

MANUALE D'AUSILIO ALLA PROGETTAZIONE TERMOTECNICA

AERAUICA



AICARR

Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

**MANUALE D'AUSILIO
ALLA PROGETTAZIONE
TERMOTECNICA - AERAUICA**

© 2020 AiCARR
Vi Melchiorre Gioia, 168 - 20125 Milano
Tel. 02.67479270 - Fax 02.67479270
www.aicarr.org

Prima edizione 2020

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale, con qualsiasi mezzo (microfilm, copie fotostatiche compresi), sono riservati per tutti i Paesi.

Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta con sistemi elettronici, meccanici o altro senza l'autorizzazione scritta di AiCARR.

Prodotto interamente realizzato in Italia

PREFAZIONE

La pubblicazione del Manuale di ausilio alla progettazione termotecnica - Idronica di AiCARR avvenuta nel 2015 proprio nel periodo in cui ho ereditato da Matteo Bo il coordinamento della Commissione Comitati Tecnici di AiCARR ha costituito a mio avviso un punto di svolta.

Dal punto di vista del progettista quale sono stato nel mio primo quindicennio lavorativo esso ha significato e significa poter disporre di un volume che contiene da un lato le nozioni indispensabili per la comprensione dei fenomeni fisici legati al mondo dei circuiti ad acqua e dall'altro quel fondamentale processo di contestualizzazione al mondo delle applicazioni reali che costituisce da sempre l'essenza profonda della progettazione ingegneristica.

Dal mio attuale punto di vista di docente la significatività di un tale documento di sintesi teorico-applicativa si è presto rivelata anche nella formazione universitaria e di aggiornamento professionale, in quanto ha fornito ai docenti dei corsi avanzati di progettazione termotecnica un mezzo per trasmettere ai propri studenti quella attitudine alla costante ricerca di buon compromesso tra teoria e applicabilità che riteniamo essere il primo requisito di ogni spinta innovativa nella tecnica e nella progettazione.

L'attività di stesura di un documento duale al Manuale di Idronica e dedicato al mondo degli impianti ad aria è stata l'attività sulla quale il variegato mondo dei Comitati Tecnici di AiCARR ha incardinato buona parte della propria operatività a partire dal 2016: cambia l'oggetto del documento ma la strada tracciata era, nelle intenzioni delle giunte coinvolte (Presidenze L. De Santoli e F.R. d'Ambrosio) e del gruppo di lavoro guidato da Ubaldo Nocera, la medesima.

Le risorse di tempo e di conoscenza messe a disposizione dell'Associazione per un obiettivo tanto ambizioso sono risultate ingenti da parte di molti, professionisti, universitari e Aziende della Consulta. Il risultato è un'opera corale che intende rappresentare, nei fatti, la trasposizione dell'idea di comunità tecnica e di cultura che AiCARR promuove e di cui ha l'ambizