

Progettazione sostenibile per le Olimpiadi invernali del 2006

Sustainable design for the 2006 winter Olympic Games

MARCO MASOERO* - CARLO OSTORERO** - MARCO SIMONETTI *** - MARCO SURRA ****

* - DENER, Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino

** - DISET, Dipartimento dei Sistemi Edilizi e Territoriali, Politecnico di Torino

*** - DENER, Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino – OBI Officine Bioclimatiche Torino

**** - Libero professionista, Rivoli(TO)

RIASSUNTO

Il progetto di architettura si trova sempre più spesso e più profondamente ad essere influenzato dalle modalità di impostazione del disegno impiantistico, sia a livello funzionale, sia a livello di performance ed economicità di esercizio. Concetti tipici quali la durata media di efficienza, l'attualità della funzione erogata, l'economicità di esercizio che si accompagnano in modo diretto all'esame o al riesame manutentivo di un impianto, si applicano, anche in funzione di particolari destinazioni funzionali, al progetto di architettura.

Tipologie come gli uffici, gli ospedali, le scuole o le destinazioni alberghiere, dotate naturalmente di una sempre più sofisticata assistenza d'uso impiantistico, si confrontano col concetto del Life Cycle Cost, ovvero col tempo utile di esercizio ad un livello ottimale di performance. Si connota nel progetto di architettura l'idea di una necessaria manutenibilità e sostituibilità che tende in alcuni casi a sovrapporsi con quella dell'impiantistica installata. Questa necessità nuova è influenzata ed influenza a sua volta sia la concezione del disegno d'architettura sia quella dell'impianto.

La memoria descrive il percorso delle problematiche emerse nelle fasi progettuali definitiva ed esecutiva di un residence di circa 12.000 m² destinato ad accogliere i giornalisti durante le Olimpiadi invernali di Torino 2006 e successivamente gli studenti delle facoltà scientifiche dell'Università di Torino.

L'applicazione della ventilazione naturale assistita (o ibrida) a tutti gli ambienti residenziali, abbinata ad un impianto a pannelli radianti, rappresenta una soluzione innovativa e raramente portata ad un piano costruttivo su questa scala. Altrettanto le scelte di contorno riguardanti l'involucro edilizio o le semplici proporzioni delle canalizzazioni di evacuazione hanno suggerito soluzioni innovative o almeno alternative rispetto alla tradizione.

Durante la progettazione si è fatto un uso esteso di codici di calcolo di tipo multi-zona per la ventilazione (COMIS) e della Fluidodinamica Computazionale (Fluent)*.

* L'autore desidera ringraziare Fluent Italia per il supporto fornito allo sviluppo dei calcoli CFD applicato al sistema di ventilazione naturale descritto.

Vengono riportati esempi di come sono stati impostati i problemi e delle soluzioni numeriche ottenute, adducendo commenti sui tempi di calcolo e sulla specializzazione richiesta nell'utilizzo dei codici.

La progettazione di un edificio sostenibile comporta un approfondimento superiore alla media, e si scontra nella realtà italiana con la ristrettezza del capitale iniziale disponibile. L'esperienza dimostra come si possa operare in chiave evolutiva, mutuando strumenti di calcolo tuttora più diffusi nel mondo della ricerca e operando una equilibrata mediazione tra l'assunzione dei principi di sostenibilità e il rispetto del contesto ambientale specifico, secondo un'alleanza inedita tra le modalità progettuali, qui finalmente collaboranti in maniera integrale e non meramente integrata .

ABSTRACT

Architectural design is nowadays often more and more deeply influenced by the modalities of formulation of the HVAC system design, both at the functional level and at the level of performance and economization of exercise. Typical concepts like average life of efficiency, adaptation of the delivered service, operational saving, which match directly the control or the maintenance of a system, can be applied, also according to particular functional destinations, to the architectural design.

Building typologies like offices buildings, hospitals, schools or hotel destination uses, equipped naturally with a more and more sophisticated assistance of system utilization, are matched with the concept of the Life Cycle Cost, that is with the useful time of exercise to an optimal level of performance. It becomes connatural in the architectural plan the idea of a necessary way of maintenance and replaceability that it tends in some cases to be added to the one of installed plant engineering. This new necessity is influenced and influences in its turn both the concept of architectural and system design.

This paper describes the development of the problems emerged in definitive and executive project phases of a residence of approximately 12.000 m² destined subsequently to receive the journalists during the winter Olympic Games of Turin 2006 and then the students of the scientific faculties of the University of Turin.

The application of the natural assisted (or hybrid) ventilation to all the residential premises, combined to a radiating panels system, represents an innovative solution very rarely applied to a constructive plan on this scale. Also the correlated choices regarding building shell or the simple proportions of the canalizations of exauste air evacuation have suggested to innovative solutions or at least alternative ones regarding the tradition.

During the planning has been made an extensive use of multi-zone codes of calculation for ventilation (COMIS) and of the Computational Fluid Dynamics. There are reported examples of the problems statement and of the obtained numerical solutions, adducing comments on the times of calculation and the demanded specialization in the use of codes.

The planning of a sustainable building requires an above the average deepening, and it matches, in the Italian situation, with the exigousness of the available capital. The experience demonstrates as it can be operated in evolutive way, changing instruments of calculation still more diffuse in the research world and operating a balanced mediation

between the assumption of the principles of sustainability and the respect of the environmental specific context, according to a new alliance between design modalities, here finally collaborating in integral way and not merely integrated.

1. LA PROGETTAZIONE ECO – SOSTENIBILE E LA DOTAZIONE IMPIANTISTICA DELL'EDIFICIO: DALL'ANTAGONISMO ALLE ALLEANZE STRATEGICHE.

L'attuale dibattito architettonico verte sempre più spesso in modo insistente e radicale sulle opportunità offerte al progettista architettonico da parte del sempre più sofisticato e perfezionato mondo dell'offerta impiantistica.

Lo sviluppo esponenziale della ricerca e dei risultati in questo campo risiedono in una domanda nuova e soprattutto in un nuovo tentativo di risposta da parte di operatori, progettisti e produttori.

Vi è stato in questi ultimi anni, sia nel mondo anglosassone, sia in quello mediterraneo, una ridefinizione del concetto di comfort ambientale e dei suoi parametri soprattutto tenendo conto di fattori non meramente ed esclusivamente quantitativi, ma altrettanto qualitativi e psicologici.

La necessità del condizionamento sia estivo, sia invernale, con l'ausilio di opportune strumentazioni, è stata paragonata al tipo di attività, al tipo e alla percentuale di gradimento dei singoli tenendo conto di qualità percettive, di percentili e di flessibilità parallele alla soggettività un tempo impensabili.

Si è voluto sin dall'inizio, forse un po' arbitrariamente, distinguere mondo anglosassone e mondo mediterraneo, per sottolineare al di là delle ovvie differenze ambientali e climatologiche derivanti dalla collocazione geografiche delle nazioni, le differenze nell'attitudine mentale ad affrontare queste problematiche.

Si può affermare in buona sostanza che esista un processo globale di convergenza nella definizione degli standard abitativi e del comfort ambientale per cui se per esempio nel mondo mediterraneo è cresciuta una "necessità" e una irrinunciabilità al comfort dato dal condizionamento estivo, altrettanto in quello anglosassone sono mano a mano venute meno soluzioni che assolutizzavano l'adozione di sistemi di condizionamento totale senza alcuna possibilità di ibridazione con ventilazioni naturali ovvero con la possibilità dell'individuo di interagire con le percentuali e con i livelli di condizionamento.

Anche se apparentemente lapalissiane, queste considerazioni descrivono fenomeni recenti. In Italia, all'inizio degli anni Novanta, il mercato automobilistico considerava impensabile la dotazione di un climatizzatore o di un condizionatore su un'automobile di media o piccola cilindrata mentre oggi, molti modelli si presentano con queste caratteristiche direttamente a listino base. Altrettanto nel mondo anglosassone, soprattutto nord americano, era impensabile, sino ad un decennio o sono, considerare possibile una soluzione ibrida di condizionamento e di ventilazione naturale mentre ai giorni nostri, molte realizzazioni recenti sono conformate per accogliere soluzioni impiantistiche di condizionamento e di controllo del comfort che interagiscono con le scelte e la soggettività dei fruitori.

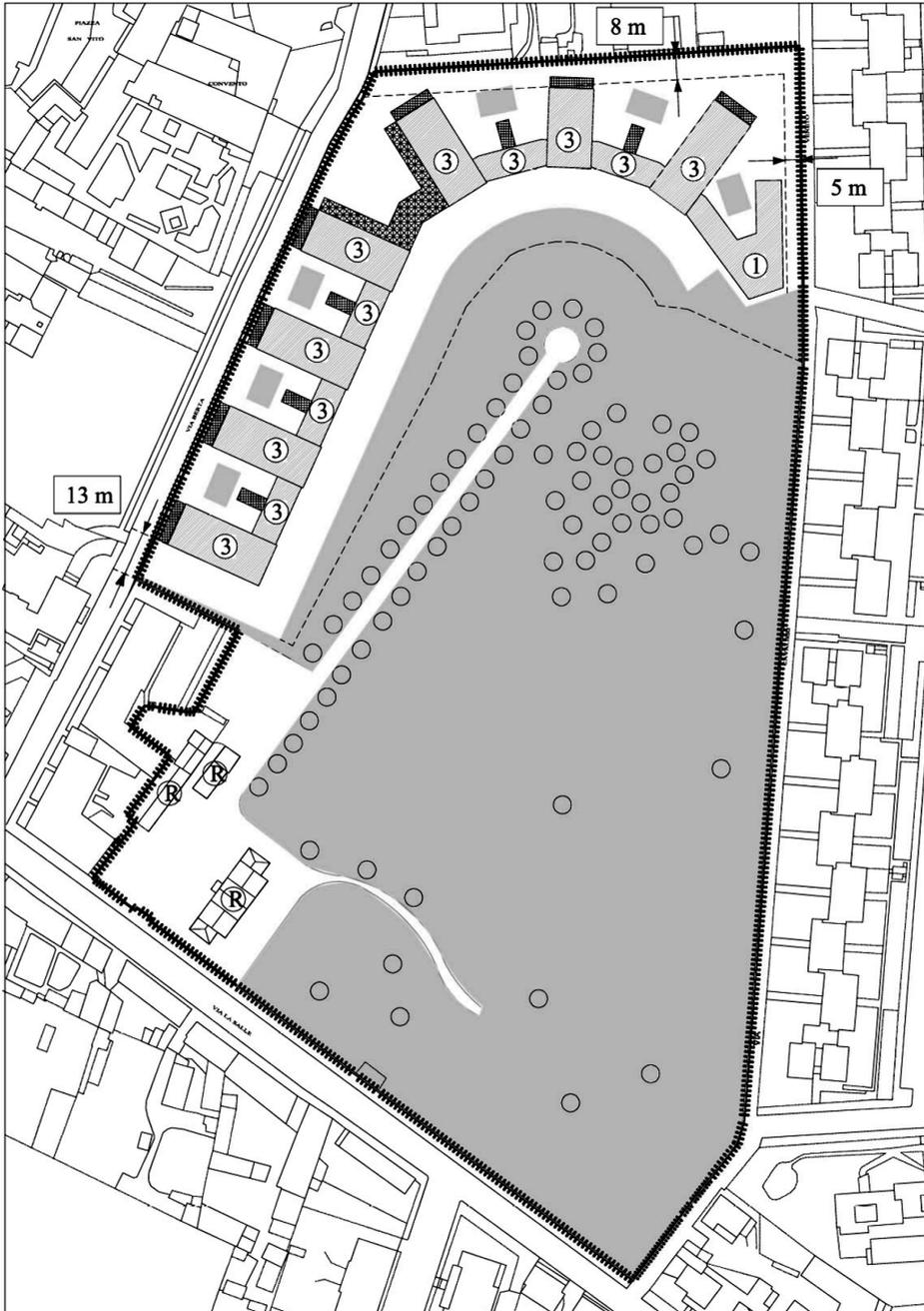
Si va delineando, in entrambi i casi, una sorta di "paradosso virtuoso", per cui sono

ormai superate visioni unilaterali del progetto sia architettonico sia impiantistico e il tasso “tecnologico” volto ad ottenere un funzionamento e uno sfruttamento “naturale” delle risorse energetiche rinnovabili diventa mano mano sempre più preponderante nelle strategie di progetto.

In questa fase storica, la consapevolezza, determinata dalla distanza temporale con la prima grande crisi energetica dell’Occidente, della non differibilità di alcuni interventi strutturali contro l’inquinamento e il degrado ambientale e a favore del risparmio energetico, hanno modificato sostanzialmente la concezione e il normale processo del progetto di architettura. L’opera architettonica, in questo senso, ha assunto una valenza di rappresentatività e di responsabilità che mai gli era stata attribuita nel corso della storia.

2. L’APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DI ECO SOSTENIBILITÀ NEL PROGETTO DEL VILLAGGIO MEDIA VILLA CLARETTA

L’individuazione della localizzazione dell’intervento in progetto deriva dalle particolari caratteristiche del luogo e dalla rispondenza alla necessità di garantire una elevata accessibilità al sito, sia nella destinazione transitoria a residenza per i giornalisti impegnati nei XX Giochi Olimpici Invernali del 2006, sia nella destinazione finale a residenza per studenti in relazione al futuro insediamento della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e della Facoltà di Farmacia e alle esistenti Facoltà di Agraria e Medicina Veterinaria, già operanti sul territorio di Grugliasco, in provincia di Torino. La motivazione di collocare in questo sedime la residenza universitaria, non deriva comunque solamente da considerazioni di ordine funzionale, ma anche dall’occasione favorevole per assicurare la conservazione – e la fruizione da parte del pubblico - di un bene di notevole valore culturale, storico, artistico e ambientale (ora degradato per la mancanza di un utilizzo residenziale continuativo) mediante l’individuazione di destinazioni compatibili con le caratteristiche del luogo; con questa decisione viene offerto ai futuri utenti un ambito architettonico e paesaggistico di alto profilo e valenza culturale.



Indicazioni di Progetto, Planimetria

Scala: 1:2000

Figura 1- Planimetria generale dell'intervento



Figura 2 – Render di una corte interna (Pittura digitale a cura di Bertelli & Barla)

Il nuovo edificio, suddiviso in due costruzioni collegate da una piazza di accesso aperta al pubblico e verso la città, non andrà ad occupare l'area che costituiva il giardino storico. Una costruzione insisterà nell'area a prato posta a Nord del complesso, oltre la traccia del muro perimetrale che delimitava il giardino; l'altra costruzione sarà collocata nell'area agricola un tempo destinata a vigna campiva.

La scelta è stata quella di pensare ad una architettura - fondale, una specie di anfiteatro naturale disposto a ventaglio.

Il progetto tenta una strada in cui sia le preesistenze sia il costruito ex novo convergano intorno ad un unico obiettivo progettuale: reinterpretare e potenziare la strutturazione e le immagini di paesaggio ritrovate nel sito al fine di valorizzare il luogo nel suo complesso.

La particolare configurazione a pettine del nuovo insediamento determina un altro elemento particolarmente importante nella caratterizzazione qualitativa del progetto: la formazione di una serie di corti quadrate e trapezoidali che oltre a garantire l'affaccio delle camere realizzate sul lato dell'edificio opposto al parco, ospitano le vie di accesso allo stesso edificio.

Celati agli occhi del visitatore del parco, ma aperti verso la città e il tessuto urbano circostante, le corti delimitate su tre lati dalla nuova costruzione e su uno dal muro esistente si configurano come un susseguirsi di corti concluse e autosufficienti, di micropaesaggi.

La scelta della tipologia a corte corrisponde alla volontà di riproporre anche all'interno della nuova costruzione il tema e il linguaggio del giardino, favorendo inoltre – fatto davvero importante nel caso di una Residenza Universitaria – il senso dell'appartenenza e dell'appropriazione dello spazio da parte degli utenti.

In corrispondenza dell'angolo Nord – Ovest dell'area di intervento viene prevista una piazza aperta verso la città e verso il parco, una sorta di cannocchiale comunicativo tra la presenza naturale, il parco, e la preesistenza urbana, il centro storico di Grugliasco.

I dislivelli tra la piazza e il parco determinati dalla geomorfologia del terreno e dalla volontà di abbassare di un metro la superficie di parcheggio all'interno della ripa verde (un rilevato in terreno coltivo di 4 metri posta a delimitazione dell'intervento), vengono agevolmente superati col posizionamento di una scalinata e di una doppia rampa .

Il traguardo visuale tra la piazza e il parco è reso dal piano inclinato coperto di PVC riciclato con la messa a dimora di tappeto erboso per cui è segnato da una continuità materica e cromatica col parco medesimo. Altrettanto si è pensato di curare la manutenibilità di quest'area verde mediante un sistema di sub irrigazione che sfrutta l'acqua meteorica raccolta sulle falde dei tetti e accumulata in una cisterna nel sottosuolo.

Il costruito risulta essere diviso in due corpi dimensionalmente simili in grado di ospitare in totale 423 posti letto.

Il disegno e la composizione delle facciate rappresentano un elemento centrale per il raggiungimento di un elevato livello qualitativo della nuova costruzione.

In particolare, al disegno del muro – facciata e della ripa verde è affidato il delicato compito di definire il nuovo fondale del parco e il rapporto con le preesistenze.

La ripa verde costituisce l'importante "piede" figurativo staccato, ma integrato col prospetto sul parco e funge da fondale - quinta che minimizza l'incombenza del prospetto medesimo dal punto.

Le facciate che prospettano sulle corti interne e sulla corte pubblica che collega la città al parco saranno invece caratterizzate da un disegno compositivo di tipo geometrico, che potrà sottolineare tramite ampie aperture finestrate le scansioni verticali e orizzontali determinate dal passo regolare delle camere e della struttura portante.

Particolare attenzione è prestata al disegno delle testate delle maniche secondarie, in quanto sia sul lato del muro – facciata, dove con la loro altezza superano il corpo che fa da limite al parco, sia sul lato lungo via Berta, questi prospetti assumono un ruolo centrale nella caratterizzazione del luogo e dell'ambiente costruito.

Il progetto dei sub-sistemi edilizi quali i serramenti hanno rappresentato un'utile occasione per caratterizzare gli elementi e gli affacci. Sui corpi di collegamento ogni finestra è dotata di un ampio frangisole in lamiera forata di alluminio e struttura in acciaio spazzolato che ottimizza anche la distribuzione luminosa indiretta all'interno delle stanze. (Figura 3). Sui corpi di testata in laterizio dei corpi trasversali le chiusure sono realizzate con persiane in legno che si richiudono a libro. Sugli affacci dei ballatoi fronte stanti le corti interne le aperture a tutta parete sono chiuse da velari in alluminio verniciato.

L'ottimizzazione delle sorgenti luminose è stato ricercato anche col tentativo di dotare la maggioranza degli spazi di corpi illuminanti a raggi indiretti verso il soffitto.

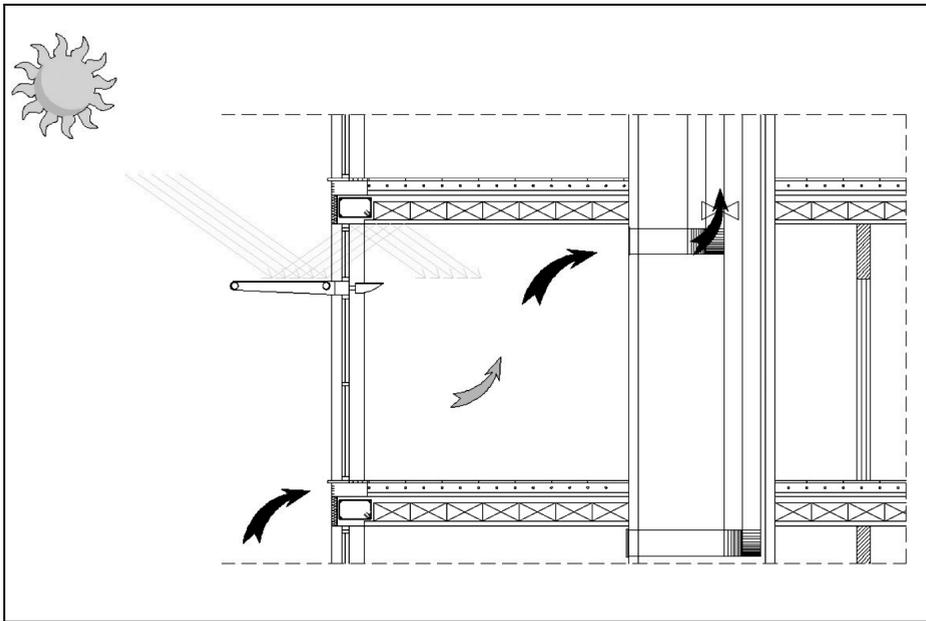


Figura 3 – Sezione schematica funzionale di una stanza tipo

3. DATI TECNICI E DI DIMENSIONAMENTO IMPIANTO TERMICO

3.1. Dati termoigrometrici di progetto

Alla base dei calcoli di progetto sono stati assunti i seguenti dati di riferimento.

- a) **Località:** Grugliasco
Altitudine: 293 m s.l.m.
Gradi giorno: 2687
Zona climatica: E
Classificazione edificio: E.3 (1) Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari
Orario di funzionamento: 14 ore giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile

b) **Condizioni termiche e igrometriche esterne**

	INVERNO	ESTATE
- temperatura esterna b.s.	- 8 °C	30,5 °C
- temperatura esterna b.u.	- 9 °C	22,5 °C
- umidità relativa esterna	80 %	50 %
- escursione termica giornaliera	----	11 °C

c) **Condizioni termiche e igrometriche ambiente**

	INVERNO	ESTATE
- temperatura ambiente b.s.	20 °C	26 °C

- temperatura ambiente b.u.	13 °C	19 °C
- umidità relativa ambiente	45 %	50 %
Tolleranza sui valori di temperatura:	±1 °C	
Tolleranza sui valori di umidità relativa	±5 %	

(*) Il controllo igrometrico viene realizzato negli spazi comuni, in quanto nelle camere è prevista la sola ventilazione naturale assistita (ventilazione ibrida)

3.2. Ricambi d'aria

La determinazione delle portate di aria di rinnovo è stata eseguita con riferimento alle indicazioni della norma UNI 10339 sulla base dell'affollamento per gli spazi comuni e in ragione di 0,5 volumi ambiente per ora per le camere.

Per i servizi igienici si sono considerate le seguenti portate di rinnovo:

servizi igienici spazi comuni

L'aerazione dei servizi igienici privi di aerazione naturale diretta è in grado di assicurare un coefficiente di ricambio minimo di 8 vol/h (UNI 10339) in espulsione forzata mediante ripresa continua dell'aria da valvole di ventilazione attraverso i bagni mantenuti permanentemente in depressione.

servizi igienici camere

L'aerazione dei servizi igienici privi di aerazione naturale diretta è in grado di assicurare un coefficiente di ricambio minimo di 8 vol/h (UNI 10339) in espulsione forzata intermittente a comando automatico adeguatamente temporizzato per assicurare almeno 3 ricambi per ogni utilizzazione dell'ambiente.

4. TIPOLOGIA IMPIANTISTICA

4.1. Generalità

La tipologia impiantistica prevalente è quella di un impianto di condizionamento misto (aria-acqua) a pannelli radianti a pavimento e aria primaria. L'aria di rinnovo viene introdotta mediante sistema meccanico per gli spazi comuni a piano terra e con sistema naturale-assistito (ventilazione ibrida) per le camere.

Dal punto di vista dei carichi termici, le caratteristiche degli ambienti costituenti il Villaggio Media sono riconducibili a due principali casi:

ambienti con carichi termici endogeni preminenti rispetto ai carichi termici esterni; sono caratterizzati da affollamenti elevati e fortemente variabili. Le portate di aria di rinnovo sono variabili da un valore minimo ad ambiente non utilizzato a valori elevati in funzione dell'affollamento. Sono riconducibili a questa categoria gli spazi comuni (sale colazione, riunione, coffee point ecc).

ambienti con carichi termici esterni preminenti rispetto ai carichi termici endogeni; sono caratterizzati da affollamenti medio bassi, limitata incidenza di apparecchi

illuminanti e macchinari a fronte delle significative superfici costituenti l'involucro edilizio (pareti e vetrate). Le portate di aria di rinnovo richieste sono limitate e costanti. Sono riconducibili a questa categoria le camere degli ospiti.

Per gli spazi comuni il controllo della qualità dell'aria è affidato all'introduzione di una adeguata portata di aria esterna, stabilita in base al numero degli occupanti e/o in base all'apporto di inquinanti legato alla destinazione d'uso.

La regolazione dell'umidità relativa viene effettuata centralmente mediante il controllo del contenuto igrometrico dell'aria primaria.

Qualora il sistema radiante (la cui resa è limitata dalle caratteristiche costruttive e dai possibili effetti fisiologici) non sia sufficiente, il controllo della temperatura viene integrato dall'impianto di aria primaria.

L'aria primaria viene distribuita a portata costante e il controllo della temperatura è assicurato dall'impianto di base a pannelli radianti a pavimento, con regolazione in funzione della temperatura esterna (climatica sia invernale, sia estiva).

Per le camere l'aria di rinnovo viene immessa attraverso un areatore collocato alla quota della soletta sotto il serramento esterno (Figure 3). All'interno di questo elemento sono presenti una serranda di intercettazione modulante servocomandata e un tubo alettato con funzione di preriscaldare l'aria di rinnovo. Il tubo alettato è alimentato da un circuito autonomo, miscelato a temperatura più elevata di quella dei pannelli. Dallo stesso circuito sono alimentati i radiatori integrativi installati nei bagni.

La temperatura dell'acqua di alimentazione del sistema radiante è regolata in funzione della temperatura esterna (climatica sia invernale sia estiva). Il controllo termico del singolo locale è garantito da un regolatore ambiente in grado di intervenire sulla elettrovalvola di tipo on-off del circuito del pannello radiante.

In conclusione sono individuabili le seguenti principali categorie di ambienti:

- camere per ospiti;
 - spazi comuni;
- che prefigurano le seguenti due tipologie impiantistiche:
- pannelli radianti e aria primaria mediante sistema meccanico a portata variabile;
 - pannelli radianti e aria primaria mediante sistema naturale/ibrido.

Nella presente relazione viene descritta quest'ultima tipologia, adottata per le camere degli ospiti.

4.2. Impianto termico

L'impianto è in grado di svolgere le funzioni nel seguito descritte:
controllo delle condizioni termiche ambientali invernali ed estive;
differenziazione delle temperature per zona;
rinnovo dell'aria ambiente controllato in ragione dei valori minimi prescritti.

L'impianto termico nelle camere è del tipo a pannelli radianti a pavimento, formato da tubazioni in polietilene retinato fissate mediante appositi supporti sul pannello isolante.

L'impianto alimentato da acqua a bassa temperatura, a commutazione stagionale, garantisce il riscaldamento invernale e un moderato raffrescamento estivo, in quanto la temperatura dell'acqua nelle tubazioni è regolata in modo che il pavimento non sia a temperatura inferiore al punto di rugiada dell'aria ambiente.

Nei servizi igienici è previsto un impianto di solo controllo della temperatura invernale, mediante radiatori del tipo tubolare in acciaio, senza spigoli vivi.

Il controllo della temperatura nei servizi igienici avviene mediante valvola termostatica agente sul radiatore del bagno.

I ricambi d'aria avvengono tramite estrazione intermittente in funzione dell'utilizzo dei locali.

4.3. Sistema di ventilazione ibrida

Il sistema garantisce una portata di rinnovo pari almeno a 0,5 volumi ambiente per ora (circa 25 m³/h) in condizioni invernali. In condizioni estive il sistema di regolazione non limita la portata di aria di rinnovo (intervenendo se necessario con il ventilatore di supporto) per favorire la ventilazione degli ambienti.

Lo schema individuato rappresenta un esempio di sistema a bassa pressione, in cui le basse velocità dell'aria nei condotti e l'attenzione particolare al disegno degli elementi che lo compongono permettono di limitare le potenze termiche ed elettriche necessarie all'esercizio della struttura ricettiva e di assicurare contenuti livelli sonori di funzionamento.

Viene implementato un sistema di ventilazione naturale assistita con immissione perimetrale e pre-riscaldamento dell'aria.

Questo schema sfrutta la prevalenza fornita dall'"effetto camino" e dal campo di pressioni indotto dal vento intorno all'edificio per realizzare un semplice percorso di ventilazione.

L'aria di rinnovo viene immessa in ambiente attraverso gli aeratori perimetrali (bocchette di ventilazione naturale sopra descritte) posti alla base dei serramenti esterni.

La temperatura dell'aria di rinnovo viene moderata da uno scambiatore di calore a bassissima perdita di carico (costituito da una batteria di tubi alettati) integrato nell'aeratore perimetrale di ventilazione naturale e alimentato dallo stesso circuito miscelato dei radiatori dei bagni mediante un unico anello monotubo collegato al collettore di zona.

Per ogni camera l'aria viene ripresa attraverso una griglia ad alette fisse in alluminio posta nella parte alta della parete prospiciente il bagno. Le caratteristiche costruttive delle bocchette di transito sono tali da contenere la trasmissione del rumore tra gli ambienti. Dopo un breve tratto orizzontale il condotto di ripresa si immette nel canale verticale.

I condotti di ventilazione naturale, in numero di uno per ogni camera, sono realizzati in pannelli di poliuretano rivestiti su entrambe le facce di alluminio goffrato e passano entro il cavedio formato da due celle prefabbricate di bagni adiacenti (Figura 8).

I condotti di estrazione convogliano l'aria prelevata dagli ambienti a dei torrini di estrazione posti in copertura, dotati di ventilatore assiale a basso consumo, in grado di assistere il naturale deflusso qualora necessario.

Il tratto esterno è realizzato in lamiera di acciaio zincato in doppia parete con interposto isolante, con la parete a vista verniciata a fuoco in colore RAL definito con la Soprintendenza ai Beni Architettonici.

Il terminale e le eventuali nervature rispondono ad esigenze di carattere statico-funzionale, salvaguardando le caratteristiche estetiche alla base dell'intervento.

In tal senso la progettazione integrale, fin dalle prime fasi dello studio, ha permesso non solamente il mero inserimento di componenti impiantistici, come gli aeratori inseriti nei serramenti e i camini di estrazione, ma ha reso possibile che essi si ponessero come elementi fortemente caratterizzanti l'aspetto architettonico dell'intervento.

Il sistema è stato studiato attraverso modelli numerici e tramite un modello in scala 1:1 dell'aeratore realizzato da un costruttore di componenti aeraulici e testato presso il Politecnico di Torino.

4.4. Regolazione impianto

La regolazione centralizzata della temperatura dell'acqua nei pannelli è di tipo climatico sia in regime invernale sia in regime estivo.

Il controllo del microclima per ogni singola camera è garantito da un regolatore ambiente in grado di intervenire sulla elettrovalvola con servocomando di tipo on-off sul collettore del circuito del pannello radiante. Il valore di set-point è modificabile localmente dall'utente con un differenziale di temperatura di ± 3 °C.

Un sistema di supervisione consente dalla reception di intervenire escludendo il singolo circuito (qualora la camera non sia utilizzata) o regolando la temperatura a un determinato valore, segnalando inoltre l'eventuale dimenticanza del serramento aperto.

Il controllo della ventilazione avviene attraverso un sistema elettronico, in grado di monitorare l'effettiva portata nel condotto di estrazione e intervenire sul ventilatore di integrazione e/o sulle serrande di regolazione sugli aeratori (bocchette di presa dell'aria esterna).

Il sistema prevede due regimi di funzionamento:

estrazione naturale; si verifica quando le condizioni di temperatura esterna consentono l'estrazione dell'aria in regime naturale per effetto camino (differenza di temperatura). Tale situazione si verifica principalmente in condizioni invernali e nelle stagioni intermedie;

estrazione meccanica; si verifica quando le differenze tra la temperatura dell'aria interna e quella esterna non consentono l'attivazione del tiraggio naturale dei condotti di estrazione. In tal caso la ventilazione viene assistita da un ventilatore assiale. La situazione si può verificare in condizioni estive con elevate temperature esterne.

La ventilazione naturale per effetto camino è favorita anche dal riscaldamento ad opera della radiazione solare del tratto esterno metallico del condotto di estrazione.

Il sistema di regolazione garantisce la ventilazione (funzionamento ibrido) delle camere attivando un ventilatore di estrazione (agente per gruppi di n. 6 camere con medesimo orientamento) in grado di fornire la pressione statica utile all'estrazione della portata di rinnovo richiesta qualora l'"effetto camino" innescato per differenza di

temperatura e rilevato da un sensore di pressione differenziale non sia sufficiente (ad esempio in alcune condizioni di funzionamento estive) a garantire il rinnovo minimo di 0,5 volumi ambiente per ora.

In condizioni invernali la ventilazione viene limitata a tale valore tramite un sistema di regolazione della bocchetta di aerazione naturale mediante servocomando e serranda di limitazione del flusso. Ciò per evitare l'eccessivo raffreddamento dell'ambiente in quanto il convettore (tubo alettato) posto sull'aeratore è dimensionato per una portata di rinnovo massima di 1 ricambio orario.

La regolazione interviene diminuendo l'intensità del flusso anche nei casi di velocità eccessiva dovuta a raffiche di vento.

In condizioni estive non si pone tale limite svolgendo l'aria di ventilazione anche una funzione di "climatizzazione naturale" dell'ambiente supportando il pannello radiante, percorso da acqua moderatamente refrigerata, fino a che la umidità relativa dell'aria esterna consenta una situazione accettabile di comfort interno.

L'energia elettrica per il funzionamento del ventilatore può essere fornita da una fonte rinnovabile quale un impianto fotovoltaico, garantendo in tal modo l'indipendenza energetica del sistema di ventilazione.

Si procederà al monitoraggio nel tempo del sistema tramite la rilevazione dei consumi energetici e del numero di ore in cui la ventilazione naturale ha operato senza l'estrattore ausiliario in rapporto al periodo complessivo di funzionamento dell'impianto.

Inoltre, in corrispondenza di tali periodi, verranno rilevate, in ambienti campione le condizioni termoigrometriche interne garantite dal sistema in relazione alla temperatura e umidità relativa esterna, valutando quando esso sia stato in grado di garantire condizioni di comfort.

5. MODELLI NUMERICI

5.1. Caratterizzazione meteo

Una raccolta di dati meteo è stata realizzata in fase di progetto preliminare. L'analisi statistica ha condotto alla redazione di un TRY (Test Reference Year), valido come input automatico per l'analisi multi-zona e come riferimento ragionevole per le simulazioni CFD.

La temperatura e l'umidità delineano un clima temperato caratterizzato da modeste escursioni termiche e umidità piuttosto elevata.

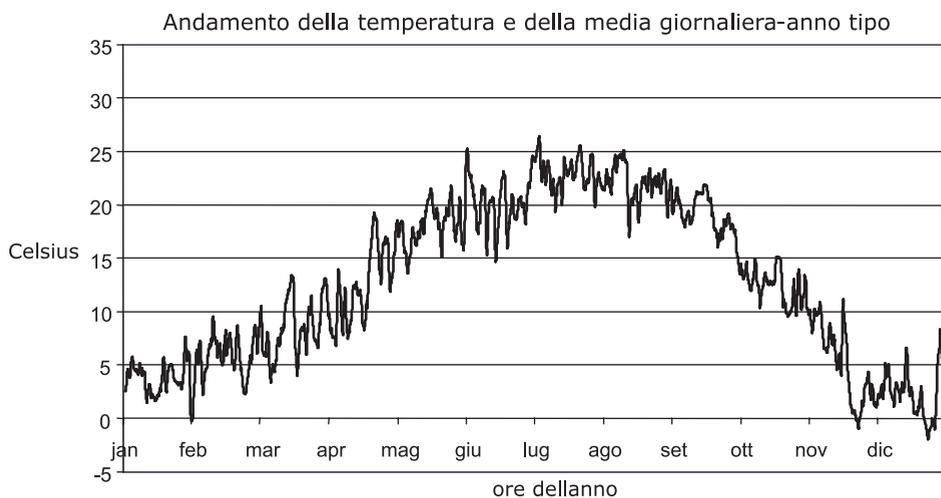


Figura 4 – Temperature TRY

La ventosità del nostro sito è qualificata da una distribuzione di velocità con una media moderata e una similmente modesta dispersione. Gli episodi di intensità elevata hanno carattere occasionale e, pare, non legato ad eventi stagionali.

