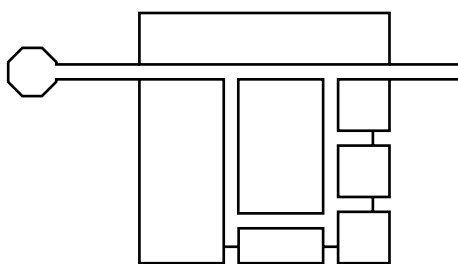


CENTRO BENESSERE SUL LAGO FARKA: UN'ARCHITETTURA INTROVERSA DA SCOPRIRE

RELAZIONE TECNICA IMPIANTISTICA



Relatore: Neri Raffaella
Correlatori: Fanzini Daniele, Gallo Stampino Paola,
Garavaglia Elsa, Oliaro Paolo

Rambaldini Ilaria 966539
Riva Alessia 966694
Riva Carolina 966496



Tesi di Laurea Magistrale in Architettura delle Costruzioni
Scuola di Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni
Politecnico di Milano
A.A. 2021-2022

3.1 Aspetti generali	5
3.2 Scelte progettuali	
3.2.1 Parametri di qualità ambientale	6
3.2.2 Definizione termo-igrometrica dell'involucro	9
3.2.3 Controllo del comfort	13
3.2.4 Tipologia impiantistica	16
3.3 Principali calcoli di dimensionamento	
3.3.1 Portata d'aria	17
3.3.2 Condotti dell'aria	23
3.3.3 Potenza termica di riscaldamento	29
3.3.4 Potenza frigorifera di raffrescamento	34
3.3.5 Considerazioni	39
3.3.6 Fabbisogno di energia per la produzione di ACS	40
3.3.7 Potenze termiche per il mantenimento e il ricambio dell'acqua delle piscine	42
3.3.8 Sistemi ad energia rinnovabile	43
3.3.9 La centrale termica	45
3.4 APE:	47

Il centro benessere è caratterizzato da una varietà di spazi che ne rendono complesso il funzionamento, data la loro attitudine a soddisfare esigenze di natura differente. Oltre a spazi propriamente pubblici (ristorante, bar, hall), sono infatti presenti spazi di servizio con particolari necessità (cucina, spogliatoi), oltre a tutti gli spazi strettamente pertinenti al centro benessere (aule piscine, stanze idromassaggio, saune, bagni turchi ecc.) che richiedono prestazioni ben definite.

L'interazione di questi spazi a livello architettonico, genera dunque una complessità che si sviluppa su vari fronti, primo fra tutti quello impiantistico. Da qui la necessità di una progettazione integrata fin dalle prime fasi di sviluppo del progetto, che renda il sistema impiantistico parte integrante di quello architettonico e strutturale, e viceversa.

Le grandi dimensioni del progetto inoltre, insieme con gli elevati livelli di standard richiesti a livello nazionale dalla normativa CONI e Dalla Legge 63/2013 sull'obbligo dell'Attestato di Prestazione Energetica e le sue successive integrazioni con il recente Dlgs 48/2020, hanno contribuito ulteriormente alla definizione di un sistema impiantistico ottimale e ottimizzato in modo da influire in modo positivo non solo sulle prestazioni energetiche, ma anche su quelle economiche e sostenibili. Da qui l'obiettivo di ridurre al minimo l'impatto prodotto dal nostro edificio, in modo da renderlo conforme alla normativa vigente in Italia, e per mettere a punto una *best practice* con la quale sarebbe doveroso operare nella realizzazione di qualunque edificio di nuova costruzione.

Da qui l'impegno a far rientrare il centro benessere nella più alta classe energetica. I vari accorgimenti progettuali che hanno reso possibile l'attribuzione della Classe A4 al nostro edificio, sono stati:

- la ricerca di stratigrafie con livelli di trasmittanza che fossero i più bassi possibili;
- la ricerca di materiali caratterizzati da grande inerzia termica in modo che l'edificio sia adeguatamente isolato e sia in grado di accumulare energia termica nell'arco della giornata smorzando l'onda termica nel passaggio da esterno ad ambienti interni;
- l'uso di macchinari altamente efficienti (COP pompe di calore elevato, recuperatori di calore ad alto rendimento).

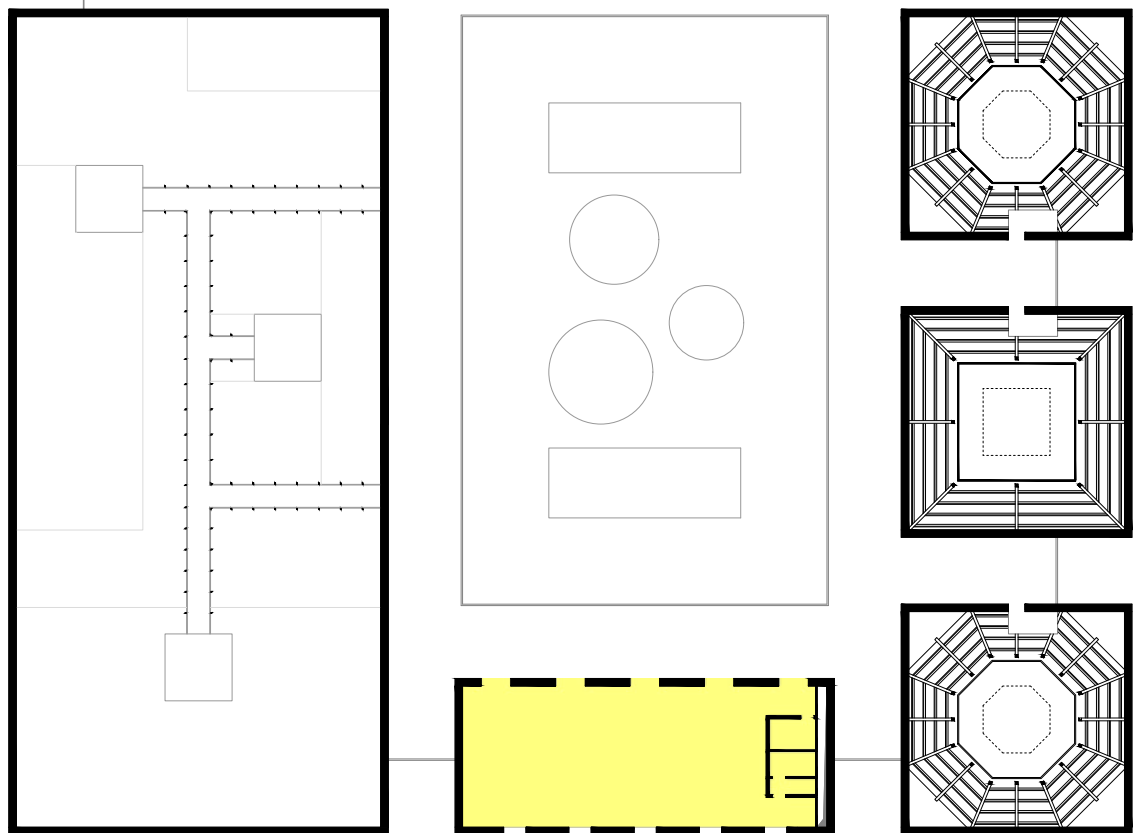
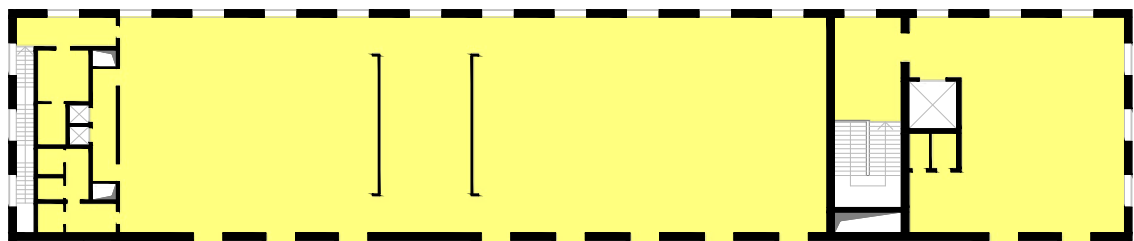
Questo è stato il punto di partenza per sviluppare ulteriori accorgimenti che rendessero l'edificio nZEB (Nearly Zero Energy Building), ovvero un edificio ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo sia coperto in maniera significativa (più del 50%) da fonti rinnovabili prodotte *in situ*. In tal modo si è in grado di minimizzare i costi di gestione e le emissioni atmosferiche di anidride carbonica. Per rendere l'edificio nZEB è stato dunque fondamentale l'uso di:

- pannelli solari termici sulle coperture piane e nelle pertinenze dell'edificio e sopra le pensiline dei parcheggi;
- lo sfruttamento delle risorse naturali già presenti *in situ*, tra cui l'acqua del lago.

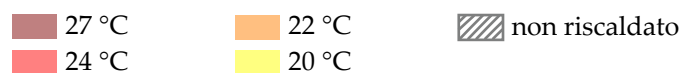
3.2.1 Parametri di qualità ambientale

Il primo passo per progettare la tipologia impiantistica del nostro edificio è stata la definizione dei parametri di qualità ambientale che volevamo soddisfare in ogni ambiente. I parametri caratterizzanti il comfort sono 4:

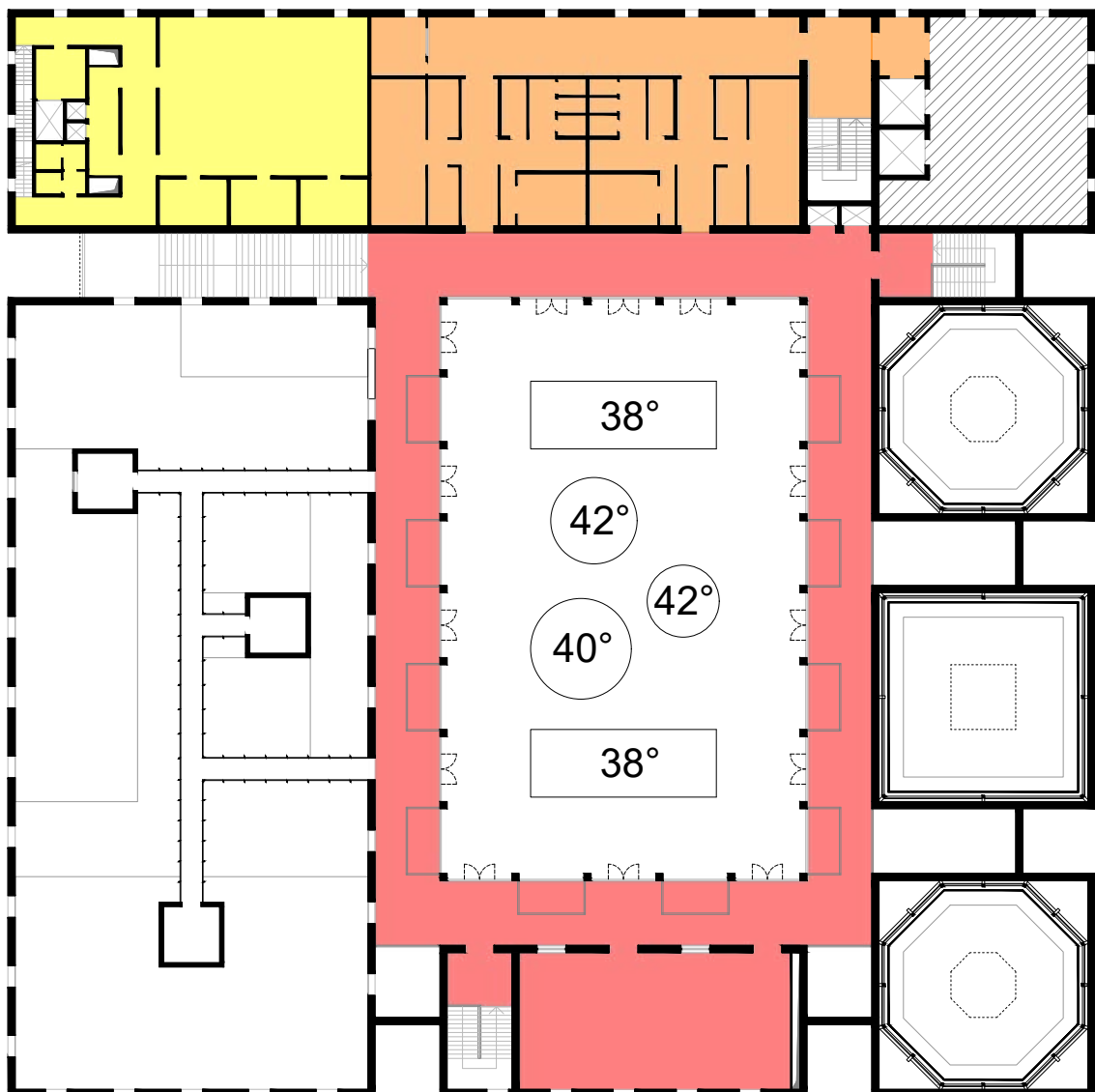
- condizioni termiche: data la diversità e complessità degli spazi del centro benessere, abbiamo individuato 4 differenti condizioni di progetto. Queste sono state determinate a seconda delle temperature interne richieste dai vari ambienti a seconda delle funzioni che ospitano:
 - 27 °C: ambienti prettamente termali (aule piscine, calidarium, tepidarium, frigidarium);
 - 24 °C: ambienti di transizione da percorrere in costume/accappatoio (corridoio livello -1, corridoio livello -2, stanzine);



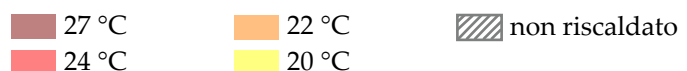
Condizioni termiche livello 0



- 22 °C: ambienti di transizione da percorrere vestiti (spogliatoi, ristorante livello -2);
- 20 °C: ambienti pubblici (ristorante livello 0, bar, hall, cucina, locali di servizio);
- condizioni igrometriche: si decide di mantenere un'umidità interna costante e pari al 50%. Negli ambienti piscina con acqua delle vasche molto calda, e quindi elevati livelli di umidità, verranno adottati sistemi per il controllo della stessa in modo da mantenerla costante, evitando anche l'eccessivo consumo e danneggiamento di eventuali condotti a vista, materiali di rivestimento ecc.;
- qualità dell'aria: si prevede che ogni UTA disponga di un sistema per il controllo delle concentrazioni di inquinanti con apposite sezioni filtranti per la depurazione dell'aria (filtro a celle per la filtrazione di polveri grosse, filtri ondulati modulari, filtri HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) ad



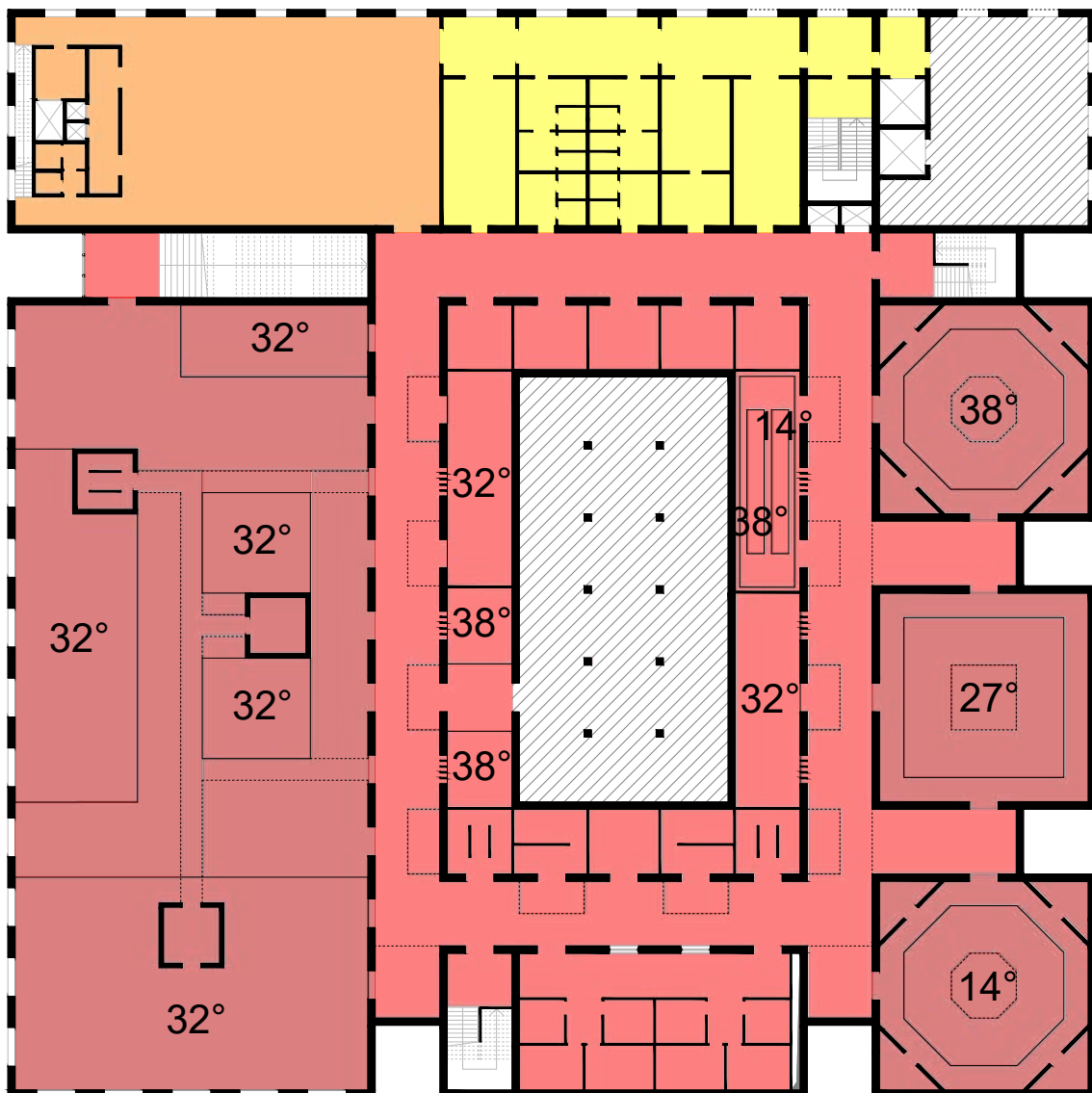
Condizioni termiche livello -1



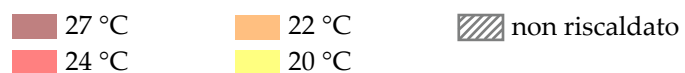
altissima efficienza e capacità di filtrazione del particolato (85-99,9%);

- movimenti dell'aria: si mantiene una velocità dell'aria nei condotti di aerazione pari a 3 m/s, con l'eccezione degli ambienti cucina e servizi al livello -2 dove la velocità dell'aria viene portata a 5 m/s per motivi di ingombro dei tubi. Questo consente di avere sezioni dei condotti più piccole, a parità di portata dell'aria, e sebbene il rumore prodotto dalla circolazione dell'aria aumenti, ciò non risulta essere un problema vista la destinazione funzionale di tali ambienti.

