifici scolastici
Orario utilizzo	○ Default / ● Specifico
Pausa week end	● SI ○ NO

NOTE

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	57	7	15	Sala docenti	500
Zona 2	9,5	7	15	Sala docenti	300
Zona 3	58	7	15	Classe	300
Zona 4	54	7	15	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 5	54	7	15	Classe	300
Zona 6	57	7	15	Classe	300
Zona 7	147	7	15	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto					Siste
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc
Zona 1	406	4,06		○ SI ● NO	0,8	
Zona 2	58	0,58		○ SI ● NO	0,8	
Zona 3	165	1,65		○ SI ● NO	0,8	
Zona 4	272	2,72		○ SI ● NO	0,8	
Zona 5	165	1,65		○ SI ● NO	0,8	
Zona 6	165	1,65		○ SI ● NO	0,8	
Zona 7	718	7,18		● SI ○ NO	0,98	
Zona 8				● SI ○ NO		
Zona 9				● SI ○ NO		
Zona 10				● SI ○ NO		

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Sala docenti
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Sala colloqui
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Aula
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune a disposizione della classe
Verticali e lucernai	Solo protezione abbagliamento/manule	Aula
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Laboratorio multimediale
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

ema di controllo luce artificiale	
LUCE NATURALE	OCCUPAZIONE
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zo
Area della zona	57,00	9,50	58,00	54,00	54,00	57,00	147,00		
Profondità zona	4,70	2,35	8,00	8,00	8,20	8,20	17,00		
Larghezza zona	12,40	4,20	7,00	6,80	7,00	7,10	8,20		
Altezza architrave	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75		
Altezza piano di lavoro	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Altezza ambiente	2,90	2,90	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20		
				Finestre verticali su parete 1					
Larghezza parete aperture	12,40	0,00	7,00	6,80	7,00	7,10	9,60		
Larghezza zona aperture	11,20	0,00	6,50	6,50	6,50	6,50	8,70		
Area totale aperture	24,00	0,00	12,00	11,90	11,90	11,90	16,00		
Orientamento	Sud		Est	Est	Est	Est	Nord		
A_D	**58,28**	**0,00**	**34,13**	**33,15**	**34,13**	**34,61**	**46,80**	**0,00**	**0**
A_{ND}	**-1,28**	**9,50**	**23,88**	**20,85**	**19,88**	**22,39**	**100,20**	**0,00**	**0**
Ostruzione frontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione orizzontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione laterale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00		
Atrio/Corte interna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Facciata vetrata doppia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
$I_{Tr,j}$	0,41	0,00	0,35	0,36	0,35	0,34	0,34	0,00	0
$I_{RD,j}$	2,41	1,21	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	#DIV/0!	#D
$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	1
D_{CA}	**9,09**	**0,00**	**7,76**	**7,91**	**7,70**	**7,61**	**6,13**	**0,00**	**0**
attore di trasmissione norm.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Fattore di correzione	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		
D	**4,45**	**0,00**	**3,80**	**3,87**	**3,77**	**3,72**	**3,00**	**0,00**	**0**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona
				FA				
0,4	0,4	0,25	0,3	0,25	0,25	0,3	0,4	0,25
				FOC				
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	1	1
				FO				
0,75	0,75	0,9	0,85	0,9	0,9	0,85	0,8	0,95

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
$t_{rel,D,SNA}$	0,64	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	1,00	
$F_{DS,SNA}$	86,10	0,00	79,75	79,75	79,75	79,75	73,00	
$t_{rel,d,SA}$	0,36	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	1,00
$F_{DS,SA}$	0,30	0,00	0,30	0,80	0,30	0,30	0,80	0,00
					FDS			
	0,66	0,00	0,70	0,80	0,70	0,70	0,73	0,00
					FDC			
	0,83	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0
					FD			
	0,45	1,00	0,44	0,36	0,44	0,44	0,42	1,00

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
t_d	2047	2047	2047	2047	2047	2047	2047	-1709
t_n	39	39	39	39	39	39	39	1709
t_s	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760	
t_e								
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F_O	0,75	0,75	0,90	0,85	0,90	0,90	0,85	0,80
F_D	0,45	1,00	0,44	0,36	0,44	0,44	0,42	1,00
$W_{L,n}$	286,50	90,73	209,15	296,75	201,70	205,92	1040,64	#DIV/0
$W_{P,n}$	35,57	5,08	14,45	23,83	14,45	14,45	62,90	0,00
LENI sub	**5,65**	**10,09**	**3,86**	**5,94**	**4,00**	**3,87**	**7,51**	

CLUSTER NORD- PROGETTO

Denominazione	Istituto Drovetti	NOTE
Località	Torino	
Latitudine	45	
Clima (Hdir/Hglob)	0,43	
Destinazione d'uso	Edifici scolastici	
Orario utilizzo	○ Default	**Pausa week end**
	● Specifico	● SI ○ NO

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	47	7	19	Classe	500
Zona 2	61	7	19	Classe	500
Zona 3	136	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 4	57	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 5	76	7	19	Stanza per attività di gruppo	300
Zona 6				Classe	300
Zona 7				Stanza per attività di gruppo	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto					Siste
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc
Zona 1	241	2,41		○ SI ● NO	0,8	
Zona 2	241	2,41		○ SI ● NO	0,8	
Zona 3	468	4,68		○ SI ● NO	0,8	
Zona 4	182	1,82		○ SI ● NO	0,8	
Zona 5	260	2,6		○ SI ● NO	0,8	
Zona 6				○ SI ● NO	0,8	
Zona 7				● SI ○ NO	0,98	
Zona 8				● SI ○ NO		
Zona 9				● SI ○ NO		
Zona 10				● SI ○ NO		

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Laboratorio tecnica
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Laboratorio arte
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	Spazio comune
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

ma di controllo luce artificiale	
LUCE NATURALE	OCCUPAZIONE
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Dimming /senza accensione / con consumo di sta	Auto ON/dimmeraggio
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Z		
Area della zona	47,00	61,00	136,00	57,00	76,00			
Profondità zona	7,80	6,60	22,70	8,20	8,20			
Larghezza zona	7,90	7,20	6,00	7,40	7,40			
Altezza architrave	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75			
Altezza piano di lavoro	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80			
Altezza ambiente	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20			
					Finestre verticali			
Larghezza parete aperture	7,90	7,20	22,70	8,20	8,20			
Larghezza zona aperture	6,50	6,25	20,30	7,85	7,10			
Area totale aperture	12,00	11,50	37,50	14,50	13,10			
Orientamento	Est	Ovest	Ovest	Est	Est			
A_D	**38,51**	**35,10**	**110,66**	**39,98**	**39,98**		**0,00**	**0,00**
A_{ND}	**8,49**	**25,90**	**25,34**	**17,03**	**36,03**		**0,00**	**0,00**
Ostruzione frontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ostruzione orizzontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Ostruzione laterale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Atrio/Corte interna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Facciata vetrata doppia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
$I_{Tr,j}$	0,31	0,33	0,34	0,36	0,33		0,00	0,00
$I_{RD,j}$	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	#		
$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00
D_{CA}	**6,96**	**7,28**	**7,51**	**7,98**	**7,28**		**0,00**	**0,00**
attore di trasmissione norm.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80			
Fattore di correzione	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80			
Fattore di correzione	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90			
Fattore di correzione	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85			
D	**3,41**	**3,57**	**3,68**	**3,91**	**3,57**		**0,00**	**0,00**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5			
				FA			
0,25	0,25	0,3	0,3	0,3		0,25	0,3
				FOC			
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95		0,95	0,95
				FO			
0,9	0,9	0,85	0,85	0,85		0,9	0,85

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5		
$t_{rel,D,SNA}$	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81		
$F_{DS,SNA}$	74,55	74,55	79,75	79,75	79,75		
$t_{rel,d,SA}$	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	1,00	1,0
$F_{DS,SA}$	0,30	0,30	0,80	0,80	0,80	0,00	0,0
					FDS		
	0,66	0,66	0,80	0,80	0,80	0,00	0,0
					FDC		
	0,83	0,83	0,8	0,8	0,8		
					FD		
	0,45	0,45	0,36	0,36	0,36	1,00	1,0

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5		
t_d	2848	2848	2848	2848	2848	-1709	-1
t_n	280	280	280	280	280	1709	17
t_s	8760	8760	8760	8760	8760	8760	87
t_e							
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,
F_O	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85	0,90	0,
F_D	0,45	0,45	0,36	0,36	0,36	1,00	1,
$W_{L,n}$	400,90	483,59	655,95	286,70	480,04		
$W_{P,n}$	21,11	21,11	41,00	15,94	22,78	0,00	0,
LENI sub	**8,98**	**8,27**	**5,12**	**5,31**	**6,62**		

PIANO TERRA- ESISTENTE

Denominazione	Istituto Drovetti
Località	Torino
Latitudine	45
Clima (Hdir/Hglob)	0,43
Destinazione d'uso	Edifici scolastici
Orario utilizzo	○ Default / ● Specifico

Pausa week end: ● SI ○ NO

NOTE

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	63	7	15	Stanza del personale	500
Zona 2	9,4	7	15	Copisteria	300
Zona 3	22	7	15	Stanza del personale	300
Zona 4	65	7	15	Stanza del personale	300
Zona 5	15	7	15	Stanza comune junior	300
Zona 6	7	7	15	Stanza del personale	300
Zona 7	16	7	15	Stanza comune junior	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto						Sistema
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc	LU
Zona 1	497	65		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 2	166	22		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 3	166	22		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 4	497	65		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 5	166	22		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 6	83	11		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 7	166	22		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 8				● SI ○ NO			Ma
Zona 9				● SI ○ NO			Ma
Zona 10				● SI ○ NO			Ma

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Ufficio/deposito
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Area fotocopie
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Deposito
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Deposito
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Spogliatoio
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Infermeria
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	Spogliatoio
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

a di controllo luce artificiale	
UCE NATURALE	OCCUPAZIONE
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
Area della zona	63,00	9,40	22,00	65,00	15,00	6,90	16,00	
Profondità zona	9,30	4,70	4,70	9,30	4,50	3,00	4,50	
Larghezza zona	6,80	2,00	4,70	7,60	3,40	2,30	3,40	
Altezza architrave	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	
Altezza piano di lavoro	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Altezza ambiente	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	
				Finestre verticali su parete 1				
Larghezza parete aperture	6,80	2,00	4,70	7,60	3,40	2,30	3,40	
Larghezza zona aperture	6,50	1,85	3,70	6,50	3,25	1,76	0,90	
Area totale aperture	12,00	3,40	6,80	12,00	6,00	3,20	1,66	
Orientamento	Est	Est	Est	Est	Nord	Nord	Nord	
A_D	**33,15**	**9,40**	**22,09**	**37,05**	**15,30**	**6,90**	**14,18**	**0,00**
A_{ND}	**29,85**	**0,00**	**-0,09**	**27,95**	**-0,30**	**0,00**	**1,83**	**0,00**
Ostruzione frontale								
Ostruzione orizzontale								
Ostruzione laterale					60,00	60,00	60,00	
Atrio/Corte interna								
Facciata vetrata doppia								
$I_{Tr,j}$	0,36	0,36	0,31	0,32	0,39	0,46	0,12	0,00
$I_{RD,j}$	2,50	2,41	2,41	2,50	2,31	1,54	2,31	#DIV/0!
$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00
D_{CA}	**7,97**	**8,09**	**7,01**	**7,21**	**7,07**	**9,05**	**2,67**	**0,00**
tore di trasmissione norm.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Fattore di correzione	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
Fattore di correzione	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
Fattore di correzione	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
D	**3,90**	**3,96**	**3,43**	**3,53**	**3,46**	**4,43**	**1,31**	**0,00**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona 9
				FA				
0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,25
				FOC				
1	1	1	1	1	1	1		
				FO				
0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,95

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zo
$t_{rel,D,SNA}$	0,81	0,81	0,81	0,81	1,00	1,00	1,00		
$F_{DS,SNA}$	74,55	79,75	79,20	79,75	73,00	73,50	62,30		
$t_{rel,d,SA}$	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	0,00	1,00	1
$F_{DS,SA}$	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,10	0,00	0
					FDS				
	0,66	0,70	0,70	0,70	0,73	0,74	0,62	0,00	0
					FDC				
	0,57	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0	
					FD				
	0,62	0,58	0,58	0,58	0,56	0,56	0,69	1,00	1

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555	Zona
t_d	2047	2047	2047	2047	2047	2047	2047	-1709	-170
t_n	39	39	39	39	39	39	39	1709	170
t_s									
t_e									
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0
F_O	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,70	0,80	0,9
F_D	0,62	0,58	0,58	0,58	0,56	0,56	0,69	1,00	1,0
$W_{L,n}$	667,96	162,33	162,59	633,61	136,10	77,47	176,72	#DIV/0!	#DIV/
$W_{P,n}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
LENI sub	**10,60**	**17,27**	**7,39**	**9,75**	**9,07**	**11,07**	**11,04**		

PIANO TERRA- CLUSTER EST

Denominazione	Istituto Drovetti
Località	Torino
Latitudine	45
Clima (Hdir/Hglob)	0,43
Destinazione d'uso	Edifici scolastici
Orario utilizzo	○ Default / ● Specifico

Pausa week end: ● SI ○ NO

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medi
Zona 1	76	14	19	Classe	300
Zona 2	58	14	19	Classe	300
Zona 3	52	14	19	Classe	300
Zona 4	53	14	19	Classe	300
Zona 5	57	14	19	Classe	300
Zona 6	145	14	19	Corridoio (dimmerato)	100
Zona 7				Stanza comune junior	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto					
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc
Zona 1	662	86		○ SI ● NO	0,8	
Zona 2	580	76		○ SI ● NO	0,8	
Zona 3	580	76		○ SI ● NO	0,8	
Zona 4	580	76		○ SI ● NO	0,8	
Zona 5	580	76		○ SI ● NO	0,8	
Zona 6	1076	140		○ SI ● NO	0,8	
Zona 7				● SI ○ NO		
Zona 8				● SI ○ NO		
Zona 9				● SI ○ NO		
Zona 10				● SI ○ NO		

NOTE

io	Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali e lucernai	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
	Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
	Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
	Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

Sistema di controllo luce artificiale	
LUCE NATURALE	OCCUPAZIONE
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale
Manuale	interruttore ON/OFF manuale

		Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
Area della zona		76,00	58,00	52,00	53,00	57,00	145,00		
Profondità zona		6,20	8,00	7,20	8,20	8,00	17,25		
Larghezza zona		12,40	7,10	7,10	7,00	6,80	8,10		
Altezza architrave		2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75		
Altezza piano di lavoro		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Altezza ambiente		3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20		
							Finestre verticali su parete		
Larghezza parete aperture		12,40	7,10	7,20	7,00	6,80	9,60		
Larghezza zona aperture		11,20	6,50	6,50	6,50	6,50	8,70		
Area totale aperture		24,00	12,00	12,00	12,00	12,00	16,00		
Orientamento		Sud	Est	Est	Est	Est	Nord		
	A_D	**60,45**	**34,61**	**35,10**	**34,13**	**33,15**	**46,80**	**0,00**	**0,00**
	A_{ND}	**15,55**	**23,39**	**16,90**	**18,88**	**23,85**	**98,20**	**0,00**	**0,00**
Ostruzione frontale		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione orizzontale		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione laterale		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,00		
Atrio/Corte interna		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Facciata vetrata doppia		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	$I_{Tr,j}$	0,40	0,35	0,34	0,35	0,36	0,34	0,00	0,00
	$I_{RD,j}$	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	#DIV/0!	#DIV/0
	$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,81	1,00	1,00
	D_{CA}	**8,67**	**7,66**	**7,57**	**7,76**	**7,97**	**6,13**	**0,00**	**0,00**
tore di trasmissione norm.		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Fattore di correzione		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		
	D	**4,25**	**3,75**	**3,71**	**3,80**	**3,90**	**3,00**	**0,00**	**0,00**

Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
					FA		
0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,5	0,4
					FOC		
1	1	1	1	1	1		
					FO		
0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,6	0,7	0,8

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
$t_{rel,D,SNA}$	0,64	0,81	0,81	0,81	0,81	1,00		
$F_{DS,SNA}$	84,75	79,75	79,75	79,75	79,75	88,00		
$t_{rel,d,SA}$	0,36	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	1,00	1,(
$F_{DS,SA}$	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,00	0,(
						FDS		
	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,88	0,00	0,(
						FDC		
	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0	(
						FD		
	0,61	0,58	0,58	0,58	0,58	0,47	1,00	1,(

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
t_d	1062	1062	1062	1062	1062	1062	-1709	-170
t_n	241	241	241	241	241	241	1709	170
t_s								
t_e								
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,0(
F_O	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,60	0,70	0,8(
F_D	0,61	0,58	0,58	0,58	0,58	0,47	1,00	1,0(
$W_{L,n}$	612,46	570,94	551,63	559,32	574,69	724,72		
$W_{P,n}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0(
LENI sub	**8,06**	**9,84**	**10,61**	**10,55**	**10,08**	**5,00**		

PIANO TERRA- CLUSTER OVEST

Denominazione	Istituto Drovetti
Località	Torino
Latitudine	45
Clima (Hdir/Hglob)	0,43
Destinazione d'uso	Edifici scolastici
Orario utilizzo	○ Default / ● Specifico
Pausa week end	● SI ○ NO

NOTE

Suddivisione in zone e loro caratteristiche

	Area	Ora inizio	Ora fine	Destinazione d'uso	E medio
Zona 1	64	7	15	Classe	300
Zona 2	54	7	15	Classe	300
Zona 3	48	7	15	Classe	300
Zona 4	47	7	15	Classe	300
Zona 5	186	7	15	Corridoio (dimmerato)	100
Zona 6	42	7	15	Classe	300
Zona 7				Stanza comune junior	300
Zona 8				Biblioteca	500
Zona 9				Classe	100
Zona 10				Classe	500

	Potenza impianto			Sistema			
	Funzionale	Parassita	Emergenza	Illum. Costante	MF	Fcc	LU
Zona 1	828	108		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 2	828	108		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 3	828	108		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 4	828	108		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 5	1325	173		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 6	331	43		○ SI ● NO	0,8		Ma
Zona 7				● SI ○ NO			Ma
Zona 8				● SI ○ NO			Ma
Zona 9				● SI ○ NO			Ma
Zona 10				● SI ○ NO			Ma

Tipologia di aperture	Schermatura solare mobile	NOTE
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali e lucernai	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Solo protezione abbagliamento/manule	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	
Verticali su singola parete	Nessuna protezione	

a di controllo luce artificiale	
UCE NATURALE	OCCUPAZIONE
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale
anuale	interruttore ON/OFF manuale

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
Area della zona	64,00	54,00	48,00	47,00	186,00	42,00		
Profondità zona	8,20	7,55	6,50	6,50	5,90	5,55		
Larghezza zona	7,40	7,40	7,40	7,40	30,50	8,00		
Altezza architrave	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75		
Altezza piano di lavoro	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Altezza ambiente	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20		
						Finestre verticali su parete		
Larghezza parete aperture	7,25	7,40	7,40	7,40	19,40	7,60		
Larghezza zona aperture	6,40	6,40	6,40	7,40	16,80	6,50		
Area totale aperture	11,90	11,90	11,90	11,90	31,00	12,00		
Orientamento	Sud	Sud	Sud	Sud	Nord	Ovest		
A_D	**35,34**	**36,08**	**36,08**	**36,08**	**114,46**	**42,18**	**0,00**	**0,00**
A_{ND}	**28,66**	**17,93**	**11,93**	**10,93**	**71,54**	**-0,18**	**0,00**	**0,00**
Ostruzione frontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione orizzontale	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Ostruzione laterale	0,00	0,00	0,00	0,00	65,00	69,00		
Atrio/Corte interna	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Facciata vetrata doppia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
$I_{Tr,j}$	0,34	0,33	0,33	0,33	0,27	0,28	0,00	0,00
$I_{RD,j}$	2,50	2,50	2,50	2,50	3,03	2,85	#DIV/0!	#DIV/0!
$I_{Sh,j}$	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	0,77	1,00	1,00
D_{CA}	**7,46**	**7,33**	**7,33**	**7,33**	**4,25**	**4,58**	**0,00**	**0,00**
tore di trasmissione norm.	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		
Fattore di correzione	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90		
Fattore di correzione	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85		
D	**3,65**	**3,59**	**3,59**	**3,59**	**2,08**	**2,24**	**0,00**	**0,00**

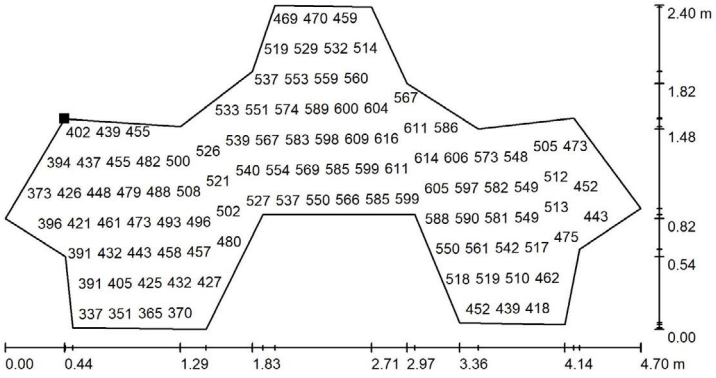
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
					FA		
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,25	0,5	0,4
					FOC		
1	1	1	1	1	1		
					FO		
0,95	0,95	0,95	0,95	0,6	0,95	0,7	0,8

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6		
$t_{rel,D,SNA}$	0,64	0,64	0,64	0,64	1,00	0,81		
$F_{DS,SNA}$	83,40	83,40	83,40	83,40	68,80	67,10		
$t_{rel,d,SA}$	0,36	0,36	0,36	0,36	0,00	0,19	1,00	1,0
$F_{DS,SA}$	0,30	0,80	0,30	0,30	0,75	0,20	0,00	0,0
						FDS		
	0,64	0,82	0,64	0,64	0,69	0,58	0,00	0,0
						FDC		
	0,83	0,8	0,83	0,8	0,77	0,8		
						FD		
	0,47	0,34	0,47	0,49	0,47	0,53	1,00	1,0

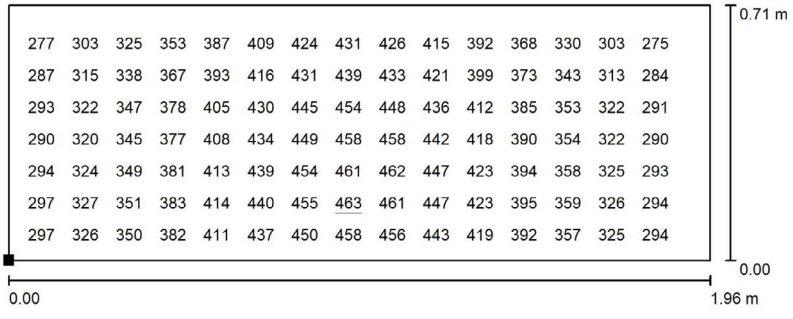
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	555
t_d	2047	2047	2047	2047	2047	2047	-1709	-170
t_n	39	39	39	39	39	39	1709	1709
t_s								
t_e								
F_C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F_O	0,95	0,95	0,95	0,95	0,60	0,95	0,70	0,80
F_D	0,60	0,60	0,60	0,60	0,53	0,65	1,00	1,00
$W_{L,n}$	1281,16	1205,78	1151,43	1141,02	1185,02	427,51		
$W_{P,n}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LENI sub	**20,02**	**22,33**	**23,99**	**24,28**	**6,37**	**10,18**		

Verifica superfici di calcolo sala docenti

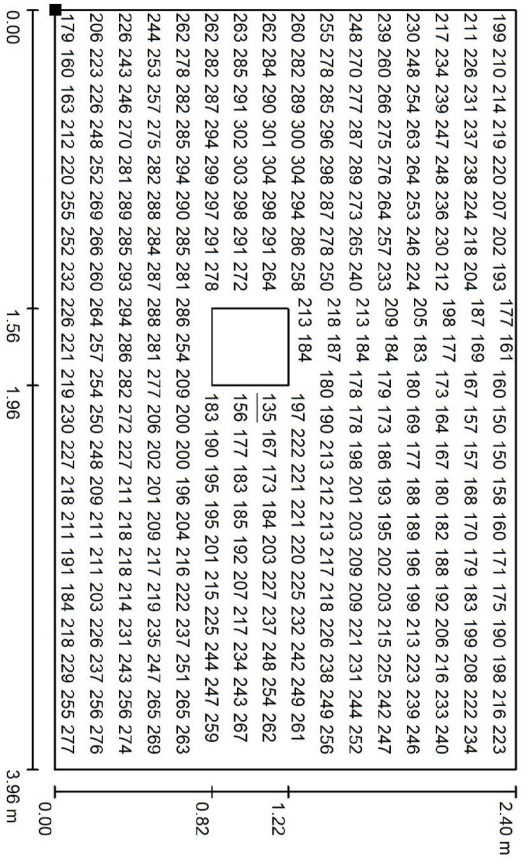
No.	Denominazione	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Sup. orizzontale tavolo	503	326	624	0.648	0.522
2	Sup. orizzontale area fotocopie	369	241	463	0.654	0.521
3	Generale ingresso	232	135	308	0.579	0.437
4	Sup. orizzontale tavolo colloqui	270	232	297	0.860	0.780
5	Sup. verticale armadietti	234	142	445	0.610	0.320



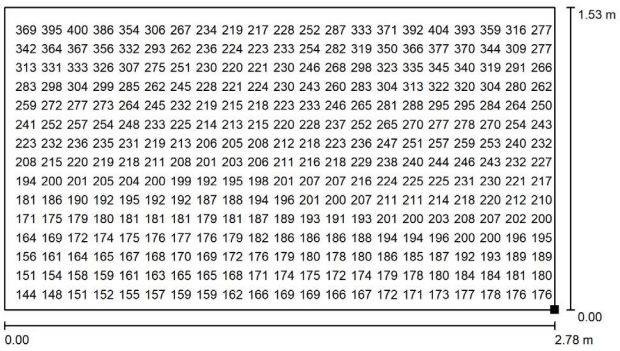
Superficie di calcolo 1- Tavolo principale



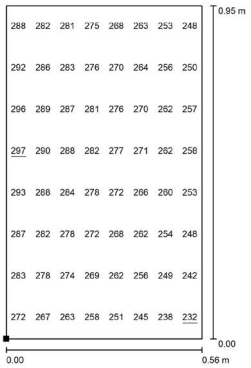
Superficie di calcolo 2- Superficie orizzontale (tavolo) area fotocopie



Superficie di calcolo 3- Generale ingresso

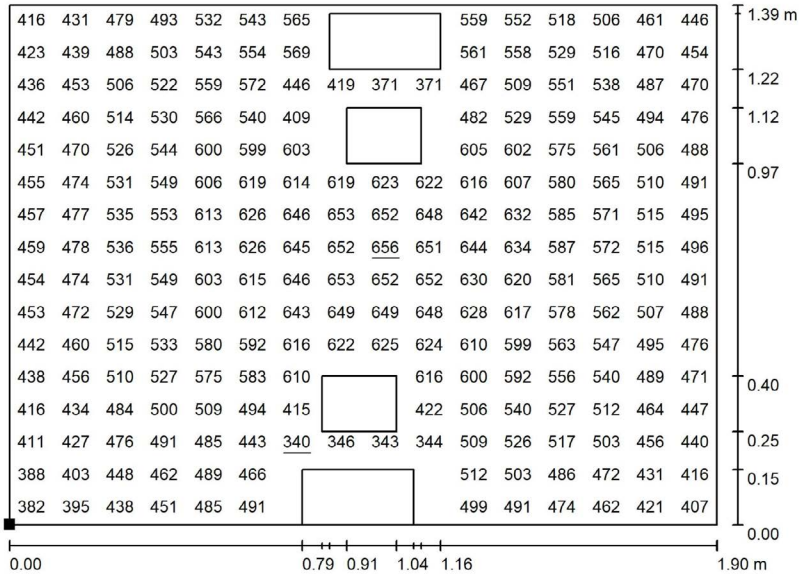


Superficie di calcolo 5- Superficie verticale armadietti

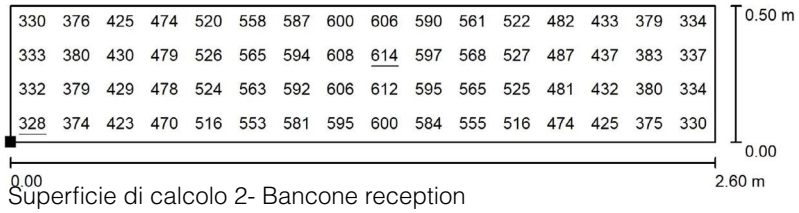


Verifica superfici di calcolo segreteria

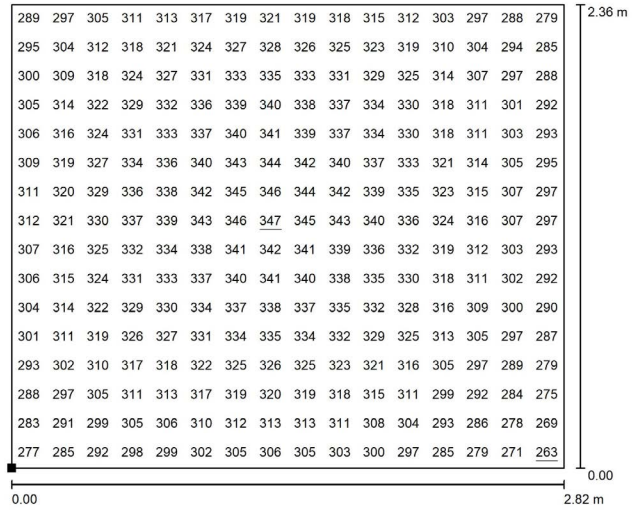
No.	Denominazione	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Piano di lavoro	523	340	656	0.651	0.519
2	Bancone reception	487	328	614	0.674	0.535
3	Generale archivio	317	263	347	0.829	0.756



Superficie di calcolo 1-Piano di lavoro



Superficie di calcolo 2- Bancone reception

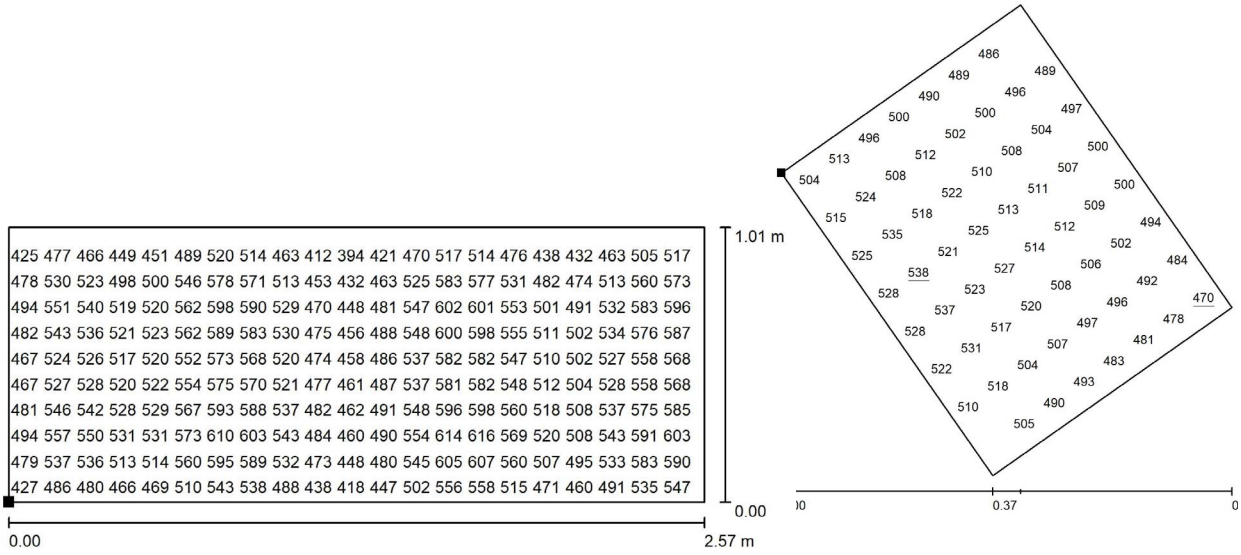


Superficie di calcolo 3- Archivio

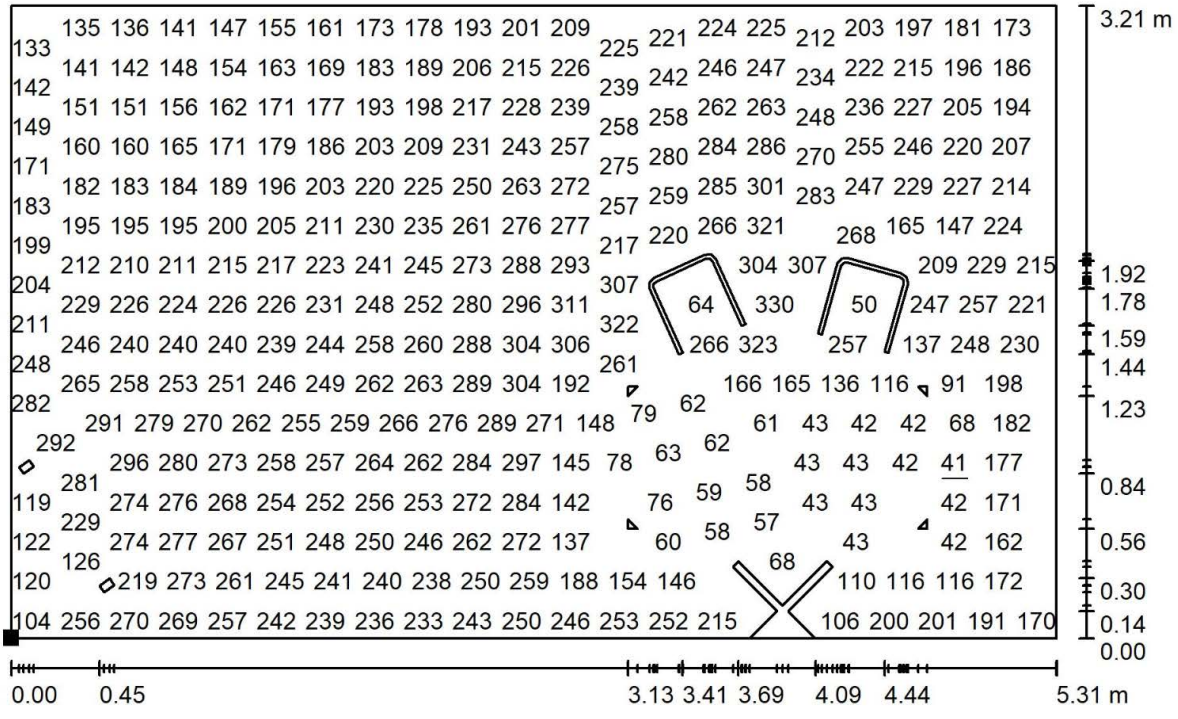
Superficie di calcolo 4- S
orizzontale tavolo colloqui

Verifica superfici di calcolo presidenza

No.	Denominazione	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Piano di lavoro	508	395	596	0.778	0.663
2	Piano lettura	507	470	538	0.929	0.875
3	Generale	203	41	334	0.201	0.123



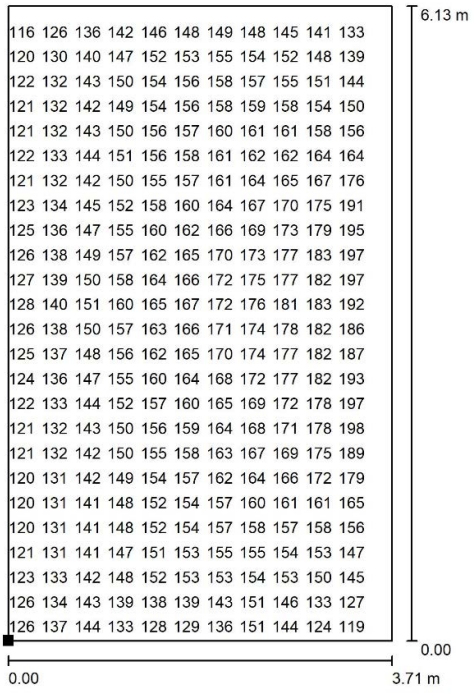
Superficie di calcolo 1- Piano di lavoro



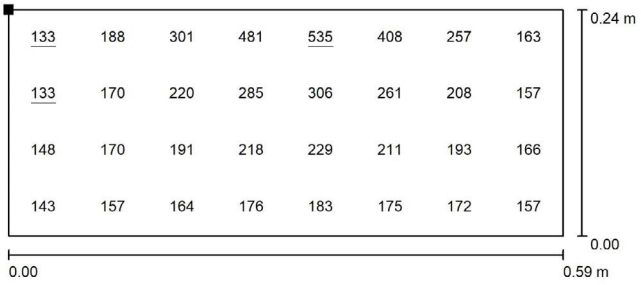
Superficie di calcolo 3- Illuminazione generale

Verifica superfici di calcolo aula studio

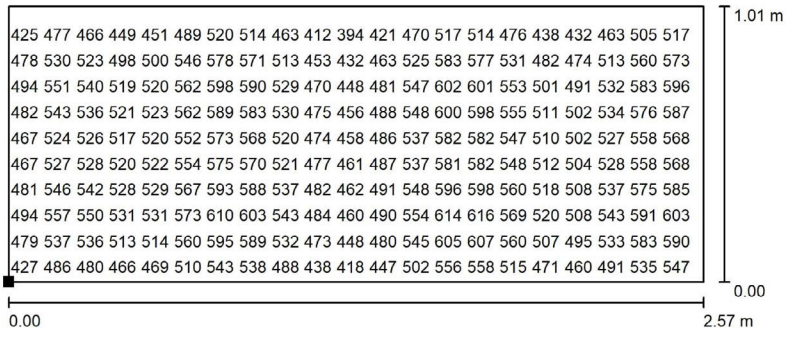
No.	Denominazione	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
1	Generale	155	99	224	0.645
2	Scaffale	221	133	535	0.603
3	Sup. orizzontale tavolo	517	344	624	0.665
4	Sup. orizzontale tavolo nicchia	506	308	700	0.607



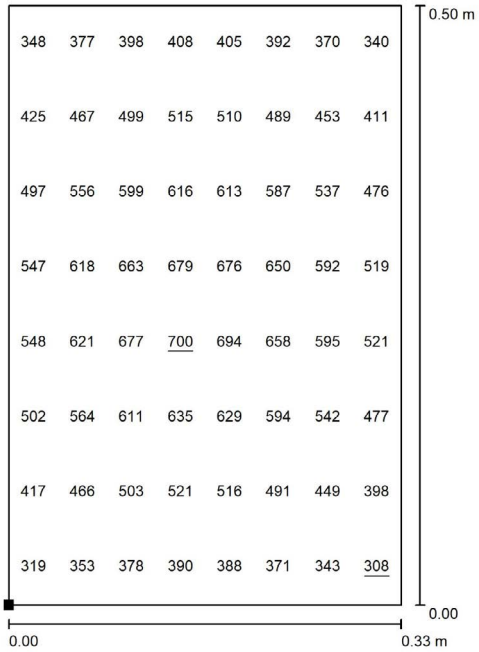
Superficie di calcolo 1- Illuminazione generale



Superficie di calcolo 2- Scaffale



Superficie di calcolo 3- Tavolo



Superficie di calcolo 4- Tavolo nicchia

Verifica superfici di calcolo sala polifunzionale

No.	Denominazione	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
1	Generale	304	231	368	0.760
2	Ingresso	182	116	239	0.638
3	Palco	312	119	777	0.382
1	Deposito	209	104	303	0.497

277	277	266	283	276	280	288	283	258	238	246	238	264	282	281	264	254	262	248	274	283
299	292	282	293	287	292	298	293	272	247	256	249	278	297	295	278	264	270	259	285	293
335	325	297	298	293	310	330	325	288	254	254	258	297	330	329	294	272	271	270	310	325
358	340	314	306	308	325	355	350	308	265	251	273	315	350	348	313	283	274	288	324	349
359	349	325	317	316	338	357	353	323	274	255	283	327	353	352	327	287	281	301	334	350
361	346	322	314	316	337	358	353	321	274	254	278	322	354	352	321	287	279	298	331	351
352	341	310	307	309	326	353	349	305	269	260	267	309	344	344	306	283	279	285	324	343
325	320	303	310	302	314	326	322	291	265	269	262	296	319	318	295	280	284	274	305	316
326	320	304	311	302	312	324	319	293	266	269	263	297	321	321	299	283	285	275	303	316
355	345	318	313	305	326	351	347	307	270	264	268	312	349	350	313	290	282	282	325	344
365	352	330	320	316	335	364	360	324	279	259	278	323	358	358	328	296	284	295	332	357
361	353	330	322	322	341	360	358	330	281	260	283	328	355	356	333	293	286	303	336	353
362	347	317	312	321	336	360	359	322	275	257	277	318	356	359	323	288	283	299	330	357
336	330	299	300	307	318	343	340	305	261	259	262	298	333	334	305	276	279	281	315	334
303	298	286	298	296	300	310	307	287	254	261	254	279	301	302	287	269	278	267	290	302
282	279	269	284	282	279	287	285	270	241	250	242	260	280	281	269	256	266	251	270	280

Superficie di calcolo 1-Illuminazione generale

139	150	160	168	176	180	183	184	181	178	173	166	156	145	134
147	159	169	177	185	190	193	194	191	188	182	175	164	154	142
155	166	177	186	194	199	202	203	200	197	191	183	173	162	150
161	173	183	193	201	207	210	212	208	204	198	190	179	168	156
166	178	189	198	206	213	218	219	213	207	200	192	182	170	158
169	181	192	202	210	219	226	229	221	213	204	195	185	174	161
171	183	195	204	214	224	234	236	229	218	208	198	188	176	163
171	183	195	205	214	224	232	239	231	218	208	198	188	176	163
164	177	188	198	207	216	225	229	222	214	203	194	184	172	159
161	174	185	194	203	210	216	218	214	208	202	191	181	169	157
158	170	181	190	198	204	209	210	207	203	198	192	183	166	154
153	164	175	184	192	197	201	202	199	196	192	188	188	178	148
147	158	169	178	185	190	194	195	192	190	187	187	187	188	184
138	150	160	168	176	180	184	185	183	181	179	182	185	185	187
130	141	151	160	167	171	175	176	175	173	175	178	181	184	188
122	132	141	149	156	160	164	165	163	163	166	171	175	179	186

Superficie di calcolo 2- Ingresso

136	134	144	182	252	344	466	599	715	770	757	676	548	419	307
138	137	147	185	254	346	467	599	713	768	755	674	549	419	309
139	137	147	183	250	338	452	576	684	738	724	647	528	406	302
133	133	141	176	238	319	420	531	627	676	663	593	487	378	285
130	128	138	171	227	301	390	484	564	606	595	536	446	352	269
127	125	135	168	221	287	362	438	501	533	524	478	406	329	256
125	121	134	169	218	274	336	396	445	468	461	426	370	308	247
127	120	139	174	215	263	314	360	396	413	408	382	340	290	240
131	123	146	178	217	257	297	332	360	372	368	349	316	277	237
142	135	155	187	221	254	286	313	333	342	339	325	300	270	237
156	152	165	193	224	253	278	299	315	322	319	308	289	265	240
173	172	179	199	226	253	274	292	306	313	310	299	283	263	242
191	191	194	208	228	250	272	292	309	316	313	299	280	261	242
208	207	209	217	233	251	272	296	311	316	314	303	280	259	244
222	222	222	227	238	254	279	298	306	310	308	302	286	264	250

Superficie di calcolo 3- Palco

129	171	206	235	260	257	236	210	179	147	128	130	153	186	214	238	256	249	225	194	155
137	182	223	253	281	278	254	225	191	156	134	137	163	200	232	258	281	273	243	208	165
141	190	234	268	288	286	267	237	197	159	136	140	168	209	246	273	288	282	256	218	171
145	197	245	280	297	297	279	247	203	162	138	142	174	218	259	286	298	292	268	227	176
146	199	249	283	301	300	283	250	205	163	138	143	176	222	264	291	302	296	272	230	178
145	196	243	278	295	294	277	245	201	161	138	144	175	219	259	286	298	292	267	226	174
141	189	232	265	286	283	263	233	194	157	137	142	171	212	247	274	289	280	254	215	168
137	180	219	250	278	272	248	220	186	153	134	141	166	202	234	260	281	268	239	204	160
130	168	202	229	250	247	228	203	173	144	128	133	157	188	216	238	254	243	219	188	149
120	156	185	208	221	220	207	186	159	133	118	123	145	174	197	215	223	217	199	171	136

2.30 m
0.00
0.00
5.90 m

Superficie di calcolo 4- Deposito

Allegato 3: Costi allestimento e illuminazione

Sala docenti

Nome arredo	**Produttore**	**Descrizione arredo**	**Num. pezzi**	**Prezzo unitario**	**Prezzo tot.**
Brathult	Ikea	divano sala colloqui	1	280	280,00
Tesla	Sediadaufficio	sedute tavolo di lavoro	9	165	1.485,00
Pouf poltrona sacco	Avalon	pouf area relax	2	59	118,00
Lack	Ikea	tavolino area relax	1	6	6,00
Casellario	Directmobel	armadietti per docenti	5	539	2.695,00
Bekant	Ikea	piano area fotocopie	1	150	150,00
Alex	Ikea	cassettiera area fotocopie	2	110	220,00
Scrivania sagomata	Prismarredo	tavolo modulare	3	150	450,00
Achille armchair	MDF Italia	poltroncina area colloqui	1	156	156,00
Lack	Ikea	tavolo area colloqui	1	20	20,00
Attaccapanni	Lesara	attaccapanni	3	5	15,00
Parete in vetro	prog. su misura	parete divisoria sala colloqui	1	1000	1.000,00
Kora lam	Novoferm	porta interna	1	300	300,00
Veneziane	Letapparelle	schermatura a lamelle	1	600	600,00
Onda 2	Zumtobel	sospensioni piani di lavoro	8	130	1.040,00
Mood wall washer	Reggiani	incasso illum. armadietti	2	220	440,00
Miled	Reggiani	incasso illum. generale	6	116	696,00
				Tot.	**9.671,00**

Aula(num. 4)

Nome arredo	**Produttore**	**Descrizione arredo**	**Num. pezzi**	**Prezzo unitario**	**Prezzo totale**
Parete attrezzata	prog. su misura	mobili in legno	1	2500	2.500,00
Frosta	Ikea	sgabello parete attrezzata	1	15	15,00
Spicchio	Vobis	banco a forma trapezoidale	25	58	1.450,00
Loom unica T12	Siad	colonna caricamento tablet	4	512	2.048,00
Kora lam	Novoferm	porta interna	1	300	300,00
Colors	Biosughero	rivestimento in sughero	1	375	375,00
Parete scorrevole	Est feller	pannelli mobili	1	7.900	7.900,00
Veneziane	Sharop	schermatura	1	320	320,00
Trybeca	Reggiani	incasso illum. generale	5	460	2.300,00
Mood wall washer	Reggiani	incasso illum. Parete	4	220	880,00
Mood fixed	Reggiani	illum. lavori di precisione	4	210	840,00
				Tot.	**18.928,00**
				Tot. 4 classi	**75.712,00**

Spazio comune

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Prezzo unitario		Prezzo totale
Aloe	Arredaclick	divano (pouf quadrato)	7	485	3.395,00
Aloe	Arredaclick	divano (pezzocentrale)	5	682	3.410,00
Aloe	Arredaclick	divano (pezzo laterale)	4	803	3.212,00
Pouf cuscino XXL	Avalon	seduta morbida	14	69	966,00
Armadio 3 posti	Tuttoarmadietti	armadietti studenti	50	277(x3)	13.850,00
Tavolo pieghevole	Dim.comunità	tavoli cluster nord	8	176	1.408,00
Sedia monoscocca	Dim.comunità	sedie area lavori di gruppo	50	25	1.250,00
Yori recessed	Reggiani	illuminazione generale	80	380	30.400,00
Yori binario	Reggiani	faretto illum. puntuale	27	200	5.400,00
				Tot.	**63.291,00**

Aula studio

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Cuscino imbottito	Vidaxl	cuscino sedute nicchia	6	21	126,00
Tavolino nicchia	prog. su misura	tavolino in legno bianco	3	40	120,00
Bjursta	Ikea	tavolo studio	2	180	360,00
Janinge	Ikea	sedie tavolo studio	12	30	360,00
Pouf sgabello	Hand Fotos	sgabello	2	45	90,00
Scaffale	prog. su misura	scaffale libri	2	500	1.000,00
Draget	Ikea	scaffale libri	3	25	75,00
Veneziane	Sharop	schermatura	1	252	252,00
Kora lam	Novoferm	porta interna	2	300	600,00
Demetra micro	Artemide	apparecchio da tavolo	19	175	3.325,00
Miled	Reggiani	incasso illum. generale	6	116	696,00
Diva II	Fagerhult	illuminazione scaffali	6	25	150,00
				Tot.	**7.154,00**

Sala polifunzionale

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Ripiano P55	Amabilia	ripiano per pedane	18	170	3.060,00
Struttura pedane	Amabilia	supporto per pedane	18	109	1.962,00
Spider scala	CRG	accessorio pedana	2	200	400,00
Parete scorrevole	prog. su misura	parete di partizione	1	600	600,00
Tende a rullo	Sharop	tende oscuranti	2	20/mq	715,00
Porta interna	Novoferm	porta d'ingresso	1	200	200,00
Cyled	Reggiani	plafoniera ingresso	1	325	325,00
Yori binario	Reggiani	faretti su binario	15	200	3.000,00
				Tot.	**10.262,00**

Segreteria

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Teko panel	Mobilufficio	bancone reception	1	518	518,00
Poltroncina	Mobilufficio	sedute	5	170	850,00
Scrivania legno	Mobilufficio	tavolo di lavoro	5	147	735,00
Armadio ufficio	Eurosteel srl	armadio	4	165	660,00
Porta interna	Novoferm	porta d'ingresso	1	200	200,00
Veneziane	Sharop	schermatura	1	252	252,00
Onda2	Zumtobel	sospensione	4	790	3.160,00
74R	Trilux	apparecchi archivio	3	240	720,00
				Tot.	**7.095,00**

Presidenza

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Tonic	Maisonsdumonde	libreria	3	275	825,00
Reflect	Maisonsdumonde	tavolino area lettura	1	70	70,00
Koarp	Ikea	poltrona area lettura	1	140	140,00
Billy	Ikea	libreria	1	189	189,00
Zeus	Sediadaufficio	sedute	2	65	130,00
Carol	Sediadaufficio	seduta preside	1	99	99,00
Scrivania	ecoufficio	scrivania	1	332	332,00
Besta	Ikea	mobile basso	2	140	280,00
Porta interna	Novoferm	porta d'ingresso	1	200	200,00
Veneziane	Sharop	schermatura	3	252	756,00
Onda2	Zumtobel	sospensione	1	790	790,00
SL 740 L	PIL	apparecchio a terra	1	593	593,00
				Tot.	**4.404,00**

Laboratorio musica

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Parete attrezzata	Prog. su misura	mobile in legno	1	1500	1.500,00
Leggio	Gear4music	leggio per spartiti	16	9	144,00
Porta interna	Novoferm	porta d'ingresso	1	200	200,00
Seul	Sediadaufficio	seduta consolle	1	70	70,00
Trybeca	Reggiani	incasso illum. generale	5	460	2.300,00
Mood fixed	Reggiani	incasso illum. di precisione	4	210	840,00
				Tot.	**5.054,00**

Laboratorio arte/tecnica (num.2)

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Parete attrezzata	Prog. su misura	mobile in legno	1	1500	1.500,00
Tavolo pieghevole	Centrosedia	tavolo pieghevole	12	73	876,00
Sgabello da lavoro	Tresko	sgabelli	25	24	600,00
Kora lam	Novoferm	porta interna	1	300	300,00
Veneziane	Sharop	schermatura i	1	320	320,00
Trybeca	Reggiani	incasso illum.generale	5	460	2.300,00
Mood fixed	Reggiani	incasso illum. di precisione	5	210	1050,00
				Tot.	**6.946,00**
				Tot. 2 lab.	**13.892,00**

Laboratorio multimediale (num.2)

Nome arredo	Produttore	Descrizione arredo	Num. pezzi	Prezzo unitario	Prezzo totale
Tavolo	Prismarredo	Tavolo con supporto pc	24	68	1.632,00
Tavolo	Prismarredo	tavolo pc per docente	1	89	89,00
Kora lam	Novoferm	porta interna	1	300	300,00
Veneziane	Sharop	schermatura	1	320	320,00
Trybeca	Reggiani	incasso illum. generale	5	460	2.300,00
Mood fixed	Reggiani	incasso illum. di precisione	5	210	1050,00
				Tot.	**5.691,00**
				Tot. 2 lab.	**11.382,00**

Totale: € 207.917,00