

Scopo del lavoro	<p>Esaminare gli aspetti di sostenibilità e le opportunità offerte dal progetto di ristrutturazione a cura di Genius Loci Architettura, e di portare all'attenzione i punti critici.</p> <p>La relazione esamina inoltre ulteriori aspetti e soluzioni progettuali, che seppure non direttamente collegati all'intervento di progetto, nondimeno rappresentano soluzioni sostenibili per ridurre i consumi dell'edificio, e quindi andrebbero approfonditi nei successivi raffinamenti del progetto.</p>
Metodo	<p>E' stato costruito un modello tridimensionale dell'edificio, rilevando orientamento e tipologia, e stimando i volumi circostanti basandosi sul materiale fotografico e sulla cartografia tecnica comunale disponibile. Su questo modello è stato successivamente eseguito uno studio solare, e sono state simulate le condizioni di irraggiamento solare per valutare gli effetti termici e di illuminazione.</p>
Orientamento	<p>L'edificio si sviluppa parallelamente alla Via Broletto, e quindi grossomodo in direzione nord-sud. L'esposizione dei prospetti principali non consente uno sfruttamento generalizzato della radiazione solare, a causa delle pre-esistenze. Tuttavia, le corti interne, specialmente a seguito di ristrutturazione come da progetto potrebbero svolgere un ruolo significativo nella ventilazione naturale controllata dei locali. E' infatti ragionevole assumere una differenza di pressione tra le facciate esterne e quelle rivolte verso le corti. Questa differenza di pressione, unita a piante di profondità inferiore ai 12m, è sfruttabile per la ventilazione passante dei locali.</p>
Studio Solare	<p>Lo studio solare evidenzia che in alcuni periodi dell'anno la radiazione è in grado di penetrare nelle corti fino ai piani bassi. Questo effetto non è però particolarmente accentuato dalla soluzione di progetto, consistente nella sostituzione del braccio centrale, che oggi divide le due corti, con un analogo corpo trasparente. La torre trasparente per la distribuzione verticale non comporta infatti significative variazioni nell'illuminazione e nell'ombreggiamento dei locali. Questa sostanziale equivalenza è dovuta principalmente a due cause. La prima è che il progetto prevede un extra-volume che limita il passaggio di luce naturale verso le corti, e la seconda causa è comunque rappresentata dall'opacità dei solai della torre di distribuzione. In presenza di ombreggiamento verticale, il passaggio di luce naturale è ostacolato in estate e favorito in inverno. Tuttavia, le pre-esistenze in inverno limitano fortemente l'irraggiamento, e la situazione di illuminazione più favorevole si presenta quindi nelle stagioni intermedie.</p>