La definizione della qualità ambientale di ogni spazio interno è dunque strettamente correlata alla funzione che vi si svolge. Anche il numero di persone previste in ogni spazio, insieme con le caratteristiche fisiche e dimensionali di ciascuno di essi, contribuiscono alla definizione di un livello di comfort più o meno definito.



Condizioni termiche livello -2



3.2.2 Definizione termo-igrometrica dell'involucro

Per raggiungere delle prestazioni energetiche ottimali risulta poi fondamentale la definizione dell'involucro dell'edificio in modo che esso sia in grado di garantire alte condizioni di comfort interno con il minor sforzo possibile. Per minimizzare le dispersioni termiche per trasmissione attraverso gli elementi tecnologici di chiusura, opachi e trasparenti, orizzontali e verticali, occorre dunque prestare particolare attenzione ai tipi di materiali scelti e alle loro caratteristiche fisiche e meccaniche. Una consapevole progettazione termica consente infatti di ridurre già in partenza il fabbisogno energetico richiesto dall'edificio e quindi le potenze termiche che saranno necessarie per il suo riscaldamento e raffrescamento.

Basandosi dunque sui valori di trasmittanza termica stazionaria U (grandezza fisica che indica la potenza termica che attraversa l'involucro edilizio per unità di superficie disperdente e per unità di differenza di temperatura tra interno ed esterno) contenuti nell'Allegato A al DM 26 giugno 2015 "*Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*", si è cercato di realizzare delle stratigrafie con valori di U inferiori almeno del 50% rispetto a quelli indicati dalla normativa. Ciò ha portato alla scelta di materiali con elevati livelli di qualità dal punto di vista dell'isolamento nelle condizioni invernali.

Oltre a questo parametro, è stato inoltre fondamentale sfruttare materiali che avessero anche massa e/o calore specifico elevati in modo da aumentare l'inerzia termica della stratigrafia prescelta. In questo modo si può garantire un ottimo isolamento anche in condizioni estive, sfruttando la capacità dei materiali di assorbire calore e trattenerlo nel tempo e garantendo dunque minori consumi energetici. Una maggiore inerzia termica infatti, fa in modo che le variazioni di temperatura si registrino con un ritardo temporale più o meno accentuato mantenendo inalterate per più tempo le condizioni ambientali prescelte.

Si analizzano le tipologie costruttive usate, specificando per ognuna la stratigrafia prescelta e riportando per ogni strato le principali caratteristiche del materiale:

- d - spessore in mm;
- λ - conducibilità termica in W/mK: misura l'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore;
- δ - densità in kg/m³: rapporto tra la massa e il volume di una sostanza;
- R - resistenza termica in m²K/W: indica la difficoltà del calore nell'attraversare un materiale;
- U - trasmittanza termica in W/m²K: misura la quantità di potenza termica scambiata da un materiale per unità di superficie e unità di differenza di temperatura.

Per quanto riguarda le partizioni orizzontali, il centro benessere è caratterizzato da quattro differenti tipologie:

- copertura piastra;
- copertura lamiera;
- soletta livello 0;
- soletta livello -2.

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Intonaco	15	0,171	1036	0,088	
Intonaco	15	0,171	1036	0,088	
Cls armato	280	1,910	2400	0,147	
Barriera al vapore	10	0,400	360	0,025	
Isolante in poliuretano	100	0,028	35	3,571	
Isolante in poliuretano	100	0,028	35	3,571	
Massetto in cls alleggerito	60	0,580	900	0,103	
Membrana impermeabilizzante	1,2	0,150	1333	0,008	
Tessuto non tessuto	10	99,999	256	0,000	
Ghiaia	100	1,200	1700	0,083	
	691,2			7,684	0,128

Tabella 1: Stratigrafia copertura piastra

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Cartongesso	15	0,210	900	0,071	
Laiera di acciaio	70	80,000	7870	0,001	
Massetto in cls alleggerito	40	1,080	1600	0,037	
Barriera al vapore	10	0,400	360	0,025	
Isolante in poliuretano	100	0,028	35	3,571	
Isolante in poliuretano	100	0,028	35	3,571	
Massetto in cls alleggerito	60	0,580	900	0,103	
Membrana impermeabilizzante	1,2	0,150	1333	0,008	
Tessuto non tessuto	10	99,999	256	0,000	
Ghiaia	100	1,200	1700	0,083	
	506,2			7,47	0,131

Tabella 2: Stratigrafia copertura lamiera

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
Membrana impermeabilizzante	15	0,170	1200	0,088	
Membrana impermeabilizzante	15	0,170	1200	0,088	
Massetto	60	0,057	470	1,053	
Isolante in poliuretano	120	0,050	70	2,400	
Barriera al vapore	10	0,400	360	0,025	
Barriera al vapore	10	0,400	360	0,025	
Lamiera di acciaio	70	80,000	7870	0,001	
Massetto in cls alleggerito	40	1,080	1600	0,037	
Cartongesso	15	0,210	900	0,071	
	375			3,803	0,249

Tabella 3: Stratigrafia soletta livello 0

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
Massetto	60	0,057	470	1,053	
Membrana impermeabilizzante	15	0,170	287,5	0,088	
Isolante in poliuretano	40	0,023	32	1,739	
Barriera al vapore	10	0,400	360	0,025	
Cls armato	200	1,910	2400	0,105	
Intonaco	15	0,171	1036	0,088	
	360			3,113	0,305

Tabella 4: Stratigrafia soletta livello -2

Per quanto riguarda le partizioni verticali, sono state utilizzate le seguenti tipologie:

- Muri verso aria;
- Muri verso terreno.

La particolarità risiede nel fatto che l'edificio si trova in parte fuori terra, in parte sotto il livello del terreno, il che comporta in sede di calcolo una diversità di temperatura esterna e di realizzazione del cappotto esterno. Per la parte fuori terra si realizza una facciata ventilata che sfrutti la circolazione naturale dell'aria nell'intercapedine tra l'isolante e il rivestimento in pietra. Per la parte sotto il livello del terreno invece, si realizza un'intercapedine che distacchi l'edificio dal terreno, rinforzandolo con dei setti in calcestruzzo armato e realizzando un rivestimento a cappotto incollato alla struttura di tamponamento in mattoni.

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
Intonaco	15	0,171	1036	0,088	
Mattone forato	400	0,370	1800	1,080	
Isolante EPS	80	0,030	22,5	2,667	
Aria	100	0,140	1,2	0,714	
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
	635			4,579	0,211

Tabella 5: Stratigrafia muri verso aria

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
Intonaco	15	0,171	1036	0,088	
Mattone forato	400	0,370	1800	1,080	
Isolante EPS	80	0,030	22,5	2,667	
Pietra	20	1,300	1750	0,015	
	535			3,865	0,242

Tabella 6: Stratigrafia muri verso terreno

Per quanto riguarda le componenti trasparenti, sia orizzontali che verticali, è stata usata la seguente tipologia:

- Serramenti.

Strati	d (mm)	λ (W/mK)	δ (kg/m ³)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Vetro da finestre	6	1,000	2500		
Krypton	12	0,009	3,560		
Vetro da finestre	6	1,000	3500		
	24			1,515	0,660

Tabella 7: Stratigrafia serramenti

Bisogna precisare che nel calcolo delle trasmittanze sono state effettuate una serie di semplificazioni:

- vengono calcolate le trasmittanze solo delle pareti verso l'esterno, tralasciando dunque il calcolo per quelle pareti interne che pure si trovano tra due ambienti a temperature differenti;
- il piano interrato non viene considerato, e dunque il pavimento del livello -2 è considerato direttamente a contatto con il terreno;
- i locali entro terra sono considerati direttamente a contatto con il terreno sebbene in realtà esista un'intercapedine di areazione.

Si riporta infine una tabella riassuntiva dei valori di trasmittanza calcolati, comparati con i valori previsti dall'Allegato A al DM 26 giugno 2015, relativamente alla zona climatica di interesse (Zona C - comuni con gradi-giorno tra 901 e 1400).

Normativa	Progetto	U da normativa (W/m ² K)	U di progetto (W/m ² K)
Strutture opache orizzontali di copertura	Copertura piastra	0,330	0,128
	Copertura lamiera	0,330	0,131
Strutture opache orizzontali di pavimento o contro terra	Soletta livello 0	0,380	0,249
	Soletta livello -2	0,380	0,305
Strutture opache verticali verso l'esterno o contro terra	Muri verso aria	0,340	0,211
	Muri verso terreno	0,340	0,242
Chiusure trasparenti	Serramenti	2,200	0,660

Tabella 8: Confronto livelli di trasmittanza U con valori da normativa

Come si nota dalla tabella appena riportata, il rispetto dei valori previsti da normativa viene sempre rispettato. Mentre tuttavia, per quanto riguarda le partizioni orizzontali di copertura si riescono a raggiungere valori di progetto molto ridotti (più del 50% in meno rispetto ai valori previsti), ciò risulta più difficile per strutture opache orizzontali di pavimento e per quelle verticali. In particolar modo, la soletta del livello -2, considerata direttamente a contatto con il terreno, è quella dove si fa più fatica a raggiungere bassi livelli di trasmittanza, in virtù del fatto che il contatto con il terreno comporta una maggiore dispersione termica.

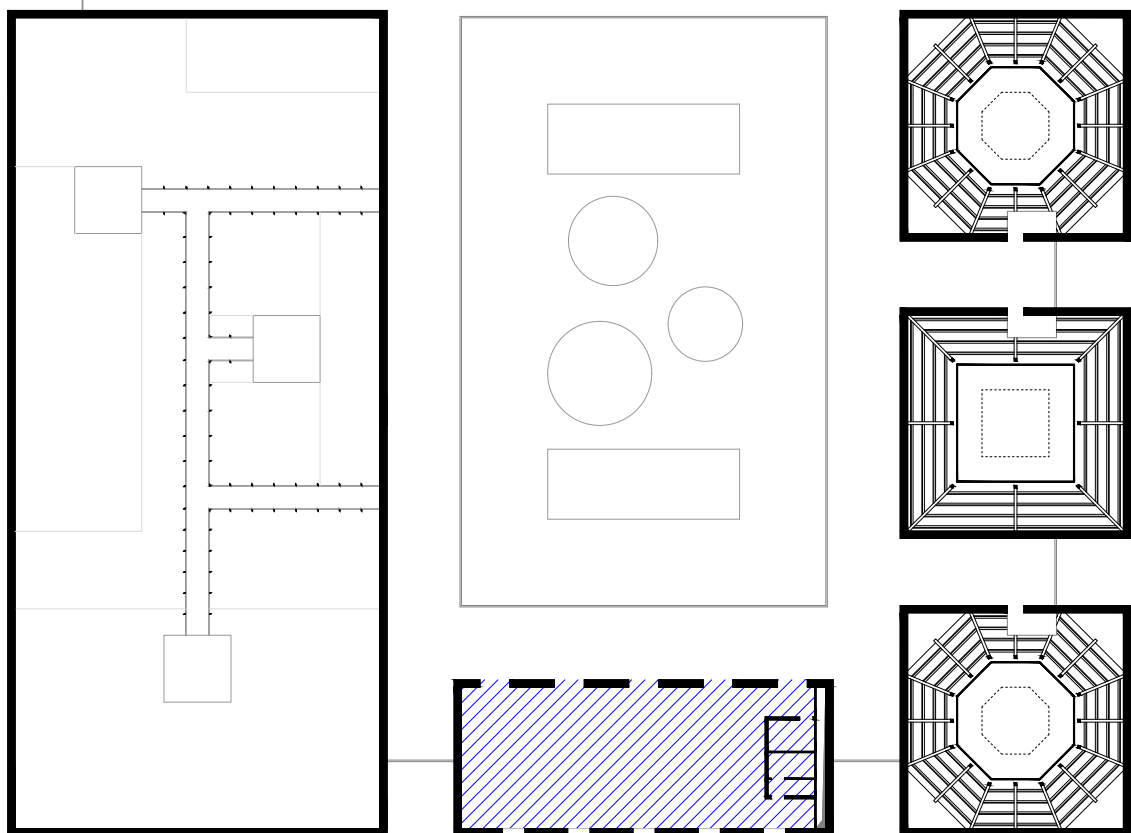
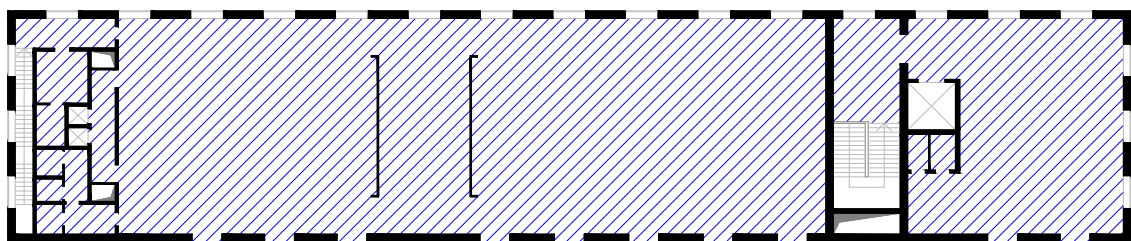
Da notare invece il ridottissimo valore di trasmittanza dei serramenti, realizzati in modo tale da raggiungere un valore di progetto più basso del 73% di quello previsto da normativa.

3.2.3 Controllo del comfort

Considerate dunque le caratteristiche dimensionali e funzionali degli spazi, insieme con il numero di persone che giornalmente usufruisce del centro benessere (calcolato pari circa a 400 persone), è stata scelta una tipologia impiantistica mista aria-acqua che consente di regolare tutti e quattro i parametri caratterizzanti il comfort (vedi 3.2.1).


In particolare, si decide di utilizzare:


- un sistema ad aria primaria per gli ambienti non a destinazione well-ness (ristorante livello 0, hall, bar, cucina, spogliatoi, ristorante livello -2, servizi -2);
- un sistema misto ad aria primaria e a pavimento per gli ambienti a destinazione well-ness (relax, massaggi, stanzine, aula piscine, calidarium, tepidarium, frigidarium, corridoio -1 e corridoio -2).



Controllo del comfort livello 0

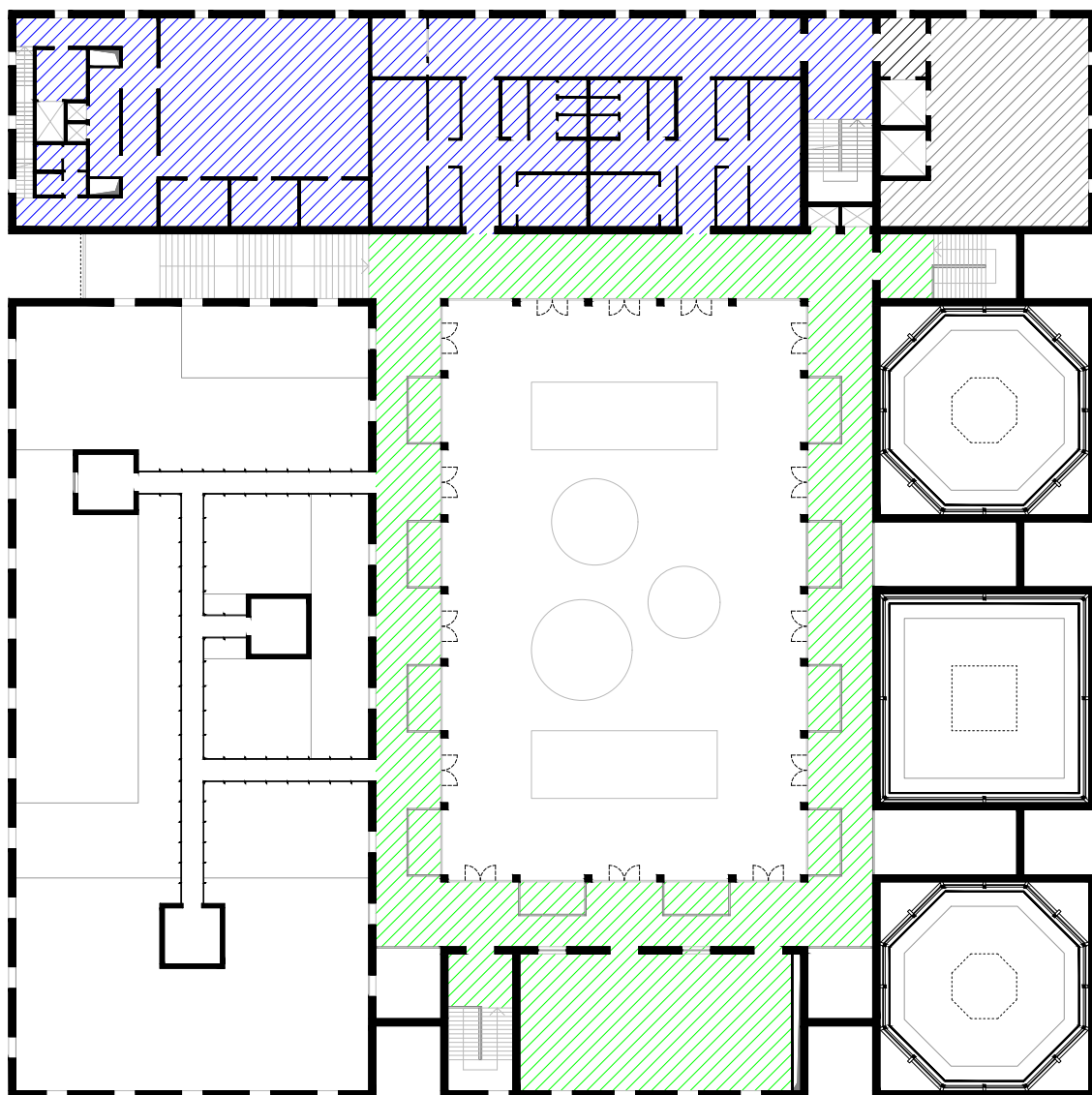
 Aria primaria / H + C

 Aria primaria + pavimento / H



 non riscaldato


Gli ambienti a destinazione non well-ness infatti, non hanno particolari esigenze di comfort interno, essendo classici ambienti comuni.