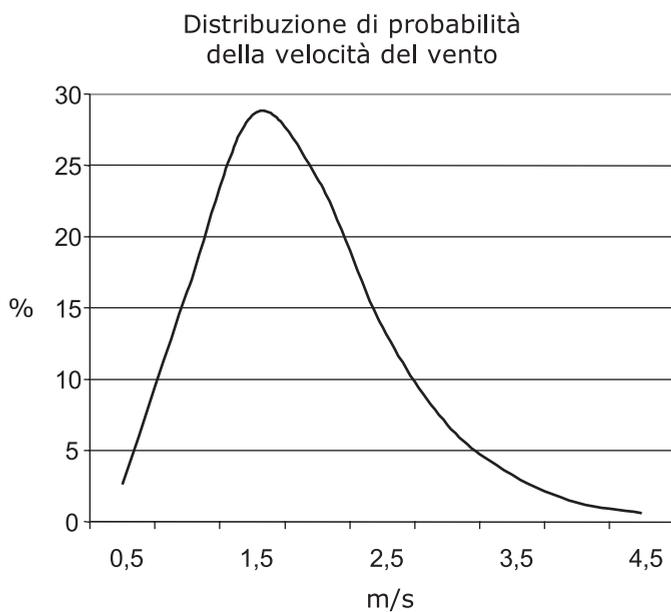


Figura 5 – Ventosità TRY

La direzione del vento evidenzia una marcata stazionarietà. Le misurazioni di intensità massima non sono tipicamente associate alla direzione prevalente (N-E), ma presentano una decisa dispersione, con alcuni accumuli in direzione N-O.

Frequenze della direzione del vento

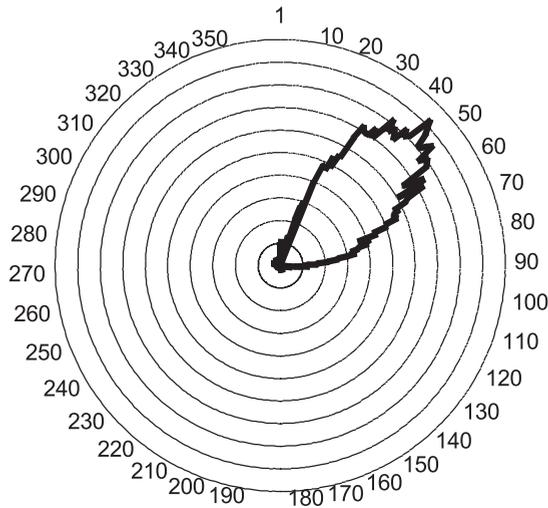


Figura 6 – Direzione vento TRY

5.2. Progetto preliminare

In fase di progetto preliminare il gruppo di progettazione era intenzionato ad integrare nell'edificio un sistema di ventilazione naturale assistita o "ibrida". Lo schema previsto è quello di una ventilazione per convezione naturale, incrementata dalla presenza di camini. Durante la stagione invernale la convezione naturale si attiva in misura cospicua, mentre nella stagione estiva si utilizzano gli stessi condotti dei camini, come precedentemente descritto, per realizzare una ventilazione forzata a bassa pressione, attraverso l'installazione di opportuni ventilatori.

Le stanze che ospiteranno i giornalisti nel 2006 e successivamente gli studenti del futuro campus delle facoltà scientifiche dell'Università di Torino, che sorgerà a breve distanza dal sito, comunicano con cavedi verticali che scandiscono i piani con una frequenza di uno ogni due stanze. All'interno di questi cavedi trovano posto tutti i tratti verticali delle reti fluidomeccaniche, e i canali per la ventilazione. Sono state realizzate alcune simulazioni di verifica della configurazione con il software COMIS. Riportiamo sinteticamente alcuni risultati.

Le soluzioni esplorate sono due:

SOLUZIONE A: Si realizzano camini verticali per ogni ambiente, collettandoli a gruppi di tre (le camere sulla stessa verticale nei tre piani) negli appositi torrini di estrazione in copertura

SOLUZIONE B: Si colleghino i canali di ventilazione a gruppi di sei, corrispondenti a due stanze adiacenti per piano (questa soluzione è un raddoppiamento della precedente)

Resta ferma la strategia di ventilazione, identica per i due casi: l'aria di ricambio viene ammessa in ambiente direttamente dall'esterno attraverso aeratori perimetrali; l'estrazione è realizzata per mezzo di un sistema ibrido a bassa pressione, basato sull'effetto camino e su un ventilatore ausiliario a bassa prevalenza a ridotto consumo energetico.

Uno dei parametri di valutazione più indicativi è la percentuale di ore in un anno in cui il sistema funziona naturalmente.

I risultati ottenuti sono trattati statisticamente e vanno considerati come previsioni probabilistiche, basandosi la procedura di calcolo su un input meteorologico di tipo statistico (l'anno tipo *TRY - Test Reference Year* - di Grugliasco).

I due istogrammi che seguono esemplificano l'effetto della posizione degli aeratori (NAD: *Natural Airing Device*). Il parametro di valutazione adottato è proprio la percentuale delle ore di un anno in cui il sistema di ventilazione naturale soddisfa i requisiti di legge di ricambio dell'aria.

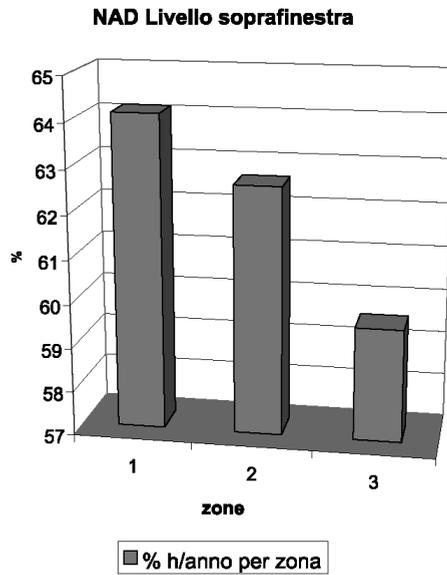
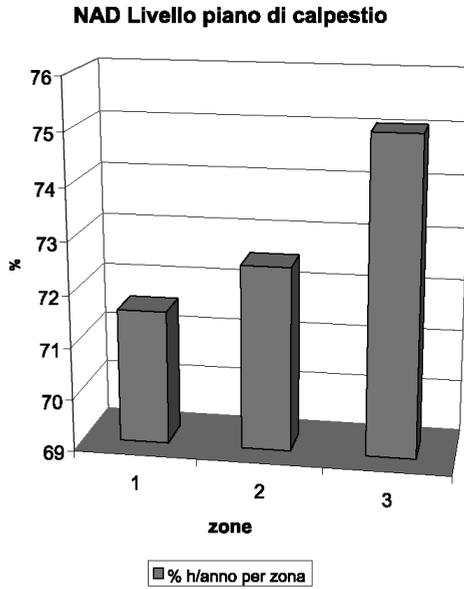


Figura 7 – Confronti tra soluzione con NAD a livello piano di calpestio e a livello soprafinestra

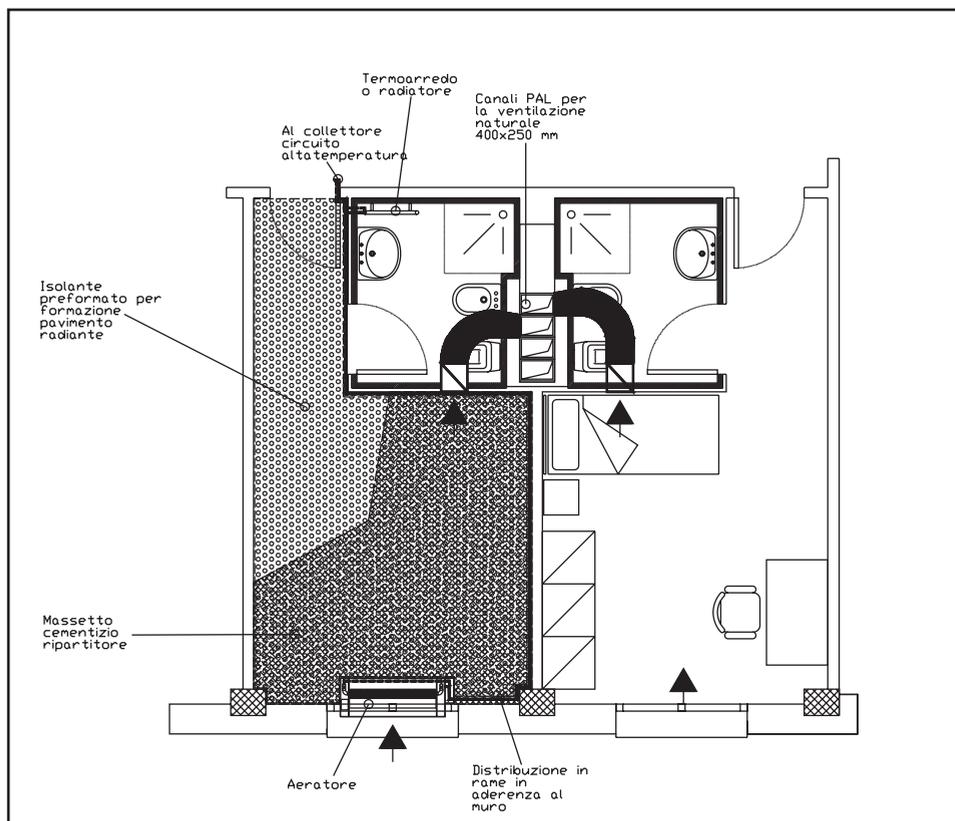


Figura 8 – Estratto di pianta tipo: 2 stanze condividono un cavedio

5.3. Dimensionamento preliminare

5.3.1. SOLUZIONE A

Le dimensioni identificate come minime per i canali verticali delle due camere inferiori sono 20 x 20 cm, mentre per la camera superiore è indicato un canale 15 x 15 cm.

I tre canali (uno per piano) vengono collettati nel sottotetto in un camino (nel quale trova posto il ventilatore ausiliario), che dovrebbe avere dimensioni non inferiori a 40 x 40 cm.

Il camino non dovrebbe avere sviluppo verticale inferiore a 3 m, partendo come riferimento dall'estradosso del solaio sottotetto.

5.3.2. SOLUZIONE B (soluzione prescelta in fase definitiva)

Le dimensioni dei canali delle camere sono simili a quelle della soluzione A, cioè 20 x 20 cm per i primi 2 livelli, e 15 x 15 cm per il terzo (piano secondo).

Il camino in questo caso dovrà avere una sezione minima di 50 x 50 cm, considerando come buon valore 60 x 60 cm. In fase definitiva sono stati adottati canali 40x20 cm per i tre livelli e un canale circolare di diametro 60 cm per il tratto terminale.

L'altezza del camino più adatta, come nel caso A, si è determinata non inferiore a 3 m (più convenientemente 4 m), partendo dall'estradosso del solaio sottotetto.

5.4. Analisi preliminare in convezione forzata

Il grafico seguente mostra l'andamento previsto dei ricambi orari durante la stagione estiva del sistema caratterizzato dalle dimensioni geometriche precedentemente enunciate come soluzione B, con un ventilatore di 315 mm di diametro movimentato da un motore da 20W.

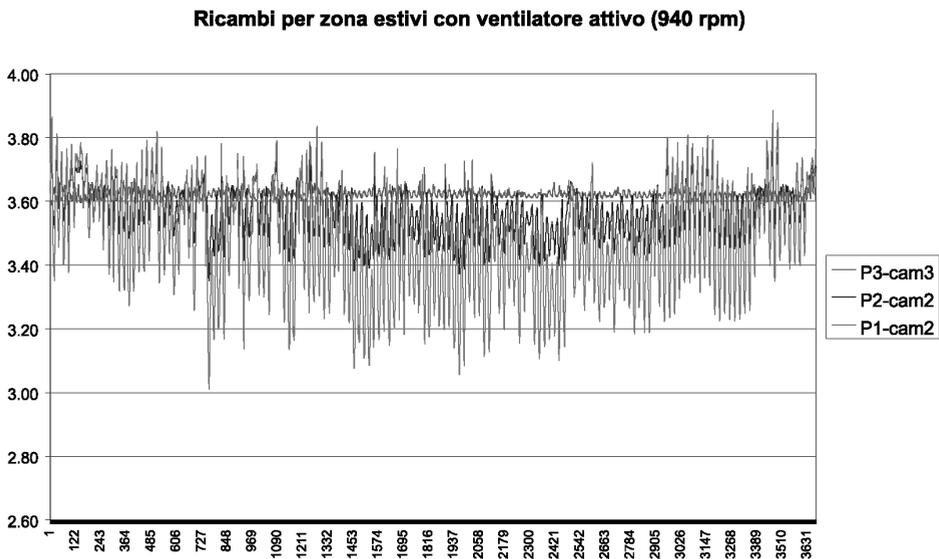


Figura 9 – Andamento degli ACH durante la stagione estiva nelle zone piano terra, primo e secondo con ventilatore integrativo attivo

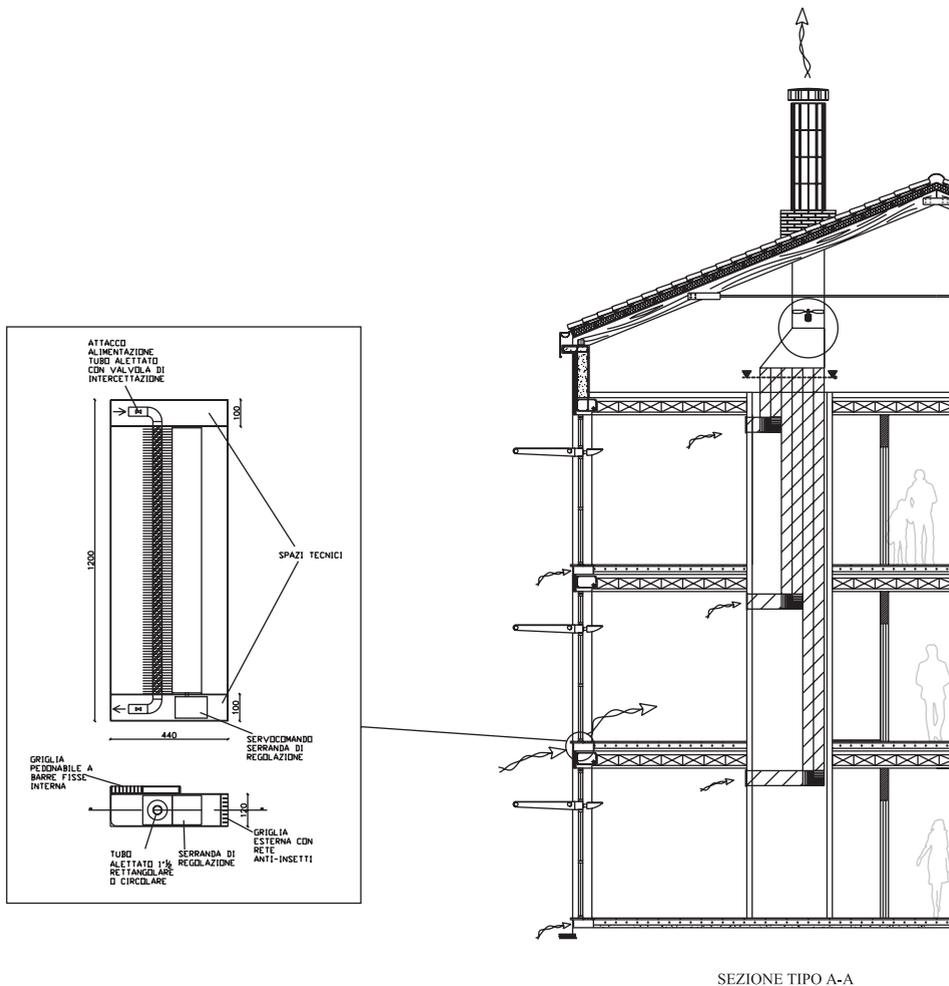


Figura 10 – Schema sistema di ventilazione naturale assistita: sezione tipo su cavedi (dx) e descrizione aeratore perimetrale (sx)

5.5. Progetto esecutivo

Nella fase di Progetto esecutivo sono stati realizzati alcuni modelli per l'analisi CFD. Parallelamente allo sviluppo del progetto architettonico si è via via aumentata la precisione della descrizione geometrica degli ambienti. Le analisi CFD sono state pensate come analisi stazionarie in casi tipici delle condizioni invernale ed estiva. E'

stata concepita una strategia di calcolo basata su un modello 2D, che comprendesse una parte di dominio esterno, per simulare il funzionamento in convezione naturale, e su un modello 3D di una singola stanza. A quest'ultimo vengono applicate le condizioni al contorno derivate dal gradiente di pressione calcolato nella simulazione 2D.

5.5.1. Caso 2D

Il caso 2D rappresenta una ideale “fetta” che parte dall'asse longitudinale di un corpo di fabbrica e seziona una parte dell'edificio, comprendendo una porzione di dominio esterno. Poiché i canali di ventilazione dell'aria sono indipendenti per ogni stanza, e si raccolgono solo nel sottotetto, si è deciso di includere nel modello una sola stanza per volta e inserire un camino di ventilazione singolo.

La mesh realizzata è del tipo a triangoli ed è composta da circa 16'000 celle (Figura 11).

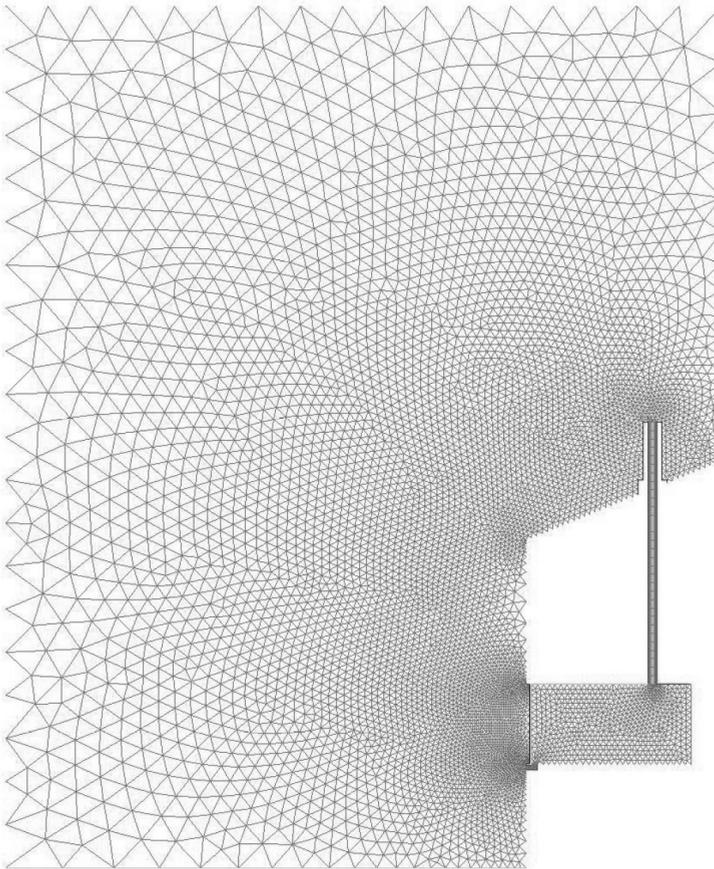


Figura 11 – Mesh 2D



Figura 12 – Distribuzione delle temperature [C] in inverno

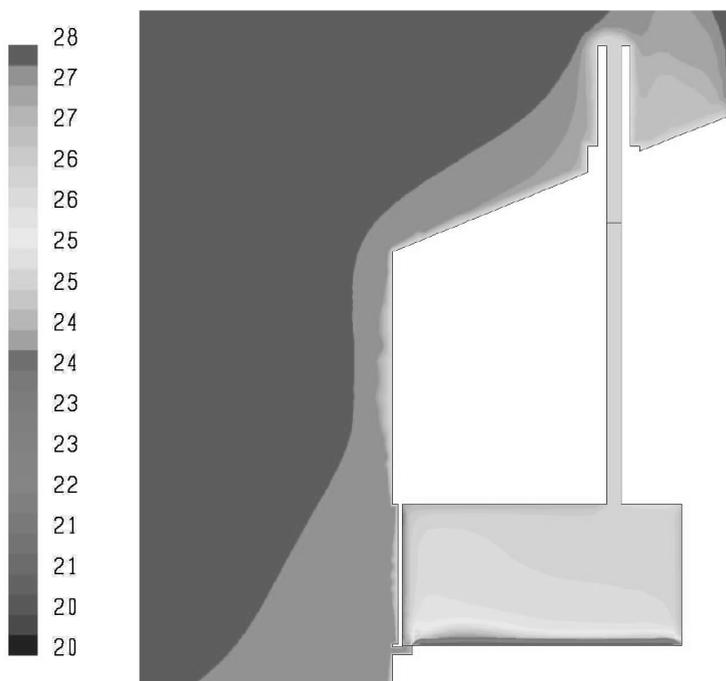


Figura 13 – Distribuzione delle temperature [C] in una tipica giornata estiva

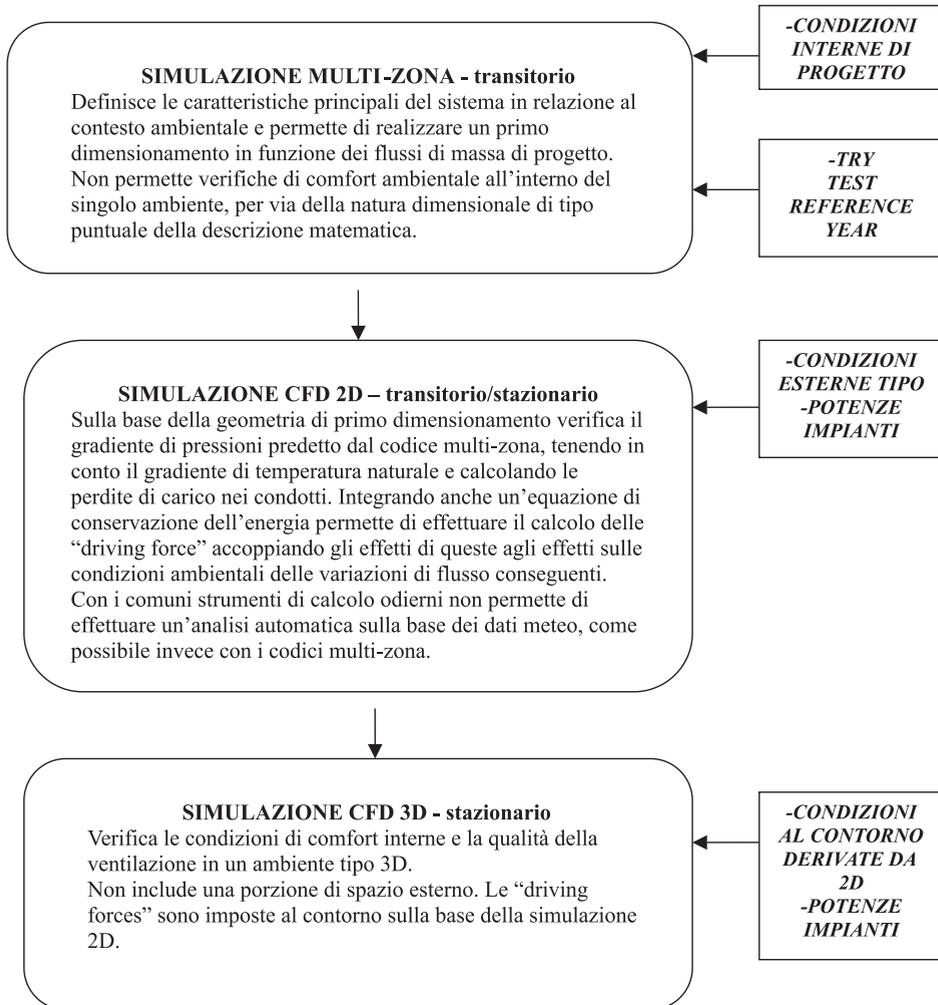


Figura 14 – Utilizzo degli strumenti di calcolo nel processo progettuale

Nel modello utilizzato le perdite di carico distribuite nei condotti sono calcolate dal programma, mentre le perdite di carico sull'aeratore e lo scambio termico convettivo sul tubo alettato all'interno dello stesso sono imposti come funzioni matematiche. Queste funzioni sono descritte per punti e sono utilizzate dal codice come condizioni imposte al passaggio del flusso d'aria attraverso una superficie ortogonale, posta all'interno del volume che identifica l'aeratore stesso (*boundary condition Radiator* in Fluent).

L'andamento di queste funzioni è stato ricavato con un modello CFD, le cui previsioni sono in fase di verifica in laboratorio presso il Politecnico di Torino, dove si condurranno misure su un prototipo dell'aeratore.

Il modello utilizzato per simulare il tubo alettato è composto da una griglia di calcolo 3D di circa 250'000 celle. In figura 15 è visibile l'andamento dei coefficienti di scambio termico convettivo ricavati per una velocità di efflusso di 0.5 m/s, con una temperatura dell'aria di -8°C e temperatura dell'acqua di alimentazione del tubo di 75°C . Poiché si tratta di un regime di convezione localmente forzata (le *driving forces* sono quelle della convezione naturale sulla scala dell'edificio: sulla scala dell'aeratore esse impongono un flusso di convezione forzata *n.d.a.*) i coefficienti di scambio termico hanno andamento simile agli sforzi di attrito a parete, secondo il noto principio di analogia tra il campo di diffusione termico e viscoso, valido rigorosamente per gradienti di pressione nulli.

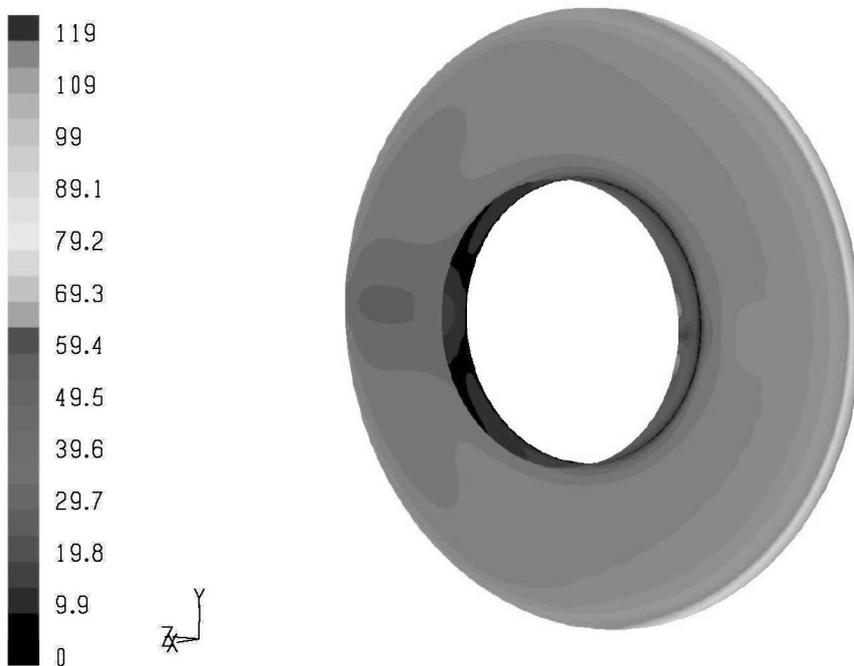


Figura 15 – Coefficienti di scambio termico convettivo $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$ ricavati per il singolo elemento simmetrico di tubo alettato – valore medio sul tubo $12 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, sull'ala $26 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

5.5.2. Caso 3D

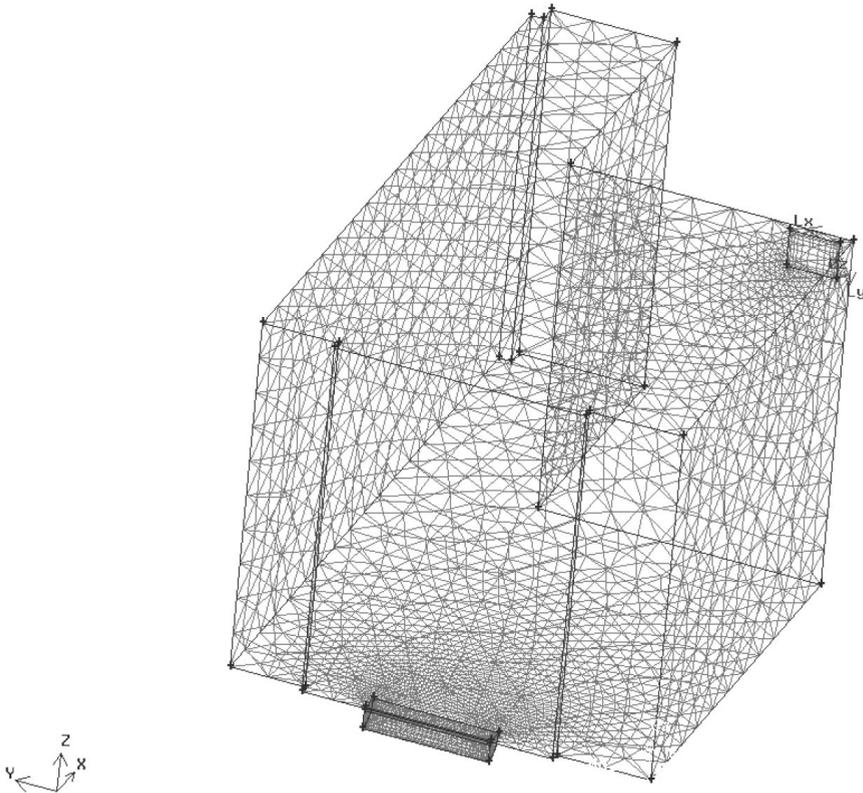


Figura 16 – Mesh 3D

Il caso 3D rappresenta il dominio interno ad una singola stanza. E' stato utilizzato per verificare le condizioni ambientali interne nei casi tipici invernale ed estivo. Per limitare il peso computazionale del modello e semplificare a monte le operazioni di definizione della mesh il caso 3D non comprende porzioni di spazio esterno e non viene utilizzato per il calcolo dei moti convettivi naturali. Sugli elementi di contorno che rappresentano la bocchetta interna alla stanza collegata al camino di ventilazione naturale vengono imposte le condizioni di pressione a regime calcolate dalla precedente simulazione 2D.

Il modello viene quindi utilizzato essenzialmente per verificare i modi di distribuzione dell'aria all'interno dell'ambiente ed il grado di uniformità delle condizioni di comfort. La simulazione in 2 dimensioni, poiché assimila la stanza ad un elemento di lunghezza infinita, cioè virtualmente senza pareti divisorie laterali, tende a sovrastimare i fenomeni diffusivi. Diventa quindi necessario eseguire una simulazione 3D, almeno nella forma qui riportata.

Nel nostro caso la distribuzione dell'aria è fortemente influenzata dall'efficacia dello scambio posto nell'aeratore, poiché l'ipotesi di flusso isoterma e stazionario deve essere considerata come una condizione media.

La convezione naturale si sovrappone all'effetto del vento, pur moderato nel nostro caso, e subisce le perturbazioni del flusso indotte dalle aperture delle porte da parte degli abitanti: questi effetti generano una "pulsazione" del flusso d'aria. La variazione di portata comporta una modulazione della temperatura dell'aria immessa e differenti distribuzioni dell'aria, per via delle forze di galleggiamento.

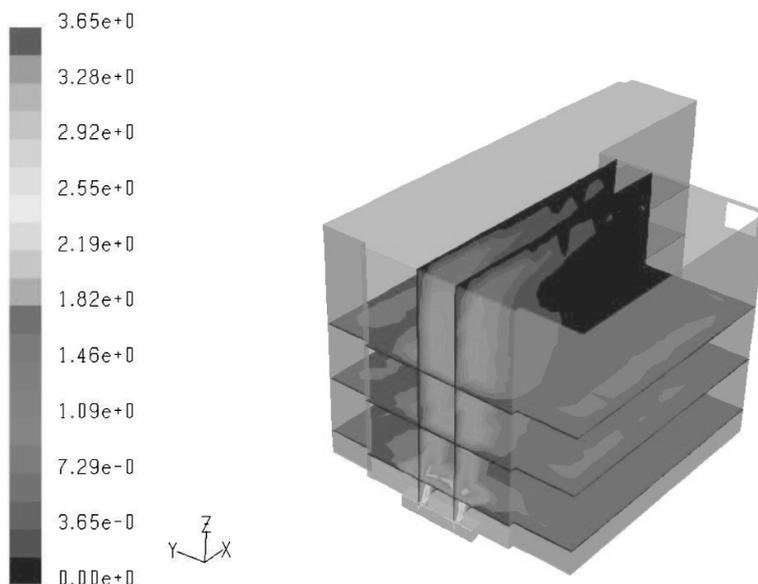


Figura 17 – velocità dell'aria [10-1 m/s] all'interno di una stanza tipo in inverno

6. CONSIDERAZIONI FINALI

Le difficoltà che emergono dalle considerazioni precedenti sono comuni alle attività di progettazione: l'obiettivo risiede nel trovare una configurazione adatta alla varietà di situazioni in cui l'edificio sarà coinvolto. Il difficile equilibrio tra le componenti di impianto e architettoniche "giuste" per la maggior parte delle situazioni, ovvero corrette e funzionali agli obiettivi di gestione, può essere cercato per via analitica, attraverso la verifica di una serie di condizioni progettuali paradigmatiche. Il progettista è chiamato a definire queste condizioni, sulla base di strumenti analitici semplificati e del suo "intuito", ad approfondirne il disegno e ad estrapolare una serie di simulazioni per testare il funzionamento del sistema. A questo processo, di per sé molto soggettivo nella determinazione delle condizioni significative, si sommano le difficoltà specifiche

della modellizzazione numerica, che obbligano spesso a produrre modelli di calcolo semplificati. Il valore di tali modelli, ovvero la fiducia nel loro valore, rientra nella sfera delle responsabilità del progettista, il quale interpreta la realtà fisica del sistema reale cercando di estrapolarne gli elementi dominanti, e di inserirli in forma corretta nel modello.

BIBLIOGRAFIA

- G.V. Fracastoro, M. Perino, *Numerical Simulation of Transient Effects of Window openings*, Annex 35, HybVent forum, Sydney 1999
- M. Masoero, C. Ostorero, M. Simonetti, M.Surra, *Building HVAC Integration in Sustainable Architecture*, Convegno internazionale AICARR Integrazione edificio impianto 2002 – Milano
- M. Masoero, M. Surra, M. Simonetti, *Natural and Hybrid Systems for the Ventilation and the Air Conditioning of a University Complex*, Clima2000, Napoli 2001
- M. Simonetti M. Surra, *Integrazione dei Sistemi di Ventilazione Ibrida negli Edifici*, Convegno AICARR Progettare l'involucro edilizio, Bologna, Torino 2001, Napoli 2002
- K. E. Knapp e T. L. Jester, *Energy balances for photovoltaic modules: status and prospects*, 28th Photovoltaics Specialists Conference, Anchorage, Alaska 2000
- M. Masoero, *Progettare edifici energeticamente sostenibili – Intervista a Terry Dix*, Condizionamento dell'Aria n.12, Dicembre 2001
- D.L. Jones, *Architecture and the environment Bioclimatic building design*, Laurence king, London, 1998,
- A.van Hal, *Beyond the Backyard, Sustainable housing experience in their national context*, Aeneas, The Netherland, 2000.
- F. Hendriks, *Durable and sustainable construction materials*, Aeneas, The Netherland, 2000.
- C. Benedetti, Urta, *l'uso delle risorse rinnovabili in architettura*, Kappa ed. Roma, 1999.
- U. Wienke, *Dizionario dell'edilizia bioecologica*, DEI, Roma 1999.
- U. Wienke, *Manuale di bioedilizia*, DEI, Roma 2000.
- AA.VV. *Costruire sostenibile*, Alienea ed, SAIE, Bologna, Firenze, 2000.
- B. Edwards, *Sustainable Architecture*, Architectural press, Oxford, 1999.
- B. Edwards, *Green Buildings pay*, E and F Spon, London, 1998.
- R. Rogers, *Cities for a small planet*, F F, London, 1997.
- S.Lironi, *Ecologia dell'abitare*, GB d, Padova, 1996.
- M.Buono, *Architettura del vento*, Clean, Napoli, 1998.
- C. Benedetti, *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli ed, Rimini 1994.
- M. Grosso, *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli ed, Rimini 1997.
- AA.VV. *Architettura sostenibile*, Pitagora Ed, Bologna, 1998.
- U. Sasso, *Bioarchitettura, glossario*, Ediquadro, Torino, 2000.
- AA.VV. *A green Vitruvius*, Dublino, 1999.
- Ed Melet, *Sustainable architecture*, Nai, Rotterdam, 1999.

- AA. VV, *Costruzione stratificata secco*, Maggioli ed, Rimini 1998.
- M. Nicoletti, *Architettura ecosistemica*, Gangemi, Roma, 1998.
- M. Singh, *L'energia del sole*, Euroclub Unesco, Bergamo, 1996.
- C. Slessor, *Sustainable Architecture and High Technology*, T And H, London, 1997.
- M. Cottom Winslow, *Environmental Design*, Showcase Ed, London. 1994.
- Fluent Inc, *Fluent 6 User's Guide*,.
- Comis 3.0 User's Guide