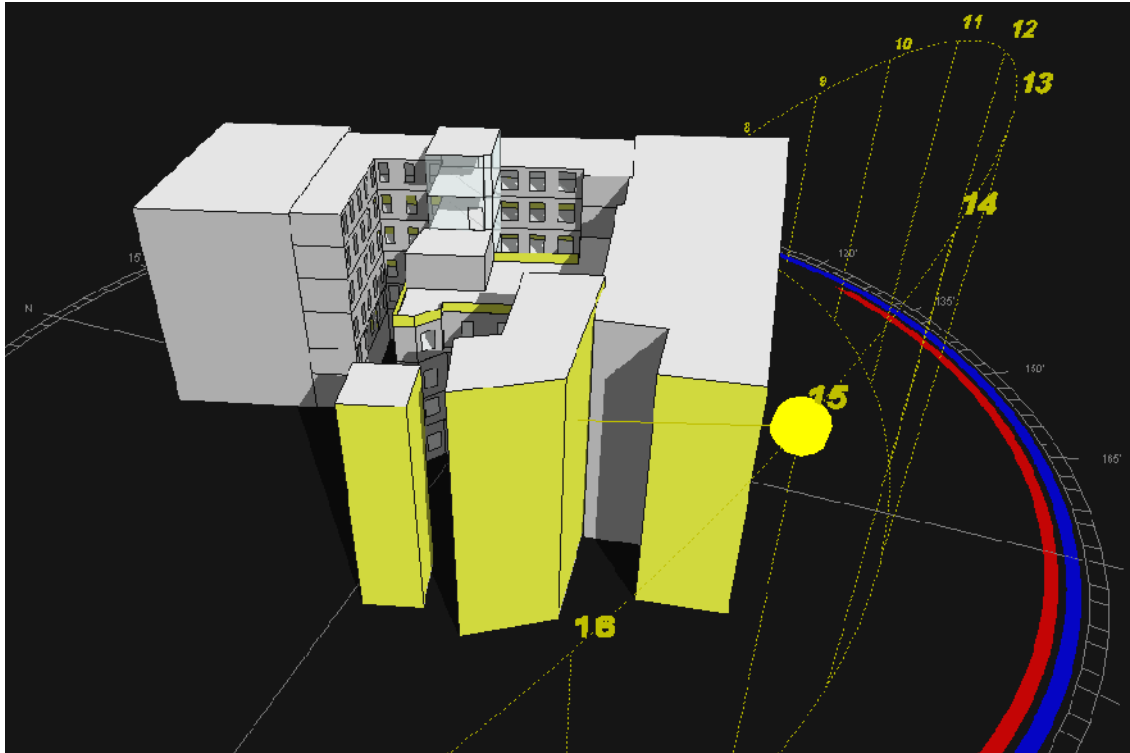


Fig. 1: Studio Solare, 21/03 pomeriggio

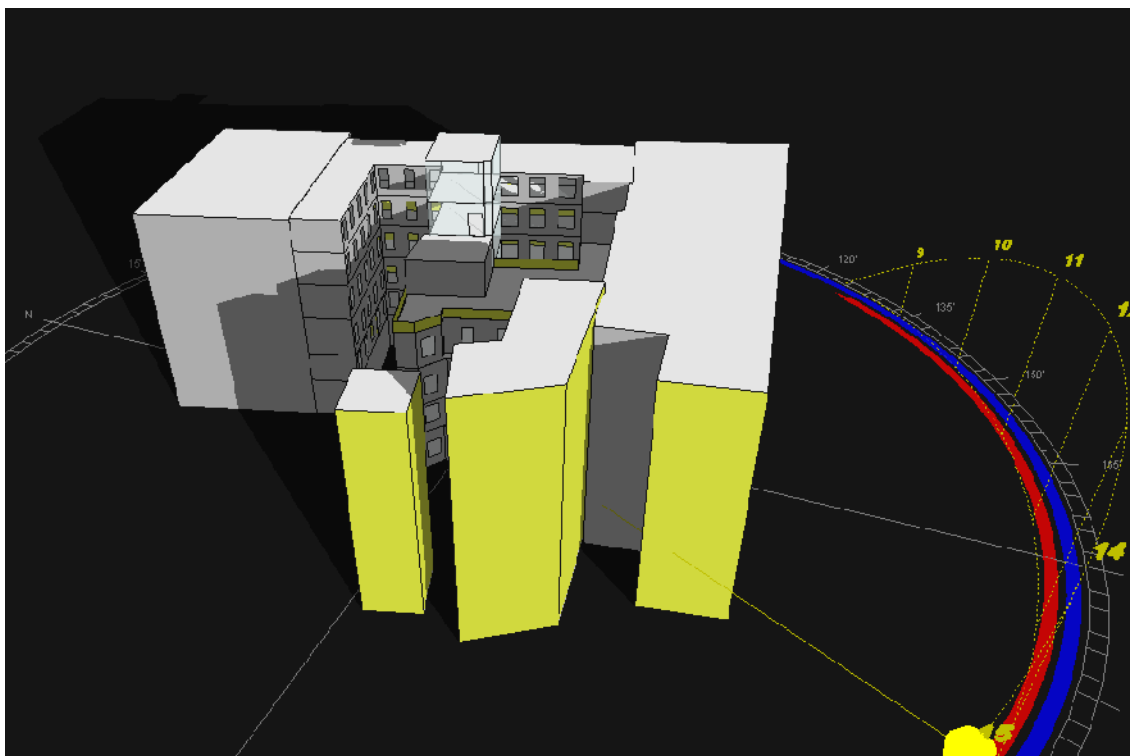


Fig. 2: Studio Solare, 21/12 pomeriggio

## Daylighting

E' stato condotta una simulazione dell'illuminazione naturale. In particolare, è stato calcolato il fattore di luce diurna ad una quota di 900mm dal pavimento ai piani 2° e 4°, e l'autonomia di illuminazione (vale a dire la percentuale di tempo nelle ore di occupazione in cui non è richiesta illuminazione artificiale), non rilevando sostanziali differenze tra l'esistente e il progetto. Segnatamente, non si rilevano particolari differenze di autonomia nella luce diurna, definita punto per punto sulla pianta come la percentuale di tempo in cui l'illuminazione naturale dei locali è sufficiente per i comuni compiti di ufficio. La simulazione è stata condotta dal 01/01 al 31/12, per occupazione giornaliera 08.00-19.00, weekend esclusi.

L'unica eccezione è costituita dall'area identificata come zona "vending" nella pianta-tipo. In quest'area l'autonomia di luce diurna è più che raddoppiata.

In generale, quindi, la torre vetrata non aumenterà sensibilmente la quantità di radiazione incidente sui locali affacciati sulle corti dei prospetti est, ovest e sud, anche a causa dell'extra volume previsto nel progetto. L'effetto sui locali affacciati sulla corte dal prospetto nord è ancora più ridotto, e limitato alla sola radiazione riflessa.

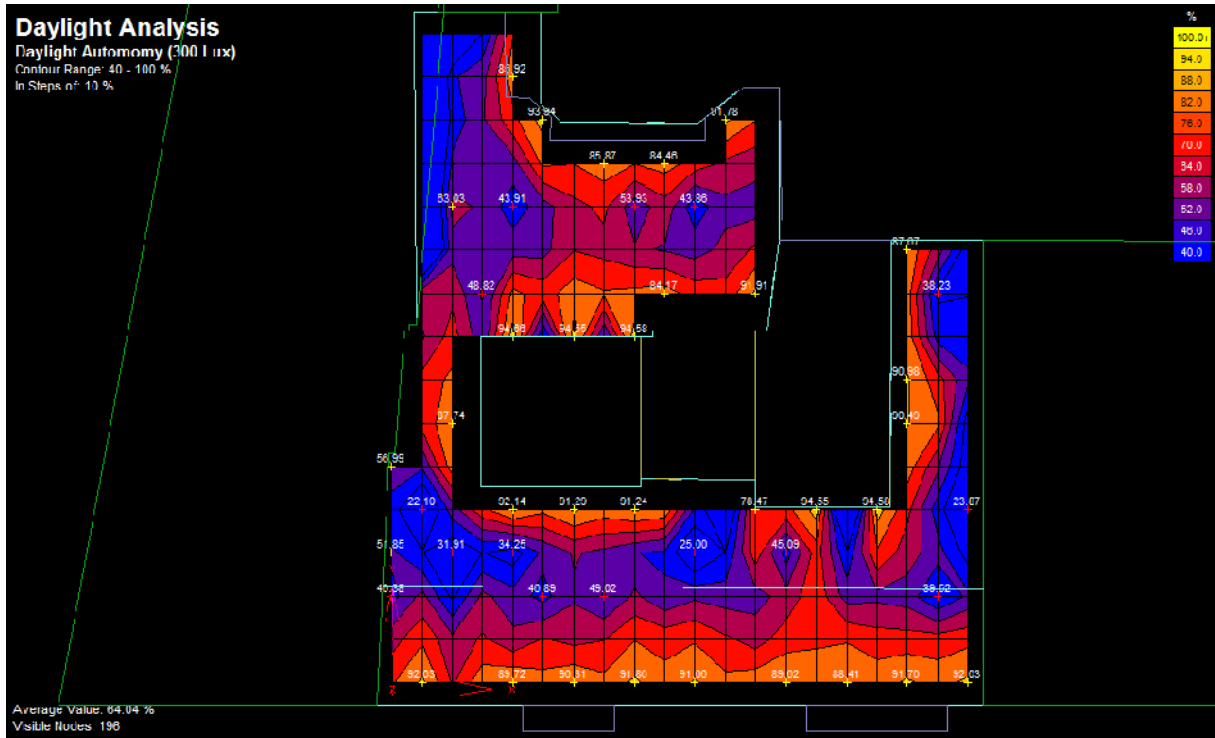


Fig. 3: Autonomia luce diurna, 2°p ex-ante

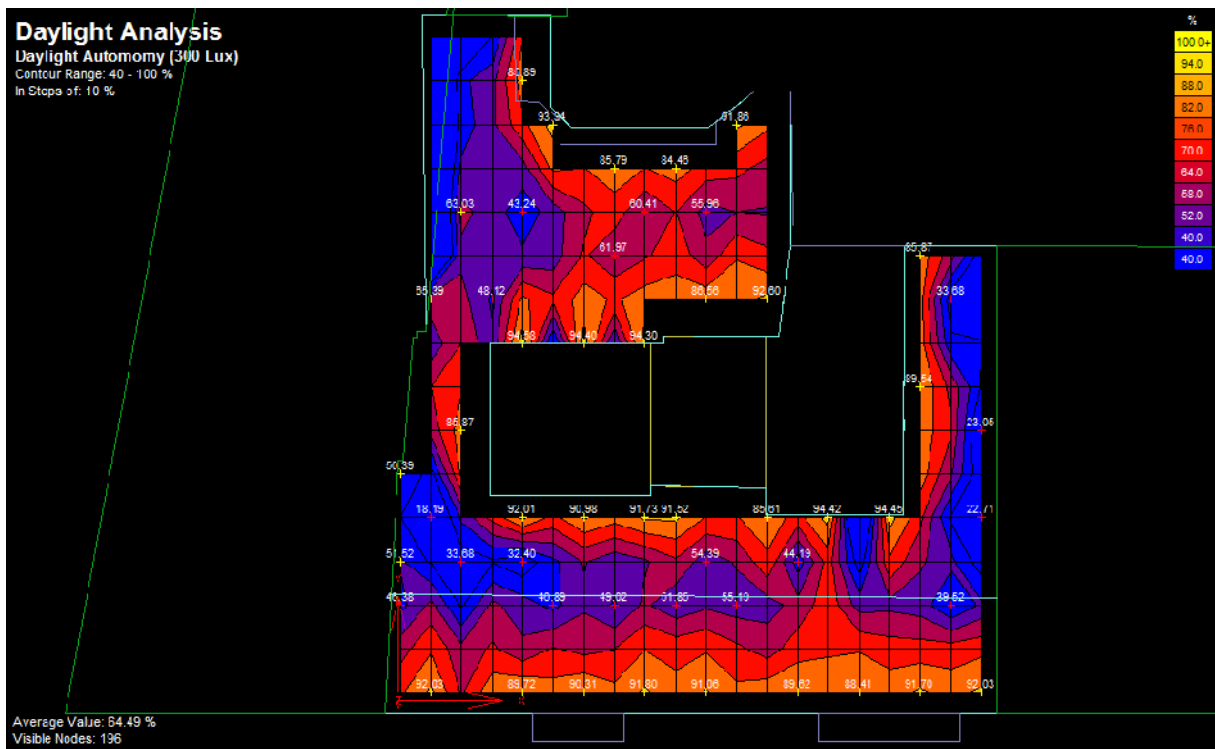


Fig. 4: Autonomia luce diurna, 2°p progetto

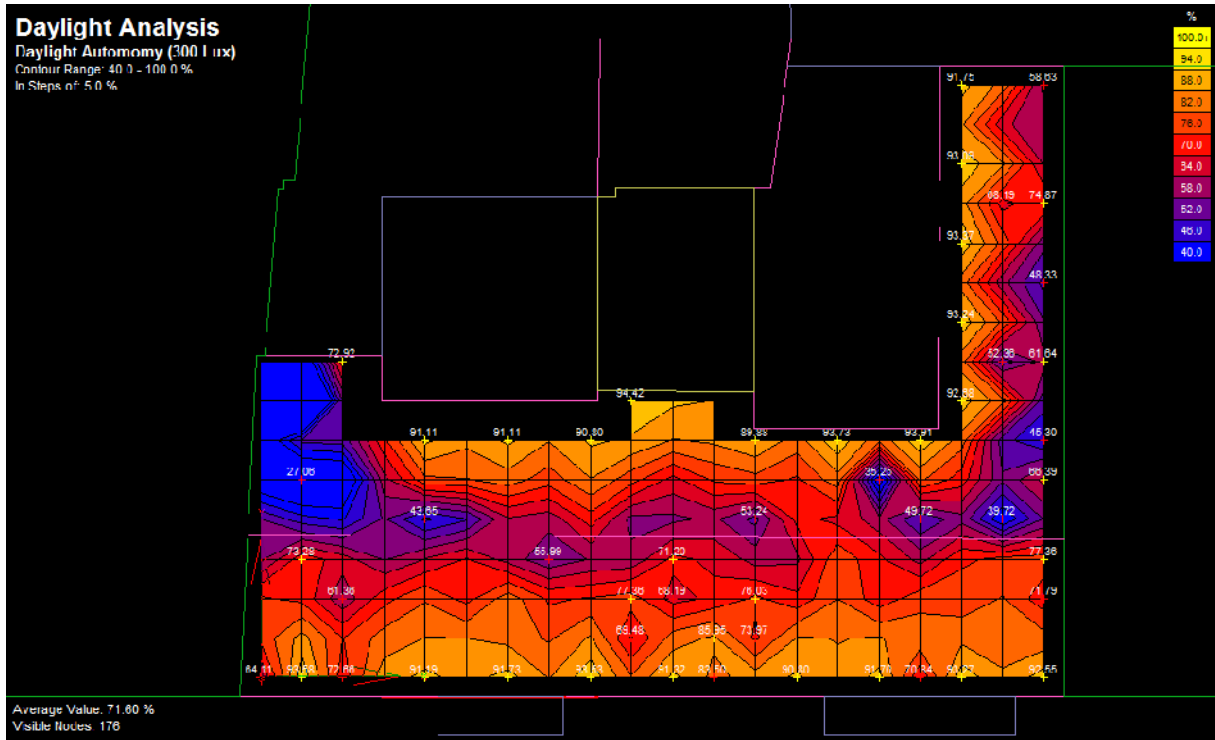


Fig. 5: Autonomia luce diurna, 4<sup>p</sup> ex-ante

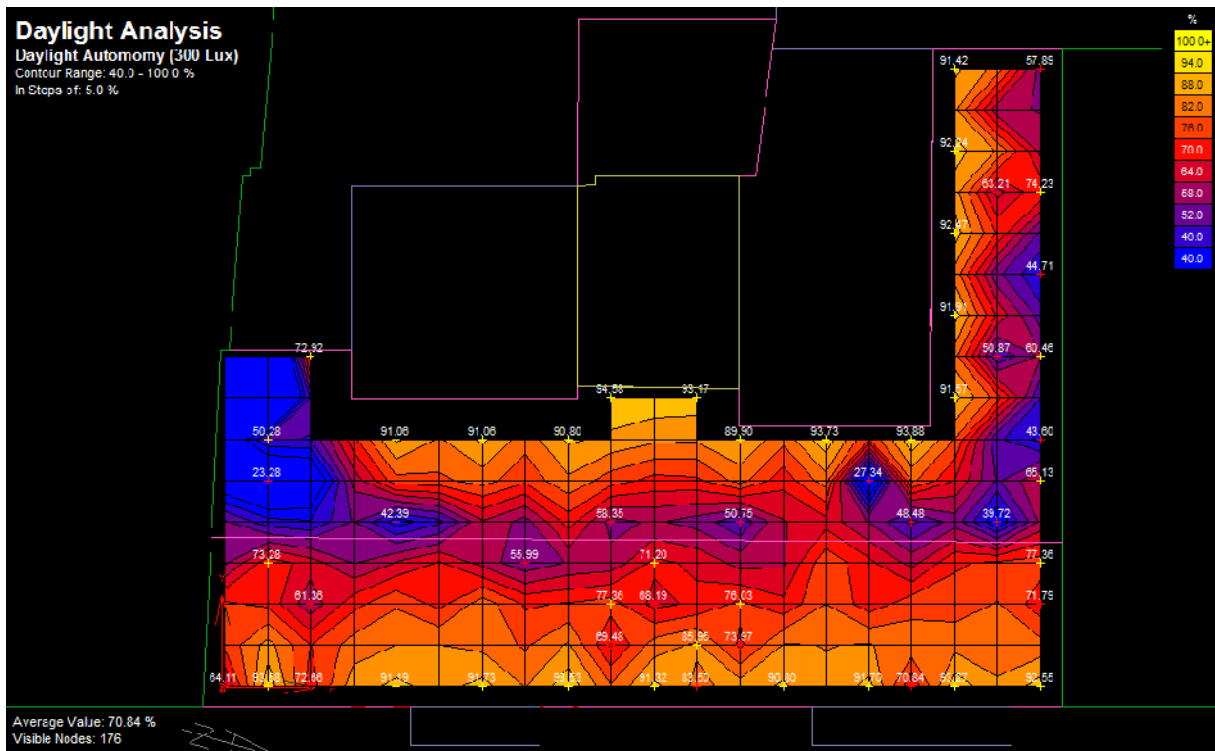


Fig. 6: Autonomia luce diurna, 4<sup>p</sup> progetto

**Involucro/infissi** Si è dato per scontato che l'intervento di ristrutturazione debba comprendere anche l'isolamento termico dell'involucro e la sostituzione degli infissi secondo i limiti di trasmittanza stabiliti da Dlgs. 311/06 e DGR Lombardia VIII/5773. La relazione non entra quindi nei dettagli relativi a questi interventi. Si rileva unicamente che un cappotto esterno sarebbe di difficile montaggio a causa dell'ornato, ed un cappotto interno ridurrebbe la superficie utile. Infine, in assenza di informazioni certe sulla struttura muraria, non è possibile ipotizzare un isolamento in intercapedine.

**Apporti gratuiti** Il calcolo della radiazione incidente sul corpo vetrato rivela contributi termici interessanti, che possono sia influire positivamente in inverno, sia determinare effetti di surriscaldamento estivo. In particolare, si notino gli alti valori di radiazione trasmessa all'interno della struttura nei mesi maggio-agosto (valori in campo rosso), e per contro, la disponibilità di energia gratuita nei mesi di riscaldamento (valori in campo giallo).