Gli ambienti a destinazione well-ness invece, richiedono una maggiore attenzione dal punto di vista del comfort interno. Sono infatti ambienti dove si ha necessità di muoversi e stare in costume e /o accappatoio, dunque scalzi o con ciabatte. Proprio per questo motivo si decide, per questi ambienti, di implementare il sistema impiantistico ad aria primaria con un sistema a pavimento i cui terminali di emissione siano dei pannelli radianti. Ciò consente di ottenere un maggiore controllo del comfort. Inoltre, la caratteristica della maggior parte di questi ambienti a destinazione well-ness è quella di essere ambienti di altezza elevata con un soffitto situato alla quota di 13,5 m dal piano di calpestio. L'impianto ad aria primaria aiuta certamente a mantenere le condizioni di comfort interno richieste in sede di progetto, ma l'altezza elevata limita inevitabilmente la capacità



Controllo del comfort livello -1

 Aria primaria / H + C
 Aria primaria + pavimento / H

 non riscaldato

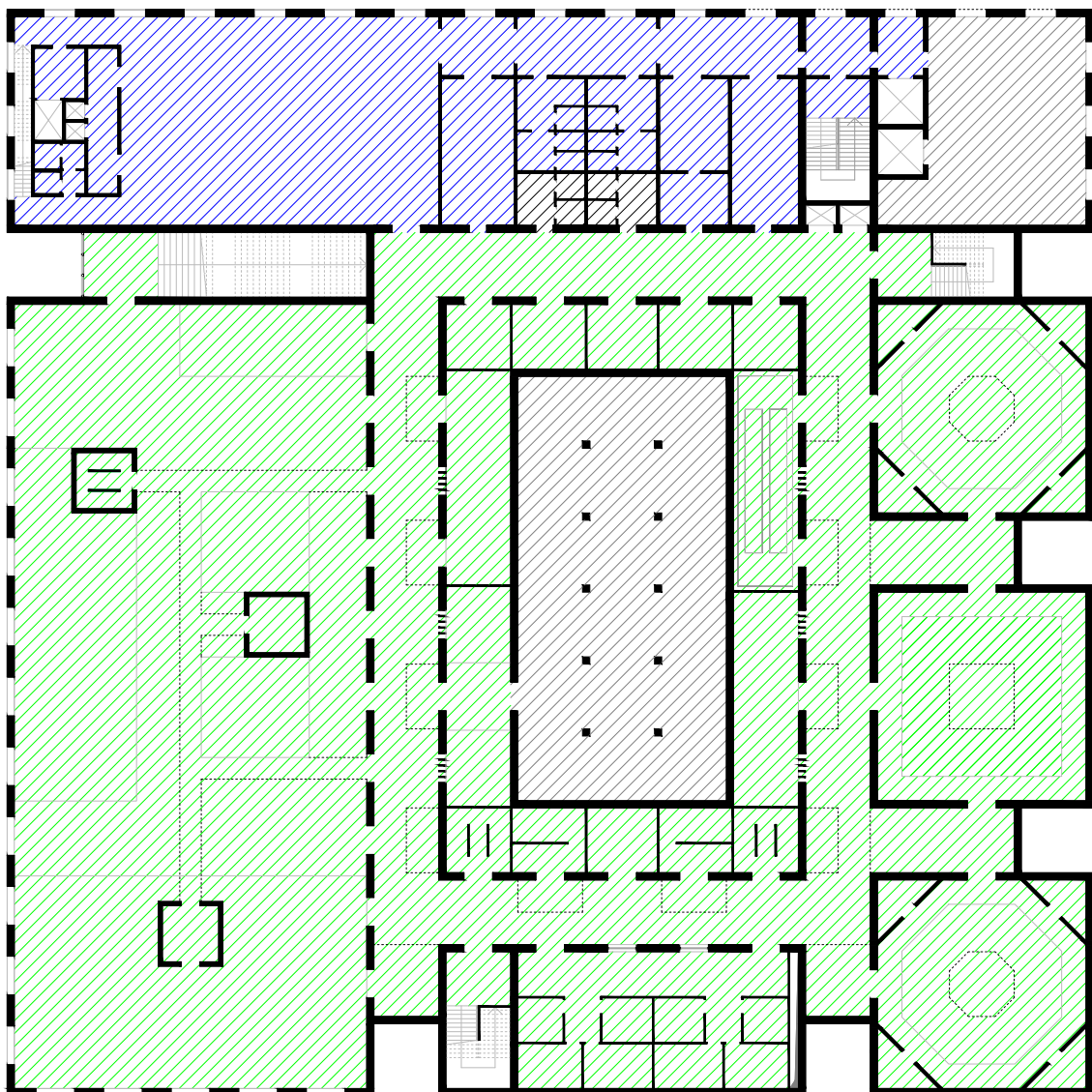
di un impianto solo ad aria. Essa tende infatti per forza di cose a spostarsi verso l'alto, disperdendosi tanto maggiormente quanto più l'ambiente è alto.

Per questo, l'implementazione con un sistema a pavimento risulta ottimale, consentendo di meglio gestire la porzione di aria a più diretto contatto con il pavimento (specificamente fino alla quota di 2 m). In questo modo, il ricambio d'aria risulta essere garantito, migliorando la sensazione di comfort che chi è scalzo o in ciabatte prova in questi ambienti.

Inoltre, va precisato che si prevede il seguente funzionamento dell'impianto:

- riscaldamento e raffrescamento per gli ambienti a destinazione non well-ness;
- solo riscaldamento per gli ambienti a destinazione well-ness.

Questa suddivisione dipende dal fatto che per gli spazi propriamente appartenenti al centro benessere, si vogliono mantenere in estate quanto in inverno nelle medesime condizioni interne descritte nel paragrafo 3.2.1



Controllo del comfort livello -2



3.2.4 Tipologia impiantistica

L'impianto misto che verrà utilizzato sarà dunque composto da un sistema di generazione termo-frigorifera che produrrà il caldo per gli ambienti da riscaldare e il freddo per quelli da raffrescare. Si cercherà di sfruttare l'acqua del lago e l'acqua di falda con delle pompe di calore geotermiche a bassa entalpia. Le pompe di calore, invertibili, a compressione, a funzionamento modulante e in parallelo, saranno associate a dei sistemi di accumulo inerziali specifici per le diverse tipologie di utenza.

Occorrerà poi prestare particolare attenzione all'enorme quantità di acqua che deve essere gestita nel centro benessere. Non solo l'acqua calda sanitaria (ACS), ma tutta l'acqua necessaria per le vasche, le piscine e le docce distribuite nel centro benessere.

Le pompe di calore e gli accumuli verranno posizionati nella centrale termica situata al livello interrato -3, prevedendo apposite entrate/uscite/snodi per permettere il passaggio, lo spostamento, la manutenzione, di questi macchinari.

La centrale termica produce dunque energia termica e/o frigorifera, che viene trasportata dal circuito idronico per servire:

- ad alimentare le batterie di riscaldamento e raffreddamento delle Unità di Trattamento dell'Aria (UTA), utilizzate in tutti gli ambienti del centro benessere per la climitizzazione degli ambienti, per il controllo dell'umidità, della qualità e della velocità dell'aria;
- ad alimentare i collettori dei pannelli radianti negli ambienti prettamente destinati a funzione well-ness per ragioni di comfort termico;
- a soddisfare il bisogno di ACS;
- a mantenere costante la temperatura dell'acqua delle vasche delle piscine.

A ciò sarà integrato un sistema di pannelli solari termici disposto sulle coperture piane dell'edificio e sulle pensiline dei parcheggi predisposti nelle sue prossimità.

Ambeinti	Aria primaria	Aria primaria + pavimento	Riscaldamento (H)	Riscaldamento + raffreddamento (H+C)
Ristorante 0	x			x
Hall	x			x
Bar	x			x
Cucina	x			x
Servizi -2	x			x
Spogliatoi	x			x
Ristorante -2	x			x
Corridoio -1		x	x	
Corridoio -2		x	x	
Relax		x	x	
Massaggi		x	x	
Stanzine		x	x	
Piscine		x	x	
Calidarium		x	x	
Tepidarium		x	x	
Frigidarium		x	x	

Tabella 9: Funzionamento del sistema impiantistico definito in sede di progetto

3.3.1 Portata d'aria

Per tutti gli ambienti del centro benessere viene calcolata la portata di aria primaria che deve essere immessa in ogni ambiente in base alla sua tipologia, alla sua funzione e al numero di persone che deve ospitare. I valori dei ricambi d'aria vengono desunti dalle normative vigenti: il CONI per gli ambienti ad uso natatorio, la NORMA UNI 10339 e l'Accordo tra *Il ministero della salute, le regioni, e le province autonome di Trento e Bolzano sugli aspetti igienico-sanitari per la costruzione, la manutenzione e la vigilanza delle piscine ad uso natatorio.*

La complessità degli ambienti del centro benessere si manifesta anche nella diversità del calcolo delle portate d'aria: i documenti sopra citati riportano infatti delle leggere divergenze di calcolo e di valori forniti.

Si riportano di seguito i metodi di calcolo a seconda dei valori di ricambi d'aria forniti dai documenti:

- Ricambi d'aria (vol/h):
 $Q = \text{ricambi} \cdot \text{Volume};$
- Ricambi d'aria (m^3/hm^2):
 $Q = \text{ricambi} \cdot \text{superficie};$
- portata unitaria esterna (m^3/sm^2):
 $Q = \text{portata unitaria} \cdot n^\circ \text{ di persone}.$

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle portate d'aria in m^3/h e m^3/s calcolate per ciascun ambiente:

Ambienti	Q (m^3/h)	Q (m^3/s)	Ambienti	Q (m^3/h)	Q (m^3/s)
Ristorante 0	14882	4,13	Wc sp	1224	0,34
Servizi rist 0	255	0,07	Ristorante -2	6890	1,91
WC rist 0	432	0,12	Servizi rist -2	255	0,07
Hall	658	0,18	Wc rist -2	432	0,12
WC hall	252	0,07	Corridoio -1	2363	0,66
Bar	6621	1,84	Corridoio -2	2835	0,79
WC bar	576	0,16	Relax	1465	0,41
Cucina	14672	4,08	Massaggi	1465	0,41
WC cucina	432	0,12	Stanzine	9900	2,75
Servizi cucina	255	0,07	Piscine	26700	7,42
Servizi -2	783	0,22	Calidarium	3400	0,94
Wc servizi -2	3528	0,98	Tepidarium	4200	1,17
Spogliatoi	3228	0,90	Frigidarium	3400	0,94
Corridoio sp	427	0,12			

Tabella 10: Portata d'aria

Si ottiene una portata d'aria totale $Q = 111531 \text{ m}^3/\text{h}$, pari a $Q = 31 \text{ m}^3/\text{s}$. Sebbene sia importante avere un'idea della portata d'aria complessiva richiesta dall'edificio, si procede ora a una scomposizione degli ambienti scegliendo per ogni gruppo la UTA corrispondente.

Per una progettazione ottimale, si decide infatti di scorporare le UTA necessarie a seconda della portata richiesta dagli ambienti.

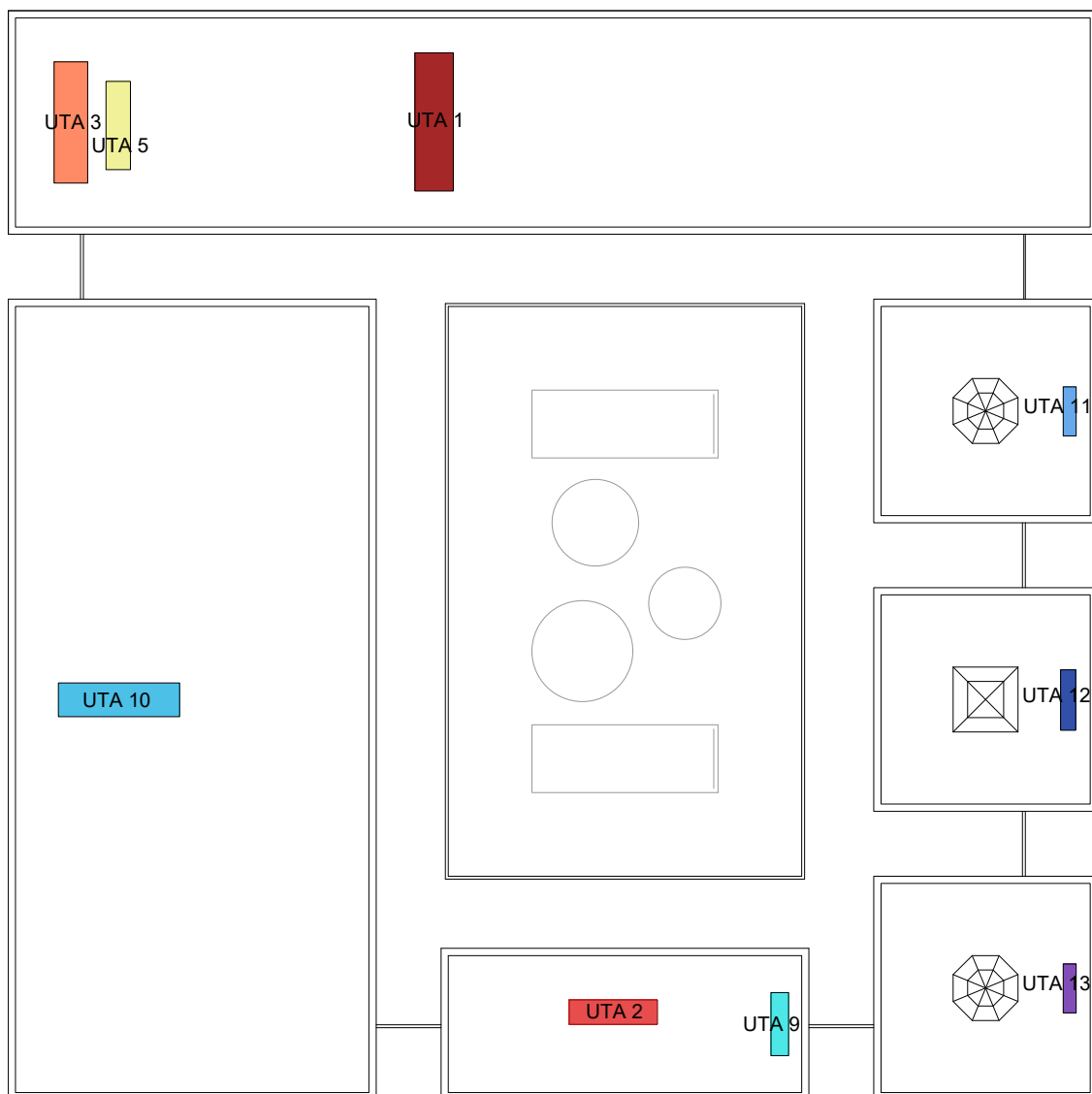
Si accorpano dunque ambienti che necessitano di portate simili, che abbiano temperature interne uguali e che siano dislocati nell'edificio in modo che la UTA collegata sia in una posizione comoda. Si preferisce inoltre non raggiungere dimensioni di UTA particolarmente eccessive.

Dopo un'attenta riflessione dal punto di vista progettuale, occupandosi principalmente di come saranno disposti i layout impiantistici che distribuiranno l'aria dalle UTA ai locali corrispondenti, il centro benessere viene così suddiviso in 13 Unità di Trattamento dell'Aria, dei seguenti modelli e dimensioni:

Suddivisione ambienti in base a UTA	$Q_{ambienti}$ (m^3/h)	UTA	Modello	Q_{UTA} (m^3/h)	A x B x C (mm)	Posizione
Ristorante 0, servizi rist 0, WC rist 0, Hall, Wc Hall	16479	1	AERMEC NCD 14	19742	1285 x 2655 x 9581	Copertura
Bar, WC bar	7197	2	AERMEC NCD 9	8019	965 x 1695 x 6117	Copertura
Cucina, Wc cucina, servizi cucina	15359	3	AERMEC NCD 13	16978	1285 x 2335 x 8406	Copertura
Spogliatoi, corridoio sp, WC sp	4879	4	AERMEC NCD 7	5257	965 x 1215 x 4374	Locale tecnico -1
Ristorante -2, servizi rist -2, WC rist -2	7577	5	AERMEC NCD 9	8019	965 x 1695 x 6117	Copertura
Servizi -2, WC servizi -2	4311	6	AERMEC NCD 7	5257	965 x 1215 x 4374	Locale tecnico -2
Corridoio -1	2363	7	AERMEC NCD 4	3132	805 x 1055 x 3798	Locale tecnico -1
Corridoio -2, stanzine	12735	8	AERMEC SPL 160	16000	2085 x 2015 x 5790	Locale tecnico -2
Relax, massaggi	2930	9	AERMEC NCD 5	3823	805 x 1215 x 4374	Copertura
Piscine	26700	10	AERMEC NCD 16	30772	2085 x 2335 x 8406	Copertura
Calidarium	3400	11	AERMEC SPL 040	4000	1765 x 895 x 3390	Copertura
Tepidarium	4200	12	AERMEC SPL 060	6300	2245 x 1055 x 4190	Copertura
Frigidarium	3400	13	AERMEC SPL 040	4000	1765 x 895 x 3390	Copertura

Tabella 11: UTA

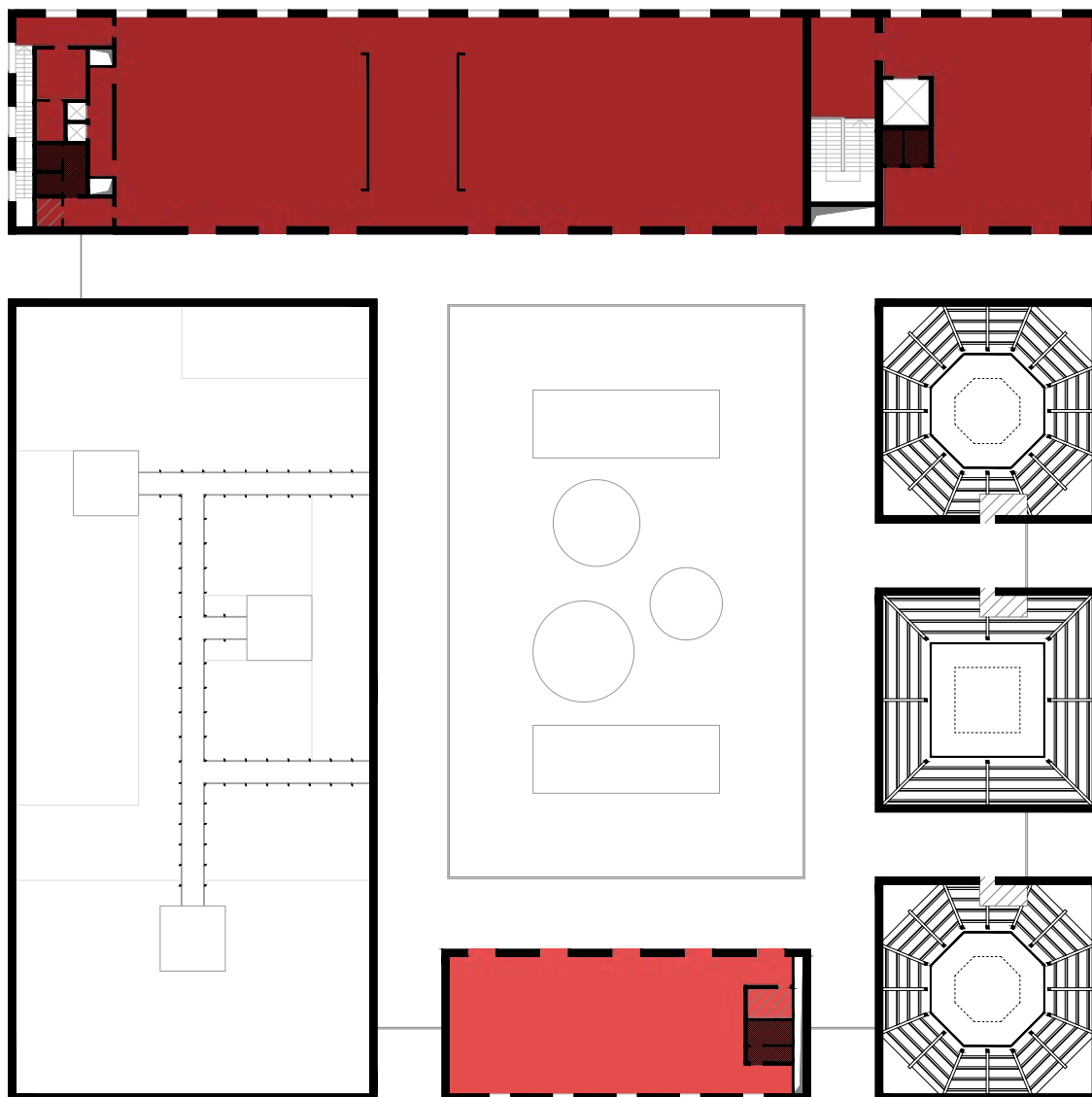
Le 13 UTA vengono posizionate preferibilmente in copertura, andando a realizzare dei cavedi tecnici per il passaggio dei condotti per quelle UTA che servono ambienti situati ai livelli sottostanti. La posizione in copertura risulta ottimale per garantire l'aspirazione ed espulsione diretta dell'aria nell'ambiente esterno, limitando inoltre i problemi dovuti al rumore dell'aria nei condotti di mandata e ripresa che escono ed entrano direttamente dalla macchina. La posizione in copertura facilita inoltre il controllo e la manutenzione di questi macchinari, raggiungibili attraverso opportune scale con gabbia anticaduta o attraverso botole apribili nei controsoffitti.



Posizionamento UTA in copertura

- | | |
|--|--|
| ■ UTA 1: Ristorante 0, Hall | ■ UTA 8: Corridoio -2, stanzine |
| ■ UTA 2: Bar | ■ UTA 9: Relax, massaggi |
| ■ UTA 3: Cucina | ■ UTA 10: Aula piscine |
| ■ UTA 4: Spogliatoi | ■ UTA 11: Calidarium |
| ■ UTA 5: Ristorante -2 | ■ UTA 12: Tepidarium |
| ■ UTA 6: Servizi -2 | ■ UTA 13: Frigidarium |
| ■ UTA 7: Corridoio -1 | |

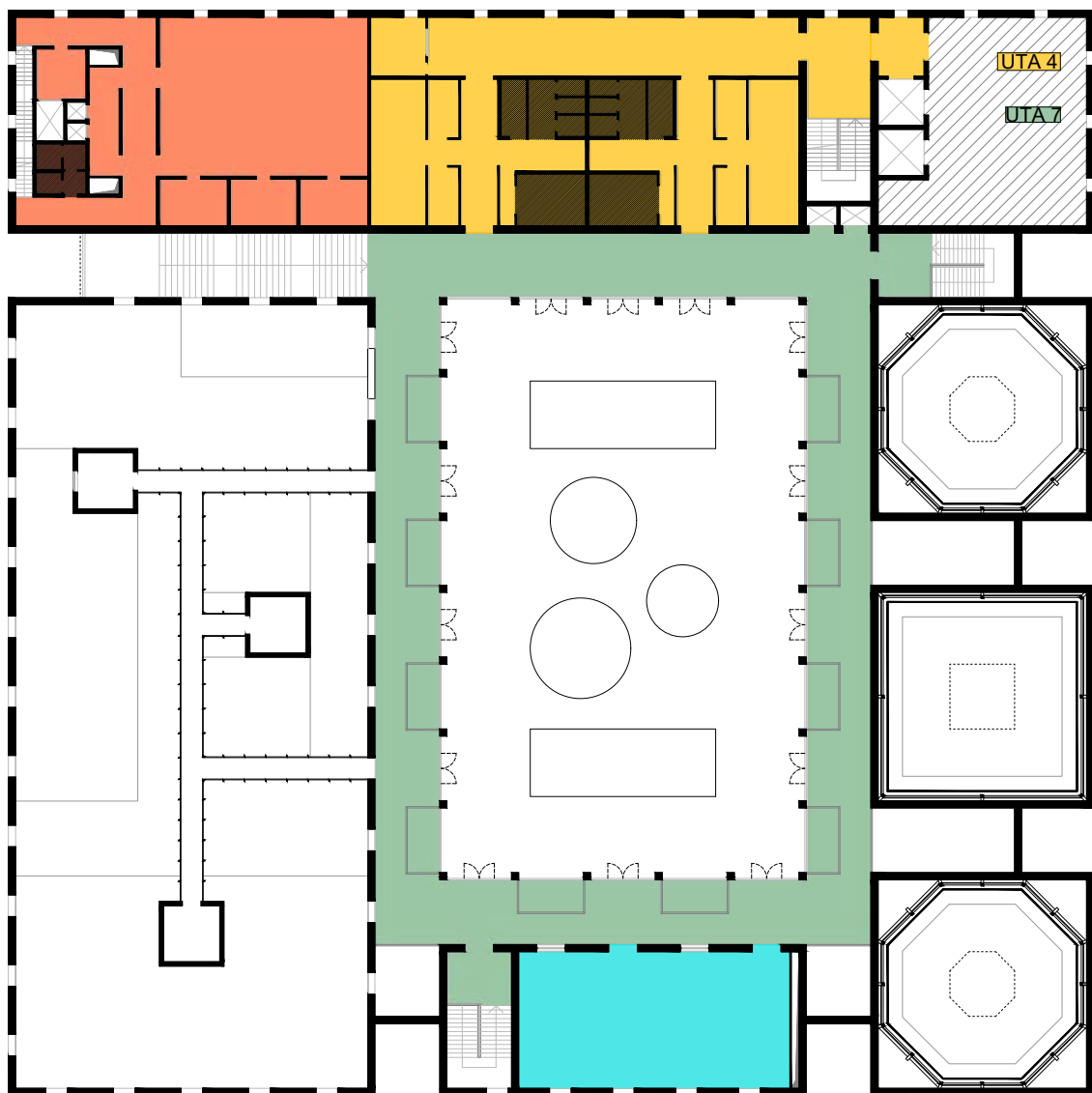
Quando ciò non risulta possibile, si sfruttano i due locali tecnici presenti al livello -1 e al livello -2. In questi casi vengono previste apposite aperture nei prospetti dell'edificio, in modo che i condotti di aspirazione ed espulsione dell'aria possano liberamente raggiungere l'aria esterna. Avere le UTA al chiuso non è infatti mai la soluzione migliore, ma per questo motivo i locali tecnici vengono fatti nei due angoli esterni dell'edificio, in modo da potersi aprire all'esterno. Si esclude infatti del tutto la scelta di posizionare le UTA nel livello interrato vicino alla centrale termica. Ciò comporterà una maggiore attenzione in sede di progettazione del layout impiantistico, come vedremo in seguito.



UTA e ambienti serviti livello 0

- | | |
|--|--|
| UTA 1: Ristorante 0, Hall | UTA 8: Corridoio -2, stanzine |
| UTA 2: Bar | UTA 9: Relax, massaggi |
| UTA 3: Cucina | UTA 10: Aula piscine |
| UTA 4: Spogliatoi | UTA 11: Calidarium |
| UTA 5: Ristorante -2 | UTA 12: Tepidarium |
| UTA 6: Servizi -2 | UTA 13: Frigidarium |
| UTA 7: Corridoio -1 | |

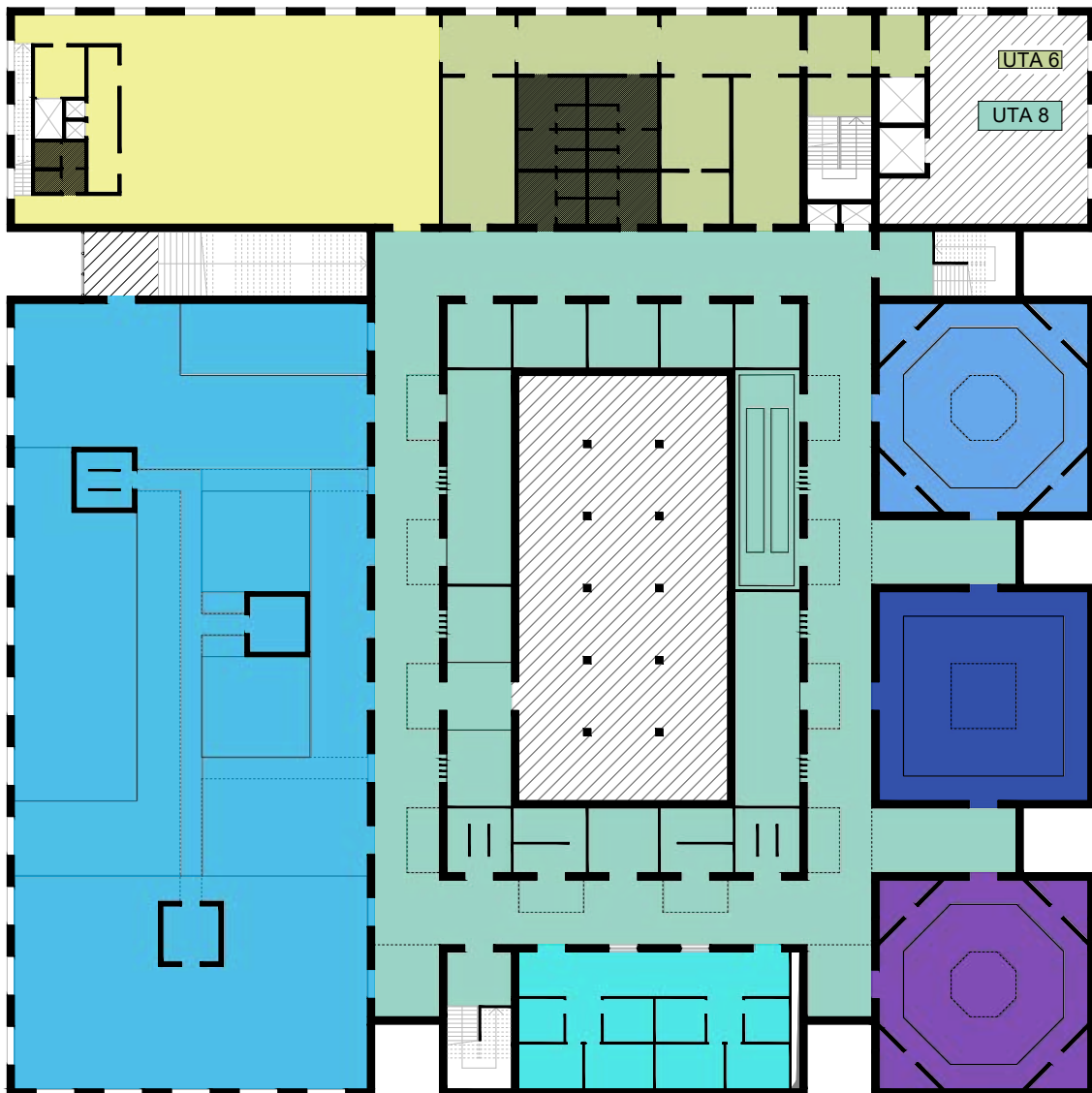
Tutte le UTA sono dotate di recuperatore di calore al 90%. Questo consente un notevole risparmio energetico. Infatti, oltre a eliminare l'umidificazione adiabatica e il necessario post-riscaldamento del trattamento dell'aria della climatizzazione invernale tradizionale, è possibile aumentare la temperatura dell'aria entrante nell'UTA grazie allo scambio di calore con l'aria esausta calda e umida prelevata direttamente dagli ambienti interni. In questo modo, si diminuisce notevolmente l'energia termica per portare l'aria esterna alle condizioni di temperatura necessarie al bilanciamento dei carichi sensibili, riducendo quindi la dispersione per ventilazione del 90%.



UTA e ambienti serviti livello -1

 UTA 1: Ristorante 0, Hall	 UTA 8: Corridoio -2, stanzine
 UTA 2: Bar	 UTA 9: Relax, massaggi
 UTA 3: Cucina	 UTA 10: Aula piscine
 UTA 4: Spogliatoi	 UTA 11: Calidarium
 UTA 5: Ristorante -2	 UTA 12: Tepidarium
 UTA 6: Servizi -2	 UTA 13: Frigidarium
 UTA 7: Corridoio -1	

Le UTA scelte sono tutte della Marca AERMEC, in modo da rispettare un'omogeneità anche nella scelta dei macchinari. Avere macchine della stessa marca facilita infatti gli aspetti gestionali e manutentivi delle stesse. Tutti i macchinari scelti sono sovradimensionati rispetto alle reali esigenze, in modo da tenere conto di eventuali errori in sede di calcolo delle portate di aria, o eventuali cambiamenti nel corso del ciclo di vita dell'edificio. In particolare, si scelgono unità specifiche per il trattamento degli ambienti well-ness per gli ambienti che contengono al loro interno delle piscine. Questi sono infatti pensati in modo ottimizzato per meglio rispondere alle esigenze peculiari di questi ambienti.



UTA e ambienti serviti livello -2

- | | |
|--|--|
| ■ UTA 1: Ristorante 0, Hall | ■ UTA 8: Corridoio -2, stanzine |
| ■ UTA 2: Bar | ■ UTA 9: Relax, massaggi |
| ■ UTA 3: Cucina | ■ UTA 10: Aula piscine |
| ■ UTA 4: Spogliatoi | ■ UTA 11: Calidarium |
| ■ UTA 5: Ristorante -2 | ■ UTA 12: Tepidarium |
| ■ UTA 6: Servizi -2 | ■ UTA 13: Frigidarium |
| ■ UTA 7: Corridoio -1 | |

3.3.2 Condotti dell'aria

Stabilita la portata d'aria necessaria in ogni ambiente si procede con il dimensionamento dei condotti dell'aria per portare effettivamente l'aria dall'UTA al locale. Si considera una velocità (v) dell'aria di 3 m/s. Il condotto entrante e uscente dall'UTA viene invece progettato con una velocità (v') dell'aria di 5 m/s: poichè infatti l'UTA si trova in copertura o nei locali tecnici, ciò non provoca problemi a livello acustico, consentendo invece di avere una sezione del condotto ridotta. Allo stesso modo, gli ambienti cucina, servizi -2 e spogliatoi, vengono progettati con una velocità (v') dell'aria pari a 5 m/s per ridurre l'ingombro dei tubi.

Definita la portata (Q) in m^3/s per ogni macro-ambiente servito dalla medesima UTA, si calcola l'area del canale principale e da qui il suo diametro.

$$A_{\text{canale principale}} = Q/v' \quad [m^2]$$

$$d_{\text{canale principale}} = 2 \cdot \sqrt{(A/\pi)} \quad [m]$$

Decidendo di utilizzare dei condotti circolari, si definisce il diametro della bocchetta desiderata e si calcola la sua area:

$$d_{\text{bocchetta}} = 0,3 \text{ m}$$

$$A_{\text{bocchetta}} = \pi \cdot (d/2)^2$$

Si calcola il numero minimo di bocchette necessario:

$$n^{\circ}_{\text{minbocchette}} = A_{\text{canale principale}} / A_{\text{bocchetta}}$$

È opportuno precisare che il numero minimo di bocchette è solamente un punto di partenza indicativo: nel momento della progettazione del layout impiantistico infatti, occorrerà tenere presente delle particolarità di ciascuno spazio. Ogni locale di ogni ambiente necessiterà infatti di almeno una bocchetta di mandata e di una di ripresa. Il numero effettivo di bocchette di progetto risulterà dunque essere superiore a quello qui calcolato, come si potrà notare nelle seguenti piante dei layout impiantistici.

Si riportano ad ogni modo i calcoli preliminari per le bocchette, ricordando che il medesimo procedimento è stato svolto per le bocchette di mandata e per quelle di ripresa, decidendo di utilizzare le stesse dimensioni.

Le righe riportate evidenziate in grigio, indicano la sommatoria delle portate degli ambienti soprastanti, per i quali tramite la velocità dell'aria $v' = 5$ m/s si calcola il diametro del canale principale entrante/uscente dall'UTA. Come precedentemente menzionato infatti, una stessa UTA serve più ambienti che vengono raggruppati in macro-ambienti.

Nei casi in cui la portata d'aria sia eccessivamente alta, come nel locale cucina, la dimensione standard scelta per le bocchette, viene aumentata a un diametro di 0,4 m. Gli ambienti che necessitano di meno ricambi d'aria invece, vengono progettati con delle bocchette di diametro inferiore, pari a 0,2 m. La scelta di bocchette circolari e conseguentemente di condotti dell'aria circolari, è una scelta puramente progettuale, senza ricadute dal punto di vista impiantistico. Ciacun condotto verrà opportunamente isolato e sorretto da appositi anelli di fissaggio che rendono il condotto stabile, con agganci incrociati per condotti particolarmente lunghi e ingombranti.



NCD



SPL 160-250



Ambienti	Q (m ³ /s)	A canale principale (m ²)	d canale principale (m)	d bocchetta (m)	A bocchetta (m ²)	n° min bocchette
Ristorante 0	4,13	1,38	1,3	0,3	0,07	19,5
Servizi rist 0	0,07	0,02	0,2	0,2	0,03	0,8
WC rist 0	0,12	0,04	0,2	0,2	0,03	1,3
Hall	0,18	0,06	0,3	0,2	0,03	1,9
WC hall	0,07	0,02	0,2	0,2	0,03	0,7
	4,58	0,92	1,08			
Bar	1,84	0,61	0,9	0,3	0,07	8,7
WC bar	0,16	0,05	0,3	0,2	0,03	1,7
	2,00	0,40	0,71			
Cucina	4,08	1,36	1,3	0,4	0,13	10,8
WC cucina	0,12	0,04	0,2	0,2	0,03	1,3
Servizi cucina	0,07	0,02	0,2	0,2	0,03	0,8
	4,27	0,85	1,04			
Servizi -2	0,21	0,07	0,3	0,2	0,03	2,3
Wc servizi -2	0,98	0,33	0,6	0,2	0,03	10,4
	1,20	0,24	0,55			
Spogliatoi	0,90	0,30	0,6	0,2	0,03	9,5
Corridoio sp	0,12	0,04	0,2	0,2	0,03	1,3
Wc sp	0,34	0,11	0,4	0,2	0,03	3,6
	1,36	0,27	0,59			
Ristorante -2	1,91	0,64	0,9	0,3	0,07	9,0
Servizi rist -2	0,07	0,02	0,2	0,2	0,03	0,8
Wc rist -2	0,12	0,04	0,2	0,2	0,03	1,3
	2,10	0,42	0,73			
Corridoio -1	0,66	0,22	0,5	0,2	0,03	7,0
	0,66	0,13	0,41			
Relax	0,41	0,14	0,4	0,2	0,03	4,3
Massaggi	0,41	0,14	0,4	0,2	0,03	4,3
	0,81	0,16	0,46			
Corridoio -2	0,79	0,26	0,6	0,2	0,03	8,4
Stanzine	2,75	0,92	1,1	0,2	0,03	29,2
	3,54	0,71	0,95			
Piscine	7,42	2,47	1,8	0,3	0,07	35,0
	7,42	1,48	1,37			
Calidarium	0,94	0,31	0,6	0,3	0,07	4,5
	0,94	0,19	0,49			
Frigidarium	0,94	0,31	0,6	0,3	0,07	4,5
	0,94	0,19	0,49			
Tepidarium	1,17	0,39	0,7	0,3	0,07	5,5
	1,17	0,23	0,55			

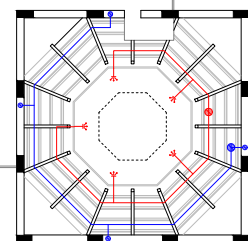
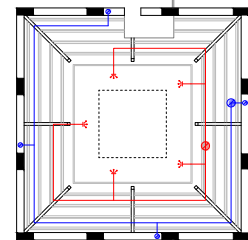
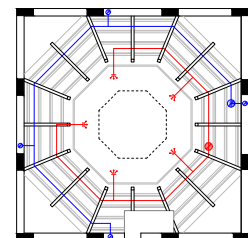
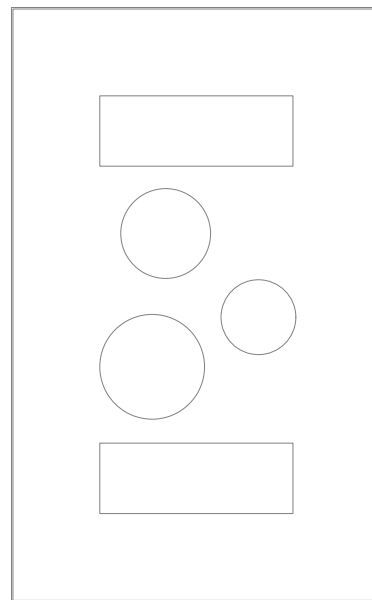
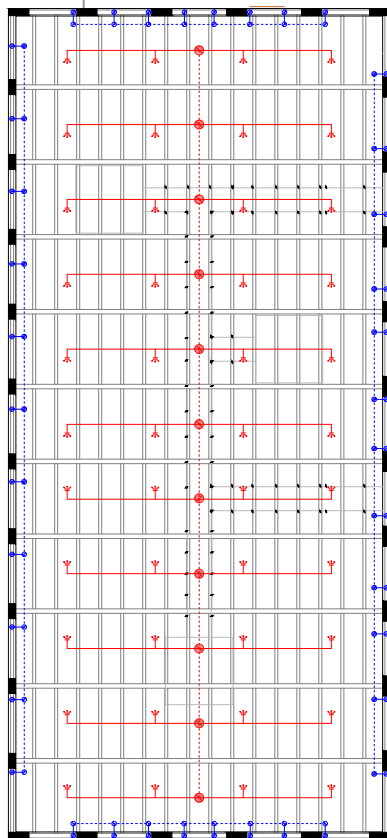
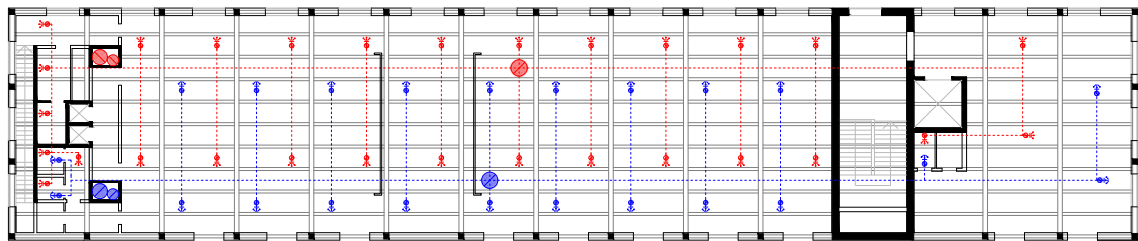
Tabella 12: Dimensionamento condotti dell'aria

Risulta opportuno precisare che nel calcolo del numero di bocchette necessarie, vengono eseguite una serie di semplificazioni. Prime fra tutte il considerare come portata di aria quella complessiva dei vari ambienti serviti dall'UTA corrispondente, senza tenere conto della suddivisione interna di ciascuno di essi. Se ciò non comporta variazioni significative con il numero di bocchette di progetto per gli ambienti non suddivisi internamente (aula piscine ecc.), la variazione risulta notevole negli ambienti spogliatoio e servizi -2.

Si riportano dunque le piante dei layout impiantistici, indicando in rosso i condotti dell'aria di mandata, in blu quelli di ripresa. Il layout è stato progettato in modo da integrarsi con la parte strutturale, in particolare sono state effettuate 2 differenti scelte progettuali:

- Impianti a vista con intercapedine per impianti sopra la soletta di copertura:
 - ambienti livello 0 (ristorante, hall, bar)
 - aula piscine
- Impianti nascosti dal controsoffitto (in tutti gli altri ambienti).

Per quanto riguarda gli impianti a vista, la scelta è stata quella di disporre i canali di collegamento all'interno di un'intercapedine appositamente creata per alloggiare gli impianti, bucando la soletta nei punti necessari alla fuoriuscita delle bocchette. In questo modo, l'ingombro maggiore dei tubi evita di occupare troppo spazio che renderebbe l'ambiente opprimente, dato soprattutto che questi, per le funzioni che ospitano e le grandi dimensioni, necessitano di condotti particolarmente ingombranti



Layout impiantistico livello 0

■ Condotti di mandata

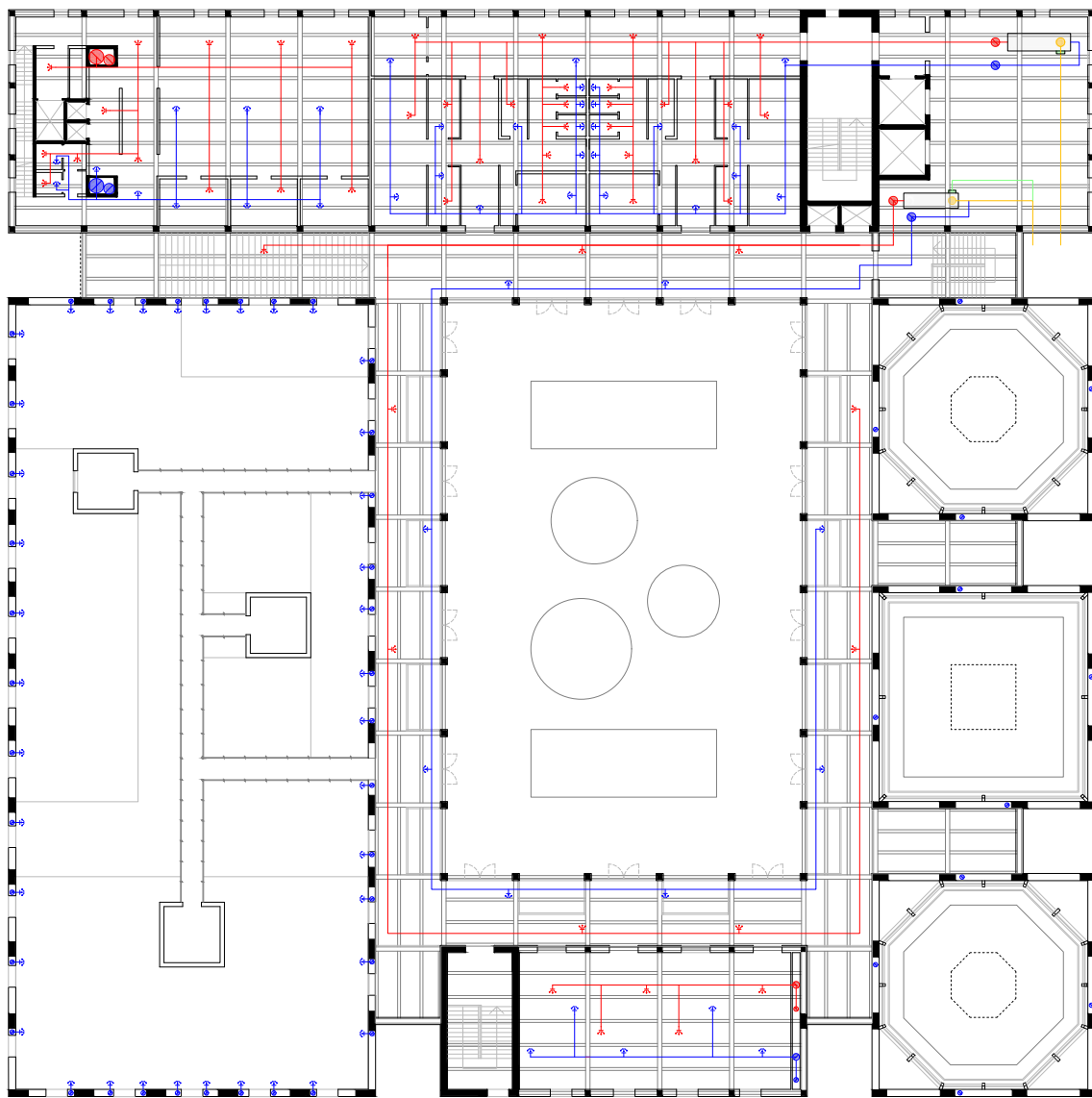
■ Condotti di ripresa

Si è invece deciso di nascondere gli impianti nel controsoffitto al livello -1 e al livello -2, dove era impossibile alzare l'interpiano e dove l'ingombro massiccio dei condotti dell'aria avrebbe limitato la percezione dell'ambiente stesso.

In entrambi i casi comunque, il layout dei condotti si affianca a quello strutturale, andando a creare una maglia regolare dove condotti e travi principali e secondarie dialogano tra loro senza ostruzioni di alcun genere.

La maglia impiantistica è stata pensata appositamente per avere come direzione principale quella orizzontale, posizionando infatti le UTA nel modo più comodo in tal senso. Dove necessario però, sono stati creati degli appositi cavedi che permettessero ai condotti di muoversi verticalmente.

In generale, la mandata è stata sempre realizzata dall'alto. Per quanto riguarda la ripresa invece, essa viene svolta dall'alto negli ambienti ad un solo piano, dal basso negli ambienti a triplice altezza (aula piscine, calidarium, tepidarium e frigidarium).



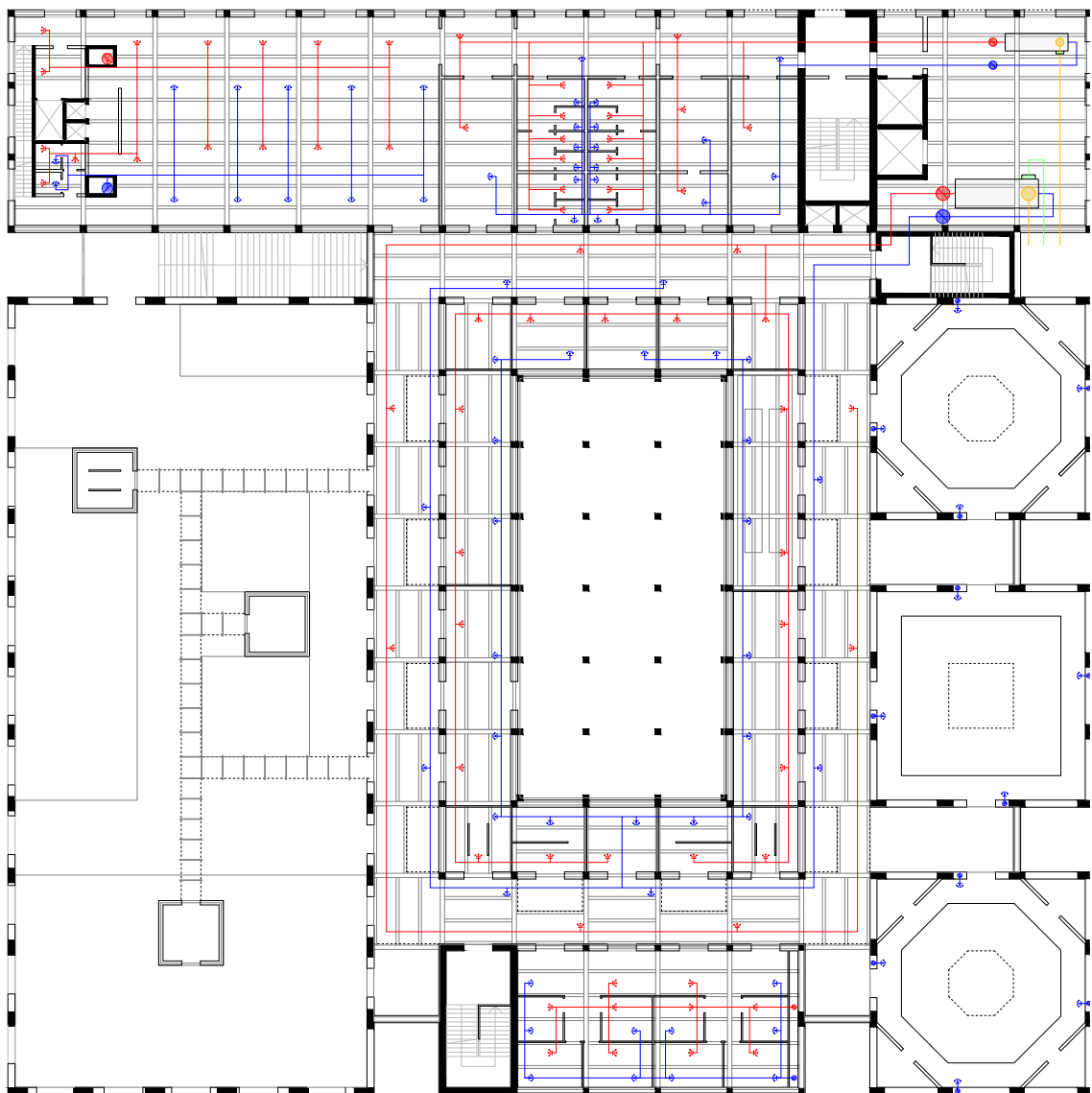
Layout impiantistico livello -1

■ Condotti di mandata

■ Condotti di ripresa

In questi spazi infatti, si è sfruttato il muro di tamponamento in mattoni per far scendere i condotti all'interno della parete verticale in modo da poter raggiungere un'altezza inferiore per il posizionamento delle bocchette. Nonostante infatti in questi ambienti sia previsto anche un impianto di pannelli radianti a pavimento, è preferibile abbassare l'altezza delle bocchette così da evitare il più possibile la dispersione dell'aria verso l'alto.

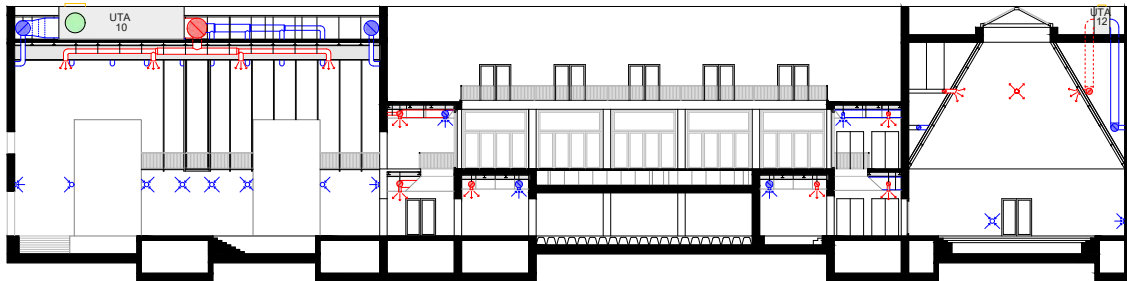
La progettazione del layout risulta fondamentale per capire in pianta come disporre i condotti in modo da soddisfare le esigenze di ciascun ambiente e ciascun locale. Tuttavia, è solo tramite un'attenta progettazione anche in sezione e soprattutto in 3D che è possibile comprendere in modo esaustivo se e come il layout progettato funzioni effettivamente rispetto agli ingombri strutturali già presenti nel progetto. Talvolta infatti, la reale dimensione dei condotti, ma soprattutto lo spazio necessario per effettuare i raccordi tra condotti in direzioni differenti, presenta delle divergenze rispetto alla progettazione preliminare del layout.



Layout impiantistico livello -2

■ Condotti di mandata■ Condotti di ripresa

Nella sezione, si notano infatti le particolarità degli ambienti del livello 0 dove è stata realizzata l'intercapedine per impianti, di cui si tratterà in modo più approfondito nel capitolo 4.

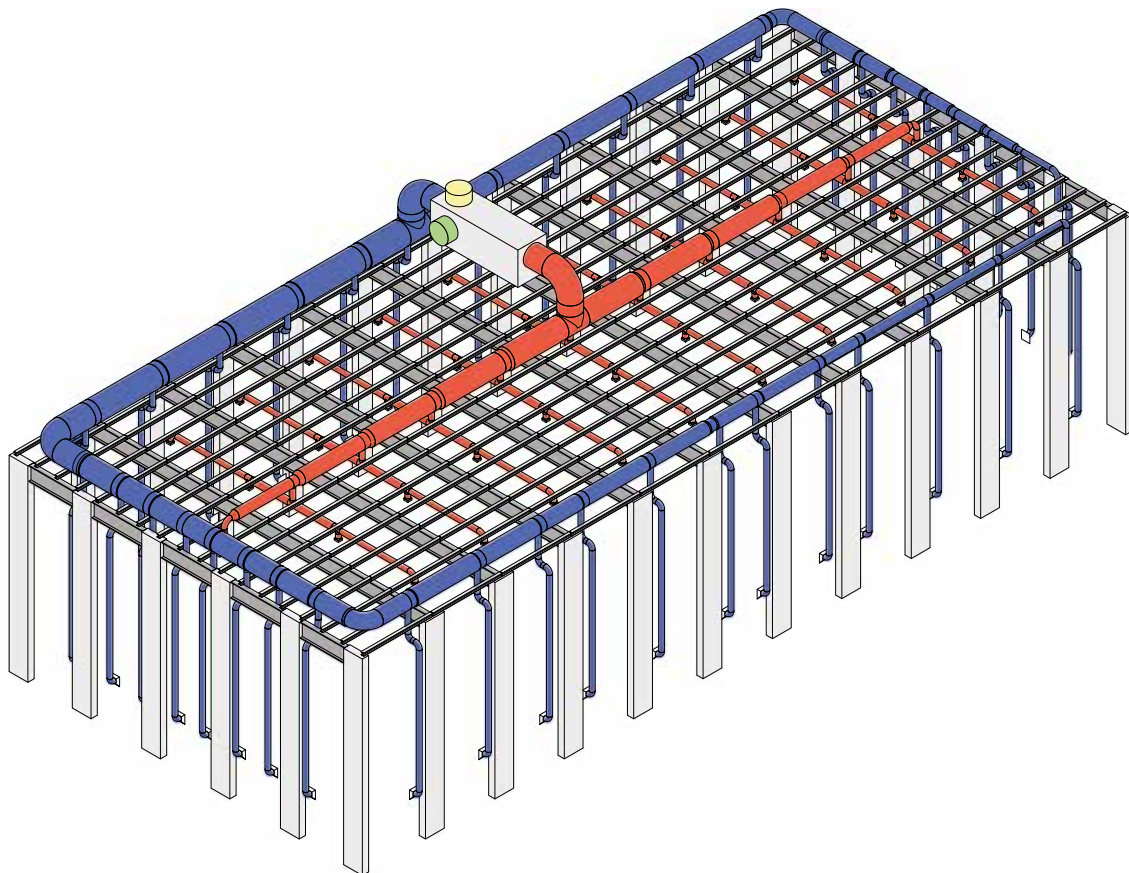


Sezione layout impiantistico

■ Condotti di mandata

■ Condotti di ripresa

Particolare attenzione è stata riservata all'organizzazione dei locali tecnici, e dell'aula piscine di cui si riporta il 3D, dovendo accertarsi dell'ingombro dei tubi. I condotti verticali di ripresa passano tra un pilastro e l'altro. L'organizzazione prevalentemente orizzontale dei condotti, consente di ridurre la porzione di condotti a vista, lasciando visibili solo quelli di dimensioni inferiori. Ciò consente di non rendere l'ambiente opprimente con sezioni dei condotti troppo elevate (si raggiungono qui fino a 1,5 m di diametro del condotto), pur lasciando intravedere l'importanza della componente impiantistica, fondamentale in un'aula piscina così grande, e la sua integrazione con la componente architettonica e strutturale.



3D aula piscine

3.3.3 Potenza termica di riscaldamento

La potenza termica generale del generatore per riscaldamento necessaria per il funzionamento invernale è data dalla somma di:

- potenza termica dispersa per trasmissione attraverso l'involucro $Q_{\text{trasmissione}}$;
- potenza termica dispersa per ventilazione $Q_{\text{ventilazione}}$.

Quindi, $Q_{\text{riscaldamento}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}}$

Si precisa che si effettuano delle semplificazioni, considerando nulle:

- le potenze termiche derivanti dalla radiazione solare Q_{solare} ;
- le potenze termiche dei carichi interni Q_{endogeni} ;
- la potenza termica scambiata con il terreno Q_{terreno} .

Per procedere con il calcolo, occorre anzitutto conoscere le condizioni climatiche del contesto di riferimento, la città di Tirana.

Tirana	$t_{e_{\min}}$ (°C)	$t_{e_{\max}}$ (°C)	U_r (%)
Condizioni esterne	1	32	75

Tabella 13: Condizioni climatiche Tirana

Potenza termica dispersa per trasmissione $Q_{\text{trasmissione}}$

Si intendono le potenze termiche disperse attraverso l'edificio in base al tipo di coibentazione e alla temperatura da raggiungere. Riguardano dunque il tipo di stratigrafie utilizzato e le loro caratteristiche in termini di trasmittanza U.

$$Q_{\text{trasmissione}} = \Sigma(U_t \cdot S_t) \cdot \Delta t + \Sigma(U_o \cdot S_o) \cdot \Delta t$$

con U_t = trasmittanza superfici trasparenti [W/m²K];

S_t = area superfici trasparenti [m²];

U_o = trasmittanza superfici opache [W/m²K];

S_o = area superfici opache [m²];

Δt = differenza temperatura di progetto meno temperatura esterna Tirana [°C].

Perciò, in base alle 4 differenti condizioni termiche definite in sede di progetto, si avranno 4 Δt differenti. Si riportano dunque i calcoli per le 4 condizioni termiche, specificando di ognuna le esposizioni di componenti orizzontali e verticali, che si riferiscono al tipo di stratigrafia scelta e analizzata nel paragrafo 3.2.2

Ambienti	$t_{i_{\text{invernale}}}$ (°C)	$\Delta t_{\text{invernale}}$ (°C)	Esposizione	S_t (m ²)	U_t (W/m ² K)	S_o (m ²)	U_o (W/m ² K)	Q_{trasm} (kW)
Ristorante 0	20	19	Aria	89	0,660	591	0,211	3,5
	20	19	Cop lamiera	-	-	930	0,131	2,3
Hall	20	19	Aria	35	0,660	196	0,211	1,2
	20	19	Cop lamiera	-	-	240	0,131	0,6
Bar	20	19	Aria	11	0,660	348	0,211	1,5
	20	19	Cop lamiera	-	-	268	0,131	0,7
Cucina	20	19	Aria	8	0,660	285	0,211	1,2
Servizi -2	20	19	Aria	39	0,660	74	0,211	0,8
	20	19	Soletta -2	-	-	137	0,305	0,8

Tabella 14: Potenze termiche per trasmissione ambienti a 20°C

Ambienti	$t_{i, \text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta t_{\text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	Esposizione	$S_i (\text{m}^2)$	$U_i (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$S_o (\text{m}^2)$	$U_o (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$Q_{\text{trasm}} (\text{kW})$
Corridoio sp	22	21	Aria	7	0,660	150	0,211	0,8
Ristorante -2	22	21	Aria	59,4	0,660	145	0,211	1,5
	22	21	Soletta -2	-	-	465	0,305	3,0

Tabella 15: Potenze termiche per trasmissione ambienti a 22°C

Ambienti	$t_{i, \text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta t_{\text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	Esposizione	$S_i (\text{m}^2)$	$U_i (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$S_o (\text{m}^2)$	$U_o (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$Q_{\text{trasm}} (\text{kW})$
Corridoio -1	24	23	Aria	416	0,660	208	0,211	7,3
	24	23	Terreno	-	-	22	0,242	0,1
	24	23	Soletta 0	-	-	1991	0,249	11,4
Corridoio -2	24	23	Aria	-	-	19	0,211	0,1
	24	23	Terreno	-	-	74	0,242	0,4
	24	23	Soletta -2	-	-	1842	0,305	12,9
Relax	24	23	Aria	11	0,660	144	0,211	0,9
	24	23	Terreno	-	-	10	0,242	0,1
Massaggi	24	23	Aria	-	-	59,5	0,211	0,3
	24	23	Terreno	-	-	110	0,242	0,6
	24	23	Soletta -2	-	-	268	0,305	1,9
Stanzine	24	23	Soletta -2	-	-	560	0,305	3,9

Tabella 16: Potenze termiche per trasmissione ambienti a 24°C

Ambienti	$t_{i, \text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta t_{\text{invernale}} (^{\circ}\text{C})$	Esposizione	$S_i (\text{m}^2)$	$U_i (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$S_o (\text{m}^2)$	$U_o (\text{W}/\text{m}^2\text{K})$	$Q_{\text{trasm}} (\text{kW})$
Piscine	27	26	Aria	299	0,660	1275	0,211	12,1
	27	26	Cop lamiera	-	-	1415	0,131	4,8
	27	26	Soletta -2	-	-	1415	0,305	11,2
Calidarium	27	26	Aria	-	-	298	0,211	1,6
	27	26	Terreno	-	-	92	0,242	0,6
	27	26	Cop piastra	16	0,660	240	0,128	1,1
	27	26	Soletta -2	-	-	240	0,305	1,9
Tepidarium	27	26	Aria	-	-	219	0,211	1,2
	27	26	Terreno	-	-	172	0,242	1,1
Frigidarium	27	26	Cop piastra	20	0,660	240	0,128	1,1
	27	26	Soletta -2	-	-	240	0,305	1,9
	27	26	Aria	-	-	299	0,211	1,6
	27	26	Terreno	-	-	276	0,242	1,7
	27	26	Cop piastra	16	0,660	240	0,128	1,1
27	26	Soletta -2	-	-	240	0,305	1,9	

Tabella 17: Potenze termiche per trasmissione ambienti a 27°C

Si ottiene una potenza termica totale dispersa per trasmissione pari a $Q=103$ kW. Questo valore, inizialmente più elevato, è stato abbassato grazie alla scelta di stratigrafie più performanti, agendo sui vari materiali che compongono ogni stratigrafia.

Chiaramente, le temperature elevate richieste negli ambienti well-ness (27 e 24 °C), comportano una maggior fatica per l'involucro edilizio che deve mantenere condizioni di comfort elevato e che più si allontanano dalle condizioni di temperatura esterne. Come si nota inoltre, le dispersioni maggiori sono dovute agli ambienti a diretto contatto con il terreno di fondazione, mentre con le coperture riusciamo a recuperare parte del calore disperso.

Potenza termica dispersa per ventilazione $Q_{\text{ventilazione}}$

Si intendono le potenze termiche disperse attraverso l'edificio per ventilazione, se presente umidificazione. Dipendono infatti dai diagrammi psicrometrici che tengono conto dell'umidificazione e dell'entalpia dell'ambiente. Diventa fondamentale in questo caso prevedere un recupero di calore sensibile, che consente di abbassare la soglia di entalpia richiesta dall'ambiente.

$$Q_{\text{ventilazione}} = m_{\text{vent}} \cdot \Delta H = Q \cdot d \cdot \Delta H$$

con m_{vent} = massa di aria immessa nel locale [kg/s];

ΔH = differenza di entalpia [kJ/kg];

Q = portata di aria [m^3/s];

d = densità dell'aria = $1,2 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Vengono dunque calcolate le entalpie di ogni condizione termica del progetto, attraverso i diagrammi psicrometrici.

Si riportano dunque i calcoli per le 4 condizioni termiche definite in sede di progetto, tenendo conto di utilizzare un recuperatore di calore al 90%, ovvero altamente efficiente, che consente appunto di recuperare il 90% del calore disperso. Esso infatti è uno scambiatore di calore a recupero di energia che viene generalmente posizionato all'interno di flussi di aria di mandata e di scarico di un sistema di trattamento dell'aria al fine di recuperare il calore di scarto.

AMBIENTI	$\Delta h_{\text{invernale}}$ (kJ/kg)	Q (m^3/s)	m_{vent} (kg/s)	Q_{vent} (kW)	$Q_{\text{vent con rec 90\%}}$ (kW)
Ristorante 0	30	4,13	4,96	149	14,9
Servizi rist 0	30	0,07	0,09	3	0,3
WC rist 0	30	0,12	0,14	4	0,4
Hall	30	0,18	0,22	7	0,7
WC hall	30	0,07	0,08	3	0,3
Bar	30	1,84	2,21	66	6,6
WC bar	30	0,16	0,19	6	0,6
Cucina	30	4,08	4,89	147	14,7
WC cucina	30	0,12	0,14	4	0,4
Servizi cucina	30	0,07	0,09	3	0,3
Servizi -2	30	0,22	0,26	8	0,8
Wc servizi -2	30	0,98	1,18	35	3,5

Tabella 18: Potenze termiche per ventilazione ambienti a 20°C

AMBIENTI	$\Delta h_{\text{invernale}}$ (kJ/kg)	Q (m^3/s)	m_{vent} (kg/s)	Q_{vent} (kW)	$Q_{\text{vent con rec 90\%}}$ (kW)
Spogliatoi	34	0,90	1,08	37	3,7
Corridoio sp	34	0,12	0,14	5	0,5
Wc sp	34	0,34	0,41	14	1,4
Ristorante -2	34	1,91	2,30	78	7,8
Servizi rist -2	34	0,07	0,09	3	0,3
Wc rist -2	34	0,12	0,14	5	0,5

Tabella 19: Potenze termiche per ventilazione ambienti a 22°C

AMBIENTI	$\Delta h_{\text{invernale}}$ (kJ/kg)	Q (m ³ /s)	m _{vent} (kg/s)	Q _{vent} (kW)	Q _{vent con rec 90%} (kW)
Corridoio -1	38	0,66	0,79	30	3,0
Corridoio -2	38	0,79	0,95	36	3,6
Relax	38	0,41	0,49	19	1,9
Massaggi	38	0,41	0,49	19	1,9
Stanzine	38	2,75	3,30	125	12,5

Tabella 20: Potenze termiche per ventilazione ambienti a 24°C

AMBIENTI	$\Delta h_{\text{invernale}}$ (kJ/kg)	Q (m ³ /s)	m _{vent} (kg/s)	Q _{vent} (kW)	Q _{vent con rec 90%} (kW)
Piscine	46	7,42	8,90	409	40,9
Calidarium	46	0,94	1,13	52	5,2
Tepidarium	46	1,17	1,40	64	6,4
Frigidarium	46	0,94	1,13	52	5,2

tabella 21: Potenze termiche per ventilazione ambienti a 27°C

Si ottiene una potenza termica totale dispersa per trasmissione pari a Q=1381 kW, che grazie al recuperatore di calore al 90% viene ridotto a Q=138kW.

Potenza termica generale $Q_{\text{riscaldamento}}$

Si è ora in grado di determinare la potenza termica generale di riscaldamento. Poichè però il centro benessere viene suddiviso in due macro-zone, quelle ad aria primaria e quelle ad aria primaria + pavimento, si suddividono le potenze termiche di trasmissione e di ventilazione come riportato nelle seguenti tabelle.

ARIA PRIMARIA	Q _{vent con recuperatore 90%} (kW)	Q _{trasm} (kW)
Ristorante 0, servizi rist 0, WC rist 0, Hall, Wc Hall	16,5	7,6
Bar, WC bar	7,2	2,2
Cucina, Wc cucina, servizi cucina	15,4	1,2
Servizi -2, WC servizi -2	4,3	1,6
Spogliatoi, corridoio sp, WC sp	5,5	0,8
Ristorante -2, servizi rist -2, WC rist -2	8,6	4,4

Tabella 22: Potenze termiche per ventilazione e trasmissione ambienti aria primaria

Per questi ambienti si ottiene:

- $Q_{\text{trasmissione tot}}=18\text{kW}$;
- $Q_{\text{ventilazione tot}}=57\text{kW}$;
- $Q_{\text{tot}}=75\text{kW}$.

Da notare il basso valore delle potenze termiche per trasmissione, dovute al fatto che questi ambienti sono prevalentemente non a contatto con l'esterno, per cui questi valori risultano molto semplificati rispetto ad un calcolo esaustivo che terrebbe conto del contatto tra ambienti interni ma a temperature differenti tra loro.

ARIA PRIMARIA + PAVIMENTO	$Q_{\text{vent con recuperatore } 70\%}$ (kW)	Q_{trasm} (kW)
Corridoio -1	3	18,8
Corridoio -2, stanzine	16	13,4
Relax, massaggi	4	3,7
Piscine	41	28,2
Calidarium	5	5,2
Tepidarium	6	5,3
Frigidarium	5	6,4

Tabella 23: Potenze termiche per ventilazione e trasmissione ambienti aria primaria e pavimento

Per questi ambienti si ottiene:

- $Q_{\text{trasmisione tot}} = 81 \text{ kW}$;
- $Q_{\text{ventilazione tot}} = 81 \text{ kW}$;
- $Q_{\text{tot}} = 162 \text{ kW}$.

Poichè questi spazi sono implementati con un sistema a pannelli radianti, si calcola la superficie totale (S) disponibile da poter essere ricoperta con un impianto a pavimento.

$$S = 435 \text{ m}^2$$

Considerando una capacità (C) dei pannelli radianti

$$C = 100 \text{ W}$$

avremo che la resa massima (Q_{pannelli}) è data da

$$Q_{\text{pannelli}} = S \cdot C = 424 \text{ kW}.$$

La scelta dei macchinari (pompe di calore) per soddisfare queste potenze termiche verrà riportata alla fine dei calcoli di dimensionamento, così da poter meglio individuare il tipo di macchinario necessario a soddisfare eventualmente entrambe le richieste sia di caldo che di freddo.

3.3.4 Potenza frigorifera di raffrescamento

La potenza termica generale del generatore per raffrescamento necessaria per il funzionamento estivo è data dalla somma di:

- potenza termica dispersa per trasmissione attraverso l'involucro $Q_{\text{trasmissione}}$;
- potenza termica dispersa per ventilazione $Q_{\text{ventilazione}}$;
- rientrate solari Q_{solare} ;
- carichi endogeni Q_{endogeni} .

Quindi, $Q_{\text{raffrescamento}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}}$

Si precisa che si tiene conto di una temperatura interna pari a 26°C.

Potenza termica dispersa per trasmissione $Q_{\text{trasmissione}}$

Si intendono le potenze termiche disperse attraverso l'edificio in base al tipo di coibentazione e alla temperatura da raggiungere. Riguarda dunque il tipo di stratigrafie utilizzato e le loro caratteristiche in termini di trasmittanza U .

$$Q_{\text{trasmissione}} = \Sigma(U_t \cdot S_t) \cdot \Delta t + \Sigma(U_o \cdot S_o) \cdot \Delta t$$

con U_t = trasmittanza superfici trasparenti [W/m^2K];

S_t = area superfici trasparenti [m^2];

U_o = trasmittanza superfici opache [W/m^2K];

S_o = area superfici opache [m^2];

Δt = differenza temperatura di progetto e temperatura esterna Tirana [$^{\circ}C$].

Poichè la temperatura interna è sempre di 26°C, si avrà questa volta un unico Δt .

Si riportano dunque i calcoli, specificando per ogni ambiente ognuna le esposizioni di componenti orizzontali e verticali, che si riferiscono al tipo di stratigrafia scelta e analizzata nel paragrafo 3.2.2

Ambienti	$t_{\text{estiva}} (^{\circ}C)$	$\Delta t_{\text{estivo}} (^{\circ}C)$	Esposizione	$S_t (m^2)$	$U_t (W/m^2K)$	$S_o (m^2)$	$U_o (W/m^2K)$
Ristorante 0	26	6	Aria	89	0,660	591	0,211
	26	6	Copertura	-	-	930	0,131
Hall	26	6	Aria	35	0,660	196	0,211
	26	6	Copertura	-	-	240	0,131
Bar	26	6	Aria	11	0,660	348	0,211
	26	6	Copertura	-	-	268	0,131
Cucina	26	6	Aria	8	0,660	285	0,211
Servizi -2	26	6	Aria	39	0,660	74	0,211
	26	6	Fondazione	-	-	137	0,305
Spogliatoi	26	6	Aria	7	0,660	150	0,211
Ristorante -2	26	6	Aria	59,4	0,660	145	0,211
	26	6	Fondazione	-	-	465	0,305

Tabella 24: Potenze termiche per trasmissione ambienti a 20°C

Si ottiene una potenza termica totale dispersa per trasmissione pari a $Q=5$ kW. Questo valore, inizialmente più elevato, è stato abbassato grazie alla scelta di stratigrafie più performanti, agendo sui vari materiali che compongono ogni stratigrafia.

Potenza termica dispersa per ventilazione $Q_{\text{ventilazione}}$

Si intendono le potenze termiche disperse attraverso l'edificio per ventilazione, se presente umidificazione. Dipendono infatti dai diagrammi psicrometrici che tengono conto dell'umidificazione e dell'entalpia dell'ambiente. Diventa fondamentale in questo caso prevedere un recupero di calore sensibile, che consente di abbassare la soglia di entalpia richiesta dall'ambiente.

$$Q_{\text{ventilazione}} = m_{\text{vent}} \cdot \Delta H = Q \cdot d \cdot \Delta H$$

con m_{vent} = massa di aria immessa nel locale [kg/s];

ΔH = differenza di entalpia [kJ/kg];

Q = portata di aria [m³/s];

d = densità dell'aria = 1,2kg/m³.

Viene dunque calcolata l'entalpia attraverso l'uso del diagramma psicrometrico.

Si riportano dunque i calcoli, tenendo conto di utilizzare un recuperatore di calore al 90%, ovvero altamente efficiente, che consente appunto di recuperare il 90% del calore disperso. Esso infatti è uno scambiatore di calore a recupero di energia che viene posizionato all'interno di flussi di aria di mandata e di scarico di un sistema di trattamento dell'aria al fine di recuperare il calore di scarto.

AMBIENTI	Δh_{estivo} (kJ/kg)	Q (m ³ /s)	m_{vent} (kg/s)	Q_{vent} (kW)	$Q_{\text{vent con rec 90\%}}$ (kW)
Ristorante 0	41	4,13	4,96	203	20,3
Servizi rist 0	41	0,09	0,10	4	0,4
WC rist 0	41	0,12	0,14	6	0,6
Hall	41	0,18	0,22	9	0,9
WC hall	41	0,07	0,08	3	0,3
Bar	41	1,84	2,21	90	9,0
WC bar	41	0,16	0,19	8	0,8
Cucina	41	4,08	4,89	201	20,1
WC cucina	41	0,12	0,14	6	0,6
Servizi cucina	41	0,07	0,09	3	1
Servizi -2	41	0,22	0,26	11	3
Wc servizi -2	41	0,98	1,18	48	14
Spogliatoi	41	0,90	1,08	44	13
Corridoio sp	41	0,12	0,14	6	2
Wc sp	41	0,34	0,41	17	5
Ristorante -2	41	1,91	2,30	94	28
Servizi rist -2	41	0,07	0,09	3	1
Wc rist -2	41	0,12	0,14	6	2

Tabella 25: Potenze termiche per ventilazione

Si ottiene una potenza termica totale dispersa per trasmissione pari a $Q=763$ kW, che grazie al recuperatore di calore al 90% viene ridotta a $Q = 76$ kW.

Rientrate solari Q_{solari}

Si intendono le potenze termiche derivanti dalla radiazione solare.

$$Q_{\text{solare}} = I_{t,\text{max}} \cdot S_{\text{vetrate}} \cdot FS_{\text{tot}} \cdot f_{\text{accumulo}}$$

con $I_{t,\text{max}}$ = valore massimo giornaliero dell'irradianza solare relativa all'elemento di involucro (mese di giugno) [W/m^2];

S_{vetrate} = area delle superfici vetrate facenti parte dell'elemento di involucro [m^2];

FS_{tot} = fattore solare complessivo (dipendente dal tipo di vetro e da eventuali oggetti e/o schermature presenti);

f_{accumulo} = fattore di accumulo (dipendente dalla massa dell'edificio rispetto alla superficie di pavimento, cioè in base alla massa per m^2 di pavimento), riferito alle ore 15.

I valori di irradianza solare e fattore di accumulo vengono desunti da tabelle e si riferiscono alla città di Milano. Per il valore del fattore solare FS si puntualizza che nel centro benessere non è presente nessun tipo di schermatura, ma le finestre sono tutte disposte al filo interno dell'edificio.

ESPOSIZIONE	$I_{t,\text{max}}$ (W/m^2)	S_{vetrate} (m^2)	FS_{tot}	f_{accumulo}	Q_{solare} (kW)
NO	375	202	0,35	0,19	5
NE	375	40	0,35	0,21	1
SO	439	184	0,35	0,50	14
SE	439	70	0,35	0,36	4

Tabella 26: Potenze termiche per rientrate solari

Si ottiene una potenza termica totale dispersa per rientrate solari pari a $Q=24\text{kW}$.

Carichi interni Q_{endogeni}

Si intende la sommatoria delle potenze elettriche dei componenti installati nei locali, la sommatoria delle potenze elettriche installate per l'illuminazione e la potenza termica generata dalle persone presenti.

$$Q_{\text{endogeni}} = Q_{\text{elett, componenti}} + Q_{\text{elett, illuminamento}} + Q_{\text{termica persone}}$$

con $Q_{\text{elett, componenti}}$ = potenza elettrica assorbita dai macchinari elettrici potenzialmente installabili;

$Q_{\text{elett, illuminamento}}$ = potenza elettrica impegnata dall'impianto di illuminazione;

$Q_{\text{termica persone}}$ = potenza termica prodotta dalle persone presenti, considerando che ognuna produca 50W.

Per quanto riguarda $Q_{\text{elett, componenti}}$ si ipotizza la presenza di alcuni macchinari necessari per il funzionamento del centro benessere. Sapendo da listini la potenza elettrica di ciascun componente scelto e il loro numero, si ipotizza un coefficiente di contemporaneità per il quale i macchinari non saranno tutti accesi contemporaneamente, ma il loro utilizzo sarà scaglionato durante l'arco della giornata. Ciò consente di determinare la potenza elettrica di ogni componente, secondo la seguente formula:

$$Q_{\text{elett, componenti}} = Q_{\text{elett, componente}} \cdot n^{\circ} \text{ componenti} \cdot \text{Coefficiente contemporaneità}$$

Componenti	Q _{elet comp} (W)	n° comp	Coeff contemporaneità	Q _{elet componenti} (W)
Asciugamani	1600	41	0,7	
Aspiratori bagni	320	21	0,7	
Asciugacapelli	2400	10	0,7	
Frigorifero	300	5	1	
Frigobar	700	5	1	
Lavastoviglie industriale	5300	2	0,5	
Forno	800	5	0,8	
Fornello	2000	5	0,8	
Lavatrice	2200	5	0,6	
Ascensori	4000	6	0,5	

Tabella 27: Potenze elettriche componenti elettrici

Si ottiene una potenza elettrica totale di Q=108 kW.

Per quanto riguarda Q_{elett,illuminamento} si ipotizza l'illuminamento medio di esercizio di ciascun locale e conoscendo la sua superficie (S), si determina la potenza da installare secondo la seguente formula:

$$Q_{\text{elett, illuminamento}} = \text{flusso luminoso} / (\text{efficienza luminosa lampada} \cdot f_m \cdot f_u)$$

con flusso luminoso = illuminamento medio di esercizio · S

efficienza luminosa lampada = 170 lumen/Watt per lampade a LED

f_m = 0,7, fattore di manutenzione, dato dal rapporto tra l'illuminamento medio sul piano di lavoro dopo una certa durata di utilizzazione e l'illuminamento medio ottenuto nelle stesse condizioni a installazione nuova;

f_u = 0,5, fattore ambiente/utilizzazione dipendente dalla tipologia di materiali e superficie che caratterizzano l'ambiente.

Ambienti	Ill medio esercizio (lux)	S (m ²)	Flusso lum (lm)	Q _{elet ill} (kW)
Ristorante 0	300	689	206700	3,5
Servizi rist 0	300	85	25500	0,4
WC rist 0	300	12	3600	0,1
Hall	300	188	56400	0,9
WC hall	300	7	2100	0,0
Bar	300	209	62700	1,1
WC bar	300	16	4800	0,1
Cucina	500	247	123500	2,1
WC cucina	300	12	3600	0,1
Servizi cucina	300	85	25500	0,4
Servizi -2	300	261	78300	1,3
Wc servizi -2	300	98	29400	0,5
Spogliatoi	300	269	80700	1,4
Corridoio sp	300	122	36600	0,6
Wc sp	300	34	10200	0,2
Ristorante -2	300	319	95700	1,6
Servizi rist -2	300	85	25500	0,4
Wc rist -2	300	12	3600	0,1

Tabella 28: Potenze elettriche illuminamento

Si ottiene una potenza elettrica totale $Q=14,7$ kW.

Per quanto riguarda $Q_{\text{termica persone}}$, si ipotizza che ciascuna persona produca 50 W (Q_{persona}), e in base agli indici di affollamento previsti dalle normative si desume il numero di persone indicativo per ciascun ambiente. Si determina dunque la potenza termica secondo la seguente formula:

$$Q_{\text{termica persone}} = n^{\circ} \text{ persone} / Q_{\text{persona}}$$

Ambienti	n°persone	$Q_{\text{termica persone}}$ (kW)
Ristorante 0	405	20,3
Servizi rist 0	3	0,2
WC rist 0	1	0,1
Hall	63	3,2
WC hall	1	0,1
Bar	163	8,2
WC bar	1	0,1
Cucina	65	3,3
WC cucina	1	0,1
Servizi cucina	3	0,2
Servizi -2	10	0,5
Wc servizi -2	6	0,3
Spogliatoi	45	2,3
Corridoio sp	8	0,4
Wc sp	15	0,8
Ristorante -2	150	7,5
Servizi rist -2	3	0,2
Wc rist -2	1	0,1

Tabella 29: Potenze termica persone

Si ottiene una potenza elettrica totale di $Q = 47,2$ kW.

Dunque il $Q_{\text{endogeni tot}}$ dato dalla somma delle potenze elettriche appena calcolate risulta essere pari a $Q=169,4$ kW.

Potenza termica generale $Q_{\text{riscaldamento}}$

Si è ora in grado di determinare la potenza frigorifera generale di raffrescamento. Per gli ambienti che verranno raffrescati si ottiene dunque:

- $Q_{\text{trasmissione tot}} = 5\text{kW};$
- $Q_{\text{ventilazione tot}} = 76\text{kW};$
- $Q_{\text{solari}} = 24 \text{ kW};$
- $Q_{\text{endogeni tot}} = 169,4\text{kW};$
- $Q_{\text{tot}} = 275\text{kW}.$

È evidente come il numero di persone elevato influisca notevolmente sulla potenza frigorifera totale. Il carico termico per trasmissione è invece particolarmente ridotto per questi ambienti raffrescati, che sono per lo più posizionati al livello 0, non avendo quindi contatti con il terreno.

3.3.5 Considerazioni

Si riporta un prospetto riassuntivo delle potenze termiche per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti del centro benessere, indicando:

- le potenze termiche e frigorifere determinate;
- l'incidenza percentuale delle dispersioni per trasmissioni e ventilazione rispetto alla potenza del generatore di riscaldamento;
- l'incidenza percentuale degli apporti per trasmissione e ventilazione, delle rientrate solari e dei carichi endogeni rispetto alla potenza del generatore per raffrescamento;
- un'indicazione in merito a quale dei due generatori risulta avere una potenza maggiore.

Riscaldamento	Potenza termica per riscaldamento	Carichi per trasmissione	Carichi per ventilazione	Rientrate solari	Carichi interni
Valore (W)	237	99	138	0	0
Incidenza percentuale (%)	100	42	58	0	0

Tabella 30: Potenze termiche riscaldamento

Raffrescamento	Potenza termica per raffrescamento	Carichi per trasmissione	Carichi per ventilazione	Rientrate solari	Carichi interni
Valore (kW)	275	5	76	24	169
Incidenza percentuale (%)	100	2	28	9	61

Tabella 31: Potenze termiche raffrescamento

Dal prospetto si nota che il generatore per raffrescamento richiede una potenza maggiore di quello per riscaldamento. Va però precisato, che come riportato nel paragrafo 3.2.4, gli ambienti che vengono raffrescati sono solo quelli a destinazione non well-ness. Ovvero gli ambienti che richiedono il raffrescamento, sono circa la metà di quelli che vengono riscaldati.

La comparazione tra i due valori riportati nel prospetto allora, diventa tanto più significativa se si tiene conto di questo fatto. Per cui la potenza frigorifera richiesta al generatore per il raffrescamento, è di gran lunga superiore a quella richiesta dal generatore di riscaldamento.

3.3.6 Fabbisogno di energia per la produzione di ACS

Per calcolare il fabbisogno di acqua calda sanitaria occorre tenere in considerazione una serie di dati riguardo all'utilizzo del centro benessere. Si ipotizzano dunque i seguenti valori:

- n° di persone = 400;
- giorni di apertura annui = 302;
- ore di apertura al giorno = 10.

Il calcolo viene effettuato per le seguenti apparecchiature sanitarie:

- lavabi;
- docce.

Il calcolo tiene conto del numero di apparecchiature presenti e del loro consumo in L/min a seconda del modello prescelto. Viene dunque ipotizzato un n° di usi a persona al giorno e da qui si calcolano gli usi totale al giorno:

Usi tot al giorno = n°persone · usi persona al giorno.

Ipotizzando poi la durata di ciascun uso, è possibile ricavare la durata giornaliera:

Durata giornaliera = durata uso · usi tot al giorno.

Da qui si ricava il consumo giornaliero:

Consumo giornaliero = consumo apparecchiatura · durata giornaliera.

Apparecchiature sanitarie	n°	Consumo (L/min)	Usi pers al giorno	Usi tot al giorno	Durata uso (min)	Durata giornaliera (min)
lavabi	51	1,35	2	700	2	1400
docce	28	6	1	350	10	3500

Tabella 32: Consumo apparecchiature sanitarie

Si ottiene un consumo giornaliero pari a 22890 L=23m³.

Si ricava poi la portata di acqua necessaria all'ora come:

Portata_{tot} = consumo giornaliero/ore di apertura

Dopo aver trasformato la portata in m³/s, si ricava la massa di acqua da utilizzare e dunque la potenza termica per la produzione di tale massa di acqua calda sanitaria:

$$Q_{acs} = (m \cdot c_p \cdot \Delta t) / 1000$$

$$\text{con } c_p = 4187 \text{ [J/kgK];}$$

$$\Delta t = T_{\text{utilizzo acqua calda}} - T_{\text{alimentazione acqua fredda}} = 40 - 14 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

Portata _{tot} (m ³ /h)	Portata _{tot} (m ³ /s)	m (kg/s)	Q _{acs} (kW)
2,29	0,0006	0,64	69

Tabella 33: Potenze termica ACS

Infine occorre calcolare il numero e la dimensione dei bollitori necessari per mantenere l'acqua alla temperatura scelta. Si stabiliscono i seguenti valori:

- Periodo di punta di utilizzo $t_{pu} = 0,3$ [h];
- Periodo di presaldamento $t_{pr} = 1,5$ [h];
- T utilizzo acqua calda $T_u = 40$ [°C];

- T alimentazione acqua fredda $T_f = 14$ [°C];
- T accumulo acqua calda $T_a = 60$ [°C].

In base dunque al consumo di acqua calda sanitaria nel periodo di punta appena calcolato, $Q_{acs} = 69\text{kW}$, si calcola il calore totale:

$$Q_t = Q_{acs} \cdot (T_u - T_f) \text{ [kcal]}$$

e poi il calore orario:

$$Q_h = Q_t \cdot (T_{pu} + T_{pr}) \text{ [kcal/h]}$$

e infine il calore che serve accumulare:

$$Q_a = Q_h \cdot T_{pr} \text{ [kcal/h]}$$

Si ottiene dunque un volume:

$$V = Q_a / (T_a - T_f) \text{ [L]}$$

Periodo di punta di utilizzo t_{pu} (h)	0,3
Periodo di presaldamento t_{pr} (h)	1,5
T utilizzo acqua calda T_u (°C)	40
T alimentazione acqua fredda T_f (°C)	14
T accumulo acqua calda T_a (°C)	60
Consumo ac giornaliero nel periodo di punta (L)	22890
Calore tot Q_t (kcal)	595140
Calore orario Q_h (kcal/h)	330633
Calore da accumulare Q_a (kcal)	495950
Volume V (L)	10782

Tabella 34: Dimensionamento bollitore

Per evitare l'utilizzo di bollitori troppo ingombranti, si decide di usare dei bollitori con capacità pari a 2000 L, usandone quindi 5.

3.3.7 Potenze termiche per il mantenimento e il ricambio dell'acqua delle piscine

Per calcolare le potenze termiche per il mantenimento delle acque del centro benessere si tiene ancora conto delle seguenti informazioni:

- n° di persone = 400;
- giorni di apertura annui = 302;
- ore di apertura = 10.

Il calcolo viene effettuato per le seguenti apparecchiature sanitarie:

- piscine;
- docce well-ness.

Il calcolo per l'acqua delle piscine tiene conto della loro superficie (S) e profondità (h), determinando dunque il Volume di acqua:

$$V = S \cdot h \text{ [m}^3\text{]}$$

S (m ²)	h (m)	V (m ³)	V (ton)	V (kg)
1110,64	1,1	1222	1222	1221704

Tabella 35: Volume acqua piscine

Per il calcolo delle docce well-ness si procede in modo analogo a quanto già svolto per le docce standard nel paragrafo 3.3.6, ottenendo un Consumo giornaliero tot = 126000 L = 126 m³

n°	Consumo (L/min)	usi pers al giorno	Usi tot al giorno	Durata uso (min)	Durata giornaliera (min)	Consumo giornaliero (L)
30	9	8	2800	5	14000	126000

Tabella 36: Consumo docce well-ness

Si riporta dunque il totale di acqua necessario (V), e si calcola la potenza (Q) necessaria per scaldarla, tenendo anche conto del tempo in cui si scalda l'acqua:

$$Q_{\text{acqua tot}} = (m \cdot c_p \cdot \Delta t) / 1000$$

$$\text{con } c_p = 4187 \text{ [J/kgK];}$$

$$\Delta t = T_{\text{utilizzo acqua calda}} - T_{\text{alimentazione acqua fredda}} = 40 - 14 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

V _{tot} (m ³)	V _{tot} (kg)	Q (kW)	t in cui si scalda l'acqua (s)	Q _{acqua} (kW)
1348	1347704	146713753	604800	243

Tabella 37: Potenze termica acqua piscine e docce well-ness

3.3.8 Sistemi ad energia rinnovabile

Per rendere il progetto sostenibile dal punto di vista energetico si decide di integrare nel sistema impiantistico un sistema di pannelli solari termici sottovuoto che vadano a compensare i carichi termici necessari per il riscaldamento dell'edificio nelle condizioni invernali e per aiutare nella produzione di acqua calda per usi sanitari.

Più precisamente, un collettore solare sottovuoto è in grado di captare la radiazione solare e in tal modo si riscalda. Il calore raccolto viene poi trasferito tramite uno scambio termico ad un serbatoio di acqua che funge da accumulo.

La scelta di utilizzare dei pannelli solari termici è stata dovuta al fatto che essi sono pannelli ad alta efficienza, in grado di mantenere buone prestazioni anche in condizioni di scarsa insolazione. La loro efficienza risulta infatti essere superiore in media del 15-20% rispetto ai pannelli piani vetrati più efficienti. Inoltre, a parità di prestazione, i pannelli sottovuoto occupano una superficie minore rispetto ai convenzionali pannelli vetrati.

L'effetto vuoto tipico di questi pannelli ha la funzione di isolare termicamente i tubi di vetro disposti in serie parallele, consentendo dunque di limitare la dispersione del calore verso l'esterno.

L'installazione di pannelli sottovuoto richiede però una serie di accorgimenti:

- l'inclinazione sul piano orizzontale non deve essere inferiore ai 30° e superiore ai 70°.

Le coperture piane del centro benessere vengono dunque ricoperte con questi pannelli, lasciando ovviamente lo spazio necessario attorno alle UTA disposte in copertura e ai loro condotti di entrata e in uscita per garantire che esse siano raggiungibili per manutenzione e interventi di pulizia.

L'area parcheggio inoltre, viene appositamente pensata in modo che ciascun posto auto sia coperto da una pensilina in acciaio opportunamente inclinata, sulla quale vengono disposti delle file di pannelli solari termici sottovuoto. In questo modo, si aumenta notevolmente la superficie adibita a pannelli solari termici, il che influisce positivamente sul bilancio energetico dell'edificio.

3.3.9 La centrale termica

I calcoli svolti sono fondamentali per capire come funziona la centrale termica. Posizionata nel livello -3, interrato, è raggiungibile attraverso le scale posizionate nel blocco nord. Grandi aperture nei muri consentono il passaggio dei macchinari ingombranti che saranno ospitati dalla centrale termica. L'ambiente di 15x50 m, viene abbassato con dei gradini in modo da consentire un'altezza netta di 3 m. Apposite aperture nei muri lungo il prospetto nord-ovest consentono di poter avere un affaccio diretto sull'esterno.

Le potenze termiche e frigorifere calcolate, insieme con le potenze necessarie per la produzione di ACS e per la produzione e mantenimento dell'acqua delle piscine e delle docce well-ness, vengono attentamente studiate in modo da scorporare i generatori richiesti a seconda delle esigenze, cercando di integrare, ove possibile, il sistema a pannelli solari termici.

Tenendo conto anche della suddivisione degli ambienti (ad aria primaria e ad aria primaria + pavimento, oltre che della necessità solo di alcuni di essi di essere raffrescati), si decide la seguente impostazione della centrale termica:

- PDC1: da 162 kW per gli ambienti solo riscaldati, ad aria primaria + pavimento. La pompa di calore 1 servirà dunque le 6 UTA corrispondenti a questi ambienti e i pannelli radianti che hanno resa massima calcolata in $Q=424$ kW. Il sistema di pannelli solari termici sottovuoto in copertura, contribuirà a bilanciare i carichi termici richiesti, e sarà collegato ad un apposito serbatoio di accumulo. Per motivi manutentivi e di maggior sicurezza di funzionamento continuo e ottimale anche in caso di guasti e/o imprevisti, la PDC1 sarà affiancata da una pompa di calore di riserva, della medesima potenza e collegata in parallelo.
- PDC2 e 3: da 170 kW ciascuna, per gli ambienti sia riscaldati che raffrescati solo ad aria primaria. Le pompe di calore 2 e 3, collegate in parallelo e della medesima potenza, serviranno dunque le 7 UTA corrispondenti a questi ambienti e saranno integrate con il sistema di pannelli solari termici sottovuoti disposti sulle pensiline dei parcheggi e collegati ad un apposito serbatoio di accumulo. Le pompe di calore 2 e 3 sono invertibili poichè producono sia potenza termica (quando devono riscaldare), sia potenza frigorifera (quando devono raffrescare). Nonostante il forte squilibrio tra le due potenze richieste (75 kW di caldo e 275 kW di freddo), la scelta della pompa di calore deve essere tale da soddisfare la potenza maggiore. Da qui la scelta di utilizzare due pompe di calore invertibili, ognuna da 170 kW. Non vi è qui dunque necessità di una pompa di calore di riserva.
- PDC 4: da 69kW per la produzione di acqua calda sanitaria ACS, collegata a 5 serbatoi di accumulo da 2000 L ciascuno, collegati in serie. La serpentina di riscaldamento è presente solo nel primo serbatoio di accumulo: una volta scaldata l'acqua qui presente, e raggiunta la temperatura richiesta, essa verrà trasferita nel secondo serbatoio e così via. La serpentina solo nel primo serbatoio consente un risparmio in termini di potenza erogata per scaldare l'acqua, attraverso appositi meccanismi di rilevamento della temperatura che consentono di attivare il circuito solo in caso di necessità.

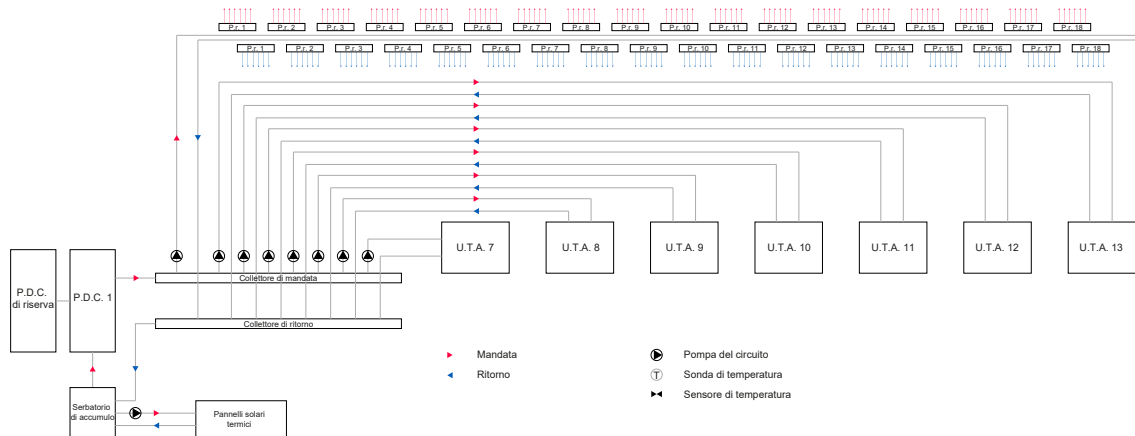
- PDC 5 da 243 kW per la produzione e il mantenimento delle acque delle piscine.

Il seguente prospetto riassuntivo riporta le potenze, modello, dimensioni e funzione delle pompe di calore scelte.

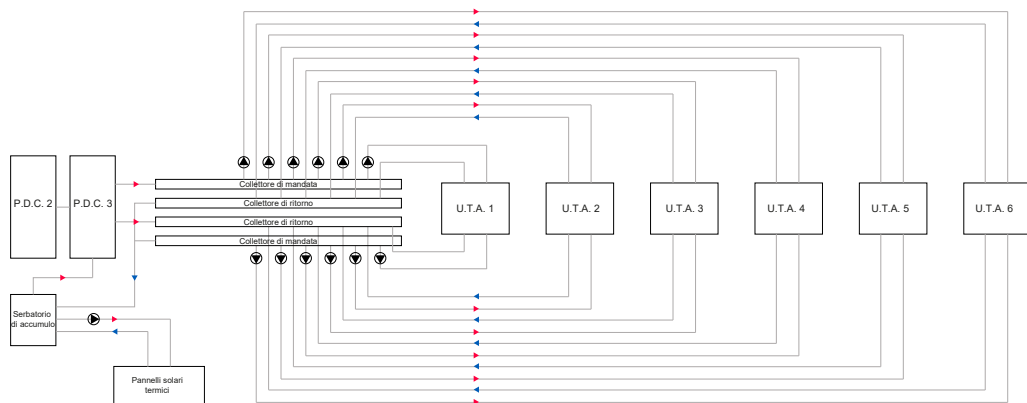
Generatori	P.D.C. 1	P.D.C. 2	P.D.C. 3	P.D.C. 4	P.D.C. 5
Potenza richiesta (kW)	162	170	170	69	243
Modello	AERMEC WWB0800	AERMEC WMX	AERMEC WMX	AERMEC WWB 0500	AERMEC WWB 0900
Dimensioni (mm)	1850x1300x710	1905x1041x1770	1905x1041x1770	1650x1300x710	1650x1300x710
Funzione	Riscaldamento Ad aria e a pavimento	Riscaldamento e raffrescamento Ad aria	Riscaldamento e raffrescamento Ad aria	ACS	Acqua piscine
	PDC riserva				PDC riserva

Tabella 38: Generatori

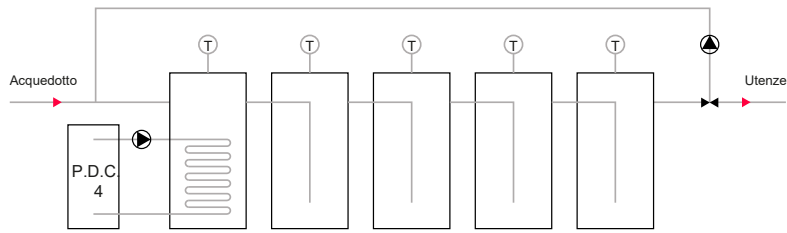
Si riportano infine gli schemi impiantistici adottati, specificando per ognuno il circuito presente, i terminali di emissione utilizzati (idronici a pannelli radianti o aeraulici a UTA, e l'eventuale integrazione di un sistema di pannelli solari termici con rispettivo serbatoio di accumulo.



P.D.C. 1

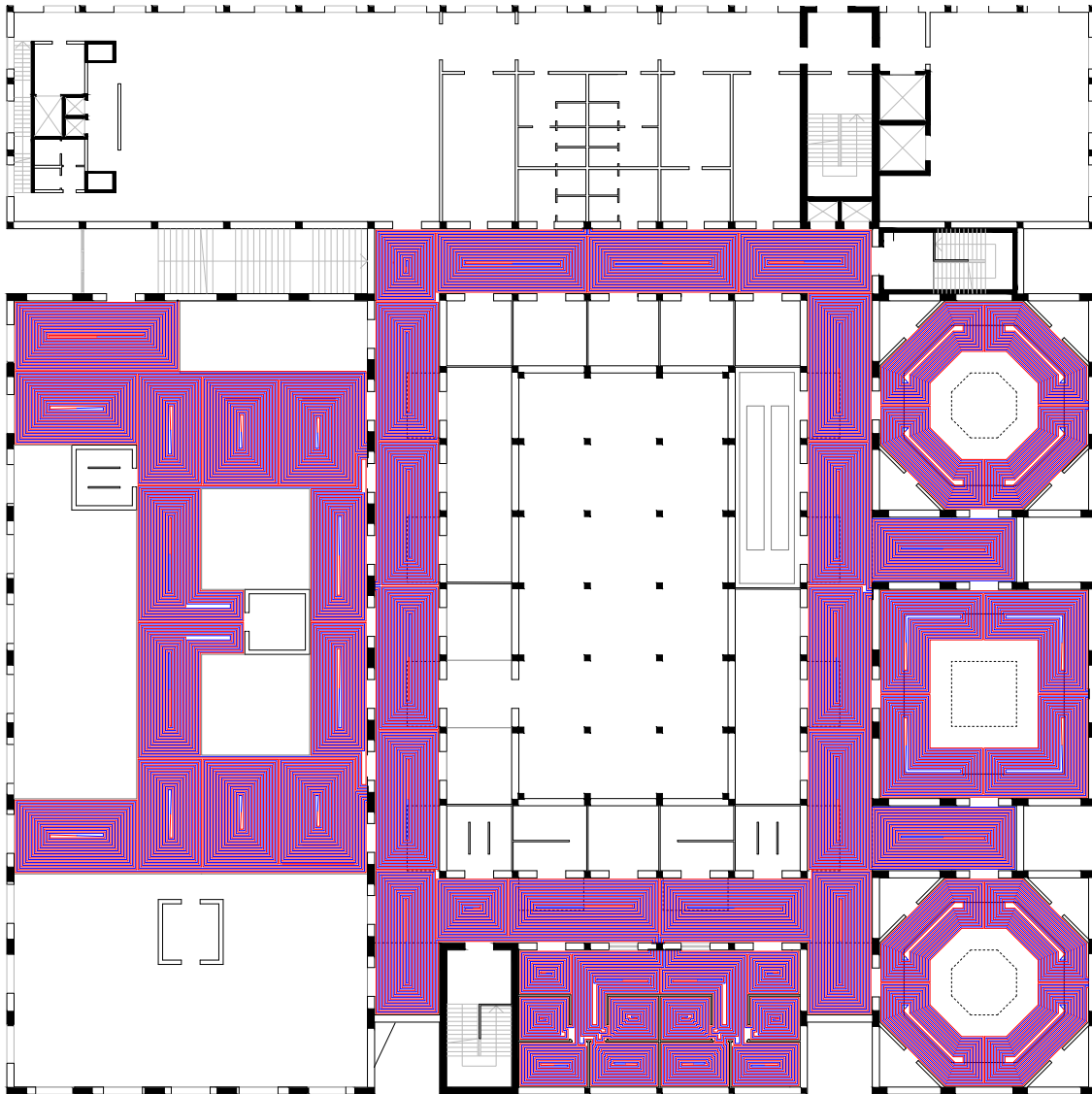


P.D.C. 2 e 3



P.D.C. 4

Si riporta infine la pianta del livello -2 con indicati i tubi dei pannelli radianti, serviti dalla P.D.C. 1. Da ciascun collettore parte un massimo di 12 tubi. I pannelli radianti della marca VIESSMANN; modello VITASET PERFORMANCE hanno passo 100 mm e spessore 17 mm. Il progetto della disposizione dei tubi negli ambienti riscaldati anche a pavimento, rispetta la lunghezza massima di ciascun tubo di 190 m. Si presta in particolare attenzione agli ambienti ai bordi piscina, garantendo una copertura uniforme e omogenea di tutti gli ambienti.



Pannelli radianti livello -2

Tutte le informazioni e i calcoli precedentemente discussi sono stati fondamentali per poter sviluppare la certificazione energetica tramite il software Termolog di Logical Soft. Per l'attribuzione della classe energetica all'edificio, si è proceduto nel seguente modo:

- la definizione delle caratteristiche generali dell'edificio: luogo, destinazione d'uso, funzione;
- la definizione delle zone climatizzate che lo compongono, nel nostro caso 2
 - Riscaldamento e raffrescamento
 - Solo riscaldamento

Indicando per ciascuna le informazioni relative ai servizi presenti (ACS, impianto di umidificazione, raffrescamento, illuminazione, ventilazione);

- la definizione delle stratigrafie di progetto, andando a cercare di migliorarle per ottenere valori di trasmittanza U il più bassi possibili e svolgendo le opportune verifiche di legge e termo-igrometriche;
- l'importazione del modello IFC del centro benessere precedentemente realizzato con il software BIM Autodesk Revit, che grazie alla sua interoperabilità garantisce la trasferibilità di tutte l'informazioni geometriche, fisiche e meccaniche associate al modello BIM.
- la modellazione dei sistemi impiantistici di riscaldamento, raffrescamento, ACS e impianto solare termico, associando i generatori relativi. Per la scelta dei generatori si parte con i valori delle potenze in kW precedentemente calcolati. A seconda però del livello di raffinatezza raggiunto con il software, è possibile che tali valori debbano subire delle leggere modifiche per essere coerenti con il modello BIM e i calcoli eseguiti dal programma.

Il software esegue dunque il calcolo delle prestazioni restituendo informazioni sulla classe energetica dell'edificio.

Si precisa che nel flusso progettuale sono state operate una serie di modifiche per far sì che dalla classe di partenza (A1), tramite opportuni e pensati accorgimenti si potesse raggiungere una classe superiore. Nello specifico, si è lavorato sulle trasmittanze delle stratigrafie, rendendole ancora più basse, sulla scelta di generatori più efficienti (COP più elevati), sull'integrazione di un sistema di pannelli solari termici più diffuso e a rendimento più elevato.

Ciò ha consentito il passaggio dell'edificio dalla classe A1 alla classe A4.

Si riporta in seguito l'attestato di prestazione energetica, risultato delle analisi eseguite con il software Termolog. Dall'attestato si possono vedere le informazioni relative all'edificio, la classe energetica raggiunta, le condizioni invernali ed estive, le prestazioni energetiche degli impianti, la rispettiva stima dei consumi annui di energia e i dati di dettaglio degli impianti.



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



DATI GENERALI

Destinazione d'uso <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.6(1)	Oggetto dell'attestato <input checked="" type="checkbox"/> Intero edificio <input type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari <small>Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1</small>	<input checked="" type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____
---	--	---

Dati identificativi

	Regione: Albania	Zona climatica: C
	Comune: Tirana	Anno di costruzione: 2022
	Indirizzo:	Superficie utile riscaldata: 7.650,8 m ²
	Piano: -	Superficie utile raffrescata: 2.980,6 m ²
	Interno: -	V lordo riscaldato: 38.543,5 m ³
Coordinate GIS: 40,783333, 17,233333		V lordo raffrescato: 15.342,2 m ³

Comune catastale	A149	Sezione	-	Foglio	-	Particella	-
Subalterni	da - a -	da	a	da	a	da	a
Altri subalterni							

Servizi energetici presenti

<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale	<input checked="" type="checkbox"/> Ventilazione meccanica	<input checked="" type="checkbox"/> Illuminazione
<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria	<input checked="" type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato <table border="1"> <tr> <th>INVERNO</th> <th>ESTATE</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					Prestazione energetica globale <p>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</p> <p>CLASSE ENERGETICA A4</p> <p>EP_{gl,nren} 62,00 kWh/m²anno</p>	Riferimenti Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi: Se esistenti:
INVERNO	ESTATE							



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta gli indici di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi annui di energia			
	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	323454 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 82,80
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 56,09
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare termico	406 kWh	
<input type="checkbox"/>	Eolico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 31,1
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	0,00 kWh/anno	Vettore energetico: -
--------------------------	---------------	------------------------------

DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

SUPERFICI E RAPPORTO DI FORMA		
V - Volume riscaldato	38.543,5	m³
Superficie disperdente	16.843,3	m²
Rapporto S/V	0,44	
EP_{H,nd}	140,02	kWh/m² anno
Asol,est/A suputile	0,0292	-
YIE	0,024	W/m²K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EPren	EPnren
Climatizzazione invernale	1- Pompa di calore a compressione di vapore	2022		Energia elettrica	236,00	1,921	η_H	43,02 kWh/m ² anno	29,88 kWh/m ² anno
	2-Pompa di calore a compressione di vapore	2022		Energia elettrica	98,90				
Climatizzazione estiva	1-Macchina frigorifera a compressione di vapore	2022		Energia elettrica	179,00	0,265	η_C	3,14 kWh/m ² anno	13,01 kWh/m ² anno
	2-								
Produzione acqua calda sanitaria	Pompa di calore a compressione di vapore	2022		Energia elettrica	114,00	0,000	η_W	0,41 kWh/m ² anno	0,36 kWh/m ² anno
Impianti combinati									
Prod. da fonti rinnovabili	1-Solare Termico				3.186,80 m ²				
	2-Pompa di calore				228,00				
Ventilazione meccanica	Ventilazione meccanica				0,25			0,09 kWh/m ² anno	0,39 kWh/m ² anno
Illuminazione	Impianto di illuminazione	2022			35,20			9,37 kWh/m ² anno	38,86 kWh/m ² anno
Trasporto di persone o cose	1-Ascensore	2022			4			0,07 kWh/m ² anno	0,30 kWh/m ² anno
	2-Montacarico	2022			4				