MONTH	AVAIL.	INCIDENT		ABSORBED		TRANSMITTED	
	Wh/m <sup>2</sup>	Wh/m <sup>2</sup>	TOT.Wh	Wh/m <sup>2</sup>	TOT.Wh	Wh/m <sup>2</sup>	TOT.Wh
Jan	30.378	3.074	561.242	246	44.899	1.844	336.745
Feb	51.235	3.725	680.085	298	54.407	2.235	408.051
Mar	82.950	6.565	1.198.659	525	95.893	3.939	719.196
Apr	124.556	8.263	1.508.772	661	120.702	4.958	905.263
May	176.380	10.439	1.906.057	835	152.484	6.264	1.143.634
Jun	159.560	12.323	2.250.070	986	180.006	7.394	1.350.043
Jul	220.247	9.156	1.671.802	732	133.744	5.494	1.003.082
Aug	161.771	8.497	1.551.451	680	124.116	5.098	930.871
Sep	115.300	6.930	1.265.306	554	101.225	4.158	759.184
Oct	66.152	5.446	994.404	436	79.552	3.268	596.642
Nov	31.780	2.994	546.673	240	43.734	1.796	328.004
Dec	23.866	2.207	402.958	177	32.237	1.324	241.775
<b>TOTALS</b>	<b>1.244.175</b>	<b>79.620</b>	<b>14.537.480</b>	<b>6.370</b>	<b>1.162.998</b>	<b>47.772</b>	<b>8.722.490</b>

Tabella 1: Distribuzione mensile radiazione solare

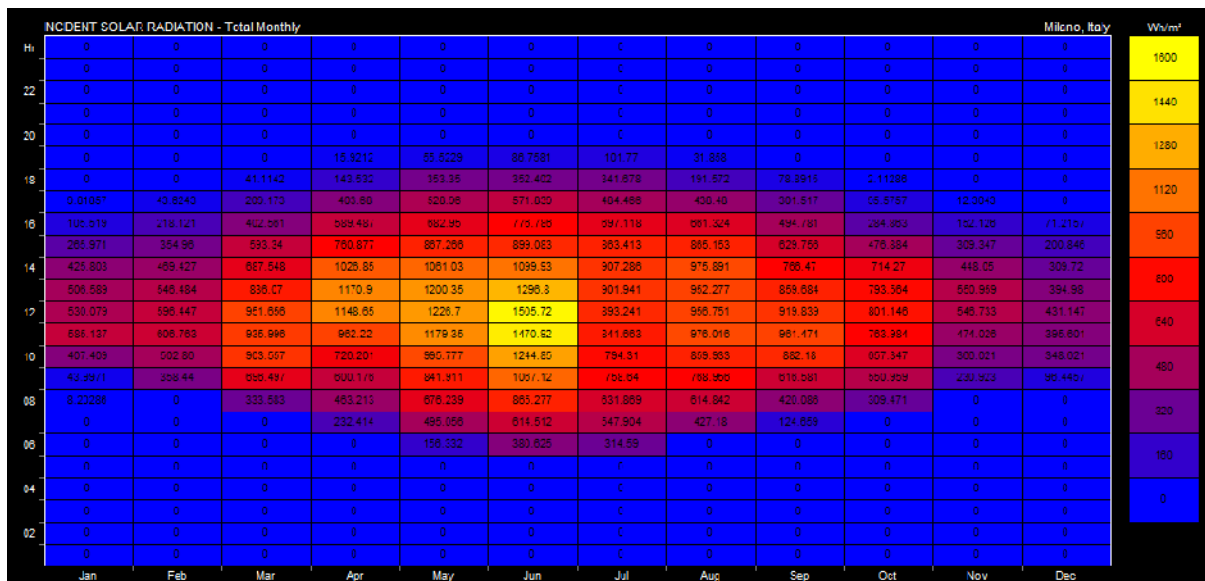


Fig. 7: Radiazione mensile incidente sul lato sud del corpo scala

### Effetto atrio

La torre, concepita come blocco di distribuzione, non offre significative opportunità di sfruttamento dell'effetto atrio, innanzitutto per la morfologia, in quanto i vani scala ostacolano la convezione. Inoltre, va valutato il rischio di creare accidentalmente correnti d'aria elevate in questa zona di transito. Una corrente è percepita come sgradevole quando la velocità dell'aria è superiore a 0,5-0,75 m/s, ed il vano scala potrebbe trovarsi in tale condizione con scarsa prevedibilità.

### Double Skin

La torre vetrata offre l'opportunità di raccogliere la radiazione solare, e di sfruttarne l'apporto sia in inverno che in estate. Un modo efficace per catturare questi apporti, e al contempo mantenere la trasparenza della struttura consiste nell'installazione di una seconda pelle vetrata, in modo da formare un'intercapedine

In inverno, il calore incidente può essere scambiato con l'UTA, con un'efficienza di recupero del 40-70% a seconda della conformazione. Il costo energetico di questo recupero è generalmente basso o molto basso, potendo sfruttare l'apprezzabile gradiente di pressione tra l'aria in fondo e in cima alla parete, che si sviluppa su cinque piani.

In estate, questo stesso gradiente di pressione può essere utilizzato per estrarre l'aria viziata dai locali, di nuovo con un costo energetico basso o molto basso. Si rileva tuttavia che solo il prospetto est dell'edificio (cinque piani ft) ed il blocco ovest (4 piani ft) sono totalmente addossati alla torre, e quindi con facile accesso all'intercapedine. Il trasporto dell'aria viziata dalle ali nord e sud verso l'intercapedine potrebbe comportare costi impiantistici elevati e difficoltà di canalizzazione.

Riassumendo, la double skin, grazie all'intercapedine d'aria, sarebbe in grado di assolvere funzioni di isolamento termoacustico, free cooling, ventilazione e pre-riscaldamento.

Criticità	<p>Una facciata a doppia pelle pone di norma problemi aggiuntivi di antincendio, specialmente nel caso di intercapedine continua per tutta l'elevazione. Il rischio maggiore in caso di incendio è costituito dalla possibilità di propagazione del fumo su più piani, anche quelli non direttamente coinvolti da un incendio. E' quindi importante prevedere serrande di sicurezza in grado di sigillare l'intercapedine in caso di incendio, e di mantenerla in depressione rispetto ai locali.</p> <p>Il secondo rischio della torre vetrata risiede nel surriscaldamento estivo. Questo rischio è mitigato dal fatto che la torre svolge funzioni di distribuzione e transito e non di stazionamento, nondimeno è richiesta particolare cura delle soluzioni di accumulo, rigetto e allontanamento del calore.</p>
Massa termica	<p>Una costruzione massiva dei solai della torre vetrata consentirebbe di accumulare calore nelle solette durante il giorno. In inverno, questo calore può essere sfruttato come apporto gratuito, ed assorbito direttamente dalla massa dei solai. Parimenti, in estate la massa termica dei solai sarebbe in grado di assorbire parte della radiazione durante il giorno, riducendo il carico degli impianti di condizionamento (effetto di sfasamento dell'onda termica) durante l'occupazione dell'edificio. Questo calore potrà poi essere rimosso per ventilazione (naturale o meccanica) notturna, quando l'edificio non è occupato.</p> <p>Viceversa, una struttura leggera dei solai non consentirebbe di beneficiare di questi effetti di sfasamento, ed aggraverebbe l'impatto del surriscaldamento estivo.</p>
Automazione	<p>La complessità di gestione nel controllo degli apporti gratuiti (termici e di illuminazione) suggerisce il ricorso ad un sistema di automazione, o <i>Building management System (BMS)</i>, composto da una rete di sensori ed attuatori in grado di identificare le variazioni ambientali (temperatura, insolazione, luce...) e di reagire di conseguenza, portando gli impianti tecnologici nelle condizioni di funzionamento ottimali per sfruttare gli apporti gratuiti. Il BMS dovrebbe quindi essere in grado di aprire/chudere serrande per la circolazione dell'aria, modulare il flusso luminoso dell'illuminazione artificiale ecc.</p>
Ventilazione	<p>I locali affacciati sulla Via Broletto e quelli affacciati sulle due corti rappresentano i candidati più interessanti per un sistema di ventilazione passante. La profondità della pianta in questo punto è dell'ordine di 11 metri, sufficientemente stretta da consentire fenomeni di ventilazione naturale. Tuttavia, i due prospetti sono separati da una spina portante di muratura, di notevole spessore.</p> <p>Una strategia di ventilazione passante dovrebbe quindi prendere in considerazione la messa in comunicazione di questi locali, ad esempio mediante griglie di aerazione poste sul muro divisorio. Questa soluzione offrirebbe un metodo efficiente e gratuito per l'estrazione del calore, oltre all'apporto costante di aria di rinnovo.</p> <p>Non può rappresentare invece una strategia di raffrescamento passivo della struttura (ad esempio per free cooling notturno), a meno che le masse termiche dei solai non siano esposte, ed è quindi inefficace come raffrescamento strutturale in presenza di controsoffitti.</p>



## Lightshelf

Come regola generale, per aumentare l'efficienza di ventilazione ed estrazione del calore, le aperture di ingresso dovrebbero essere di area inferiore e poste a quota inferiore rispetto alle aperture di uscita (accentuazione dell'effetto Venturi).

L'illuminazione naturale rappresenta da un lato un importante beneficio energetico (riduzione nei consumi per illuminazione), dall'altro lato impone particolare cautela per mitigare il rischio di abbagliamento. Questo effetto è più marcato lungo il perimetro dell'edificio.

Indipendentemente dal progetto, l'illuminazione convenzionale dell'edificio, laterale e diretta, è limitata alle zone immediatamente prospicienti le finestre, e questo crea sia zone d'ombra sia fenomeni di discomfort visivo ed abbagliamento. Per contro, invece, la radiazione diffusa, che rappresenta la componente più utile e confortevole dell'illuminazione solare, è insufficiente (penetrazione <4m).

L'introduzione di un lightshelf nelle finestre, in materiale chiaro o riflettente, permetterebbe di far penetrare più in profondità la radiazione diffusa, riducendo i consumi per illuminazione artificiale, e di mitigare il discomfort visivo lungo il perimetro dell'edificio, a vantaggio della usabilità degli spazi.

In estate, quando l'angolo di incidenza è alto, la radiazione diretta viene schermata rispetto all'area perimetrale (diminuzione dell'abbagliamento), e riflessa sotto forma di radiazione diffusa verso le zone più lontane. Viceversa, in inverno, l'angolo di incidenza basso consente alla radiazione di penetrare direttamente verso l'interno, e di fornire quindi calore gratuito.

La finestra con lightshelf è quindi composta da due luci, una bassa, operabile, per la "vista" e la ventilazione, ed una alta, sopra il lightshelf, per consentire la penetrazione profonda della radiazione diffusa. L'aggetto verso l'esterno ha funzioni anche di rigetto del calore, ma richiede particolare cura nella soluzione per evitare ponti termici con l'infisso.

La soluzione di finestre dotate di lightshelf è in questo caso particolarmente attraente, visto lo spessore del perimetro murario, che limiterebbe l'impatto visivo di aggetti interni ed esterni di queste strutture.

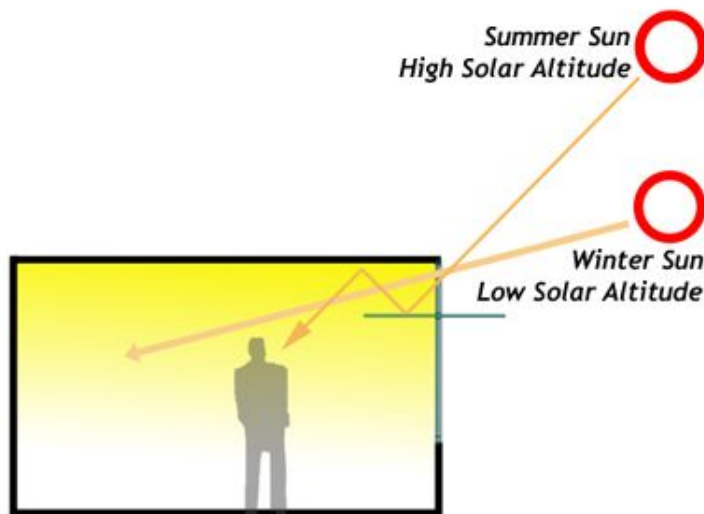


Fig. 8: Effetto del lightshelf sull'illuminazione naturale

## Tetti verdi

L'edificio presenta interessanti coperture piane, al momento inutilizzate. Queste coperture possono essere efficacemente isolate con un giardino pensile, che oltre all'effetto isolante termoacustico presenta ulteriori vantaggi.

Protezione del solaio superiore rispetto ad un rivestimento tradizionale

Abbattimento (locale) delle polveri sottili

Miglioramento del microclima nelle immediate vicinanze (evapotraspirazione)

Spazio all'aperto praticabile

## Fotovoltaico

L'edificio non offre sufficiente esposizione al sole per prevedere impianti fotovoltaici di dimensioni congrue con i consumi attesi. Tuttavia, è possibile ipotizzare la realizzazione di un impianto di potenza sufficiente ad alimentare il sistema di controllo, che risulterebbe quindi energeticamente autosufficiente.

L'utilizzo di un BMS per controllare automaticamente la gestione di clima, ventilazione ed illuminazione rappresenta un consumo elettrico aggiuntivo per l'edificio. Questo è determinato dalla necessità di motorizzare serrande, griglie, oscuranti ecc., per renderli operabili in remoto dal sistema di controllo. Tale consumo aggiuntivo rappresenta però una piccola quota del totale, e può essere efficacemente fornito da un impianto fotovoltaico di piccola taglia.

L'edificio non presenta coperture inclinate rivolte a sud. Le coperture piane che potrebbero ospitare un impianto sono potenzialmente aree di pregio, e quindi inadatte ad essere occupate da impianti tecnologici. Un impianto verticale di grande estensione, montato all'interno della corte, avrebbe utilità molto limitata a causa degli ombreggiamenti.

Tuttavia, di particolare interesse è la superficie dell'ultimo solaio della

torre vetrata, e la sua parete rivolta a sud. Particolare attenzione andrebbe rivolta ai sistemi fotovoltaici integrati all'edificio (BIPV). L'impianto, della potenza di pochi kW, sarebbe collegato alla rete di distribuzione nazionale e beneficerebbe delle tariffe incentivanti di Conto Energia, quindi il suo tempo di payback risulterebbe molto inferiore rispetto alla sua vita utile. Inoltre, trattandosi di impianto integrato, la sua produzione sarebbe remunerata con le tariffe in assoluto più alte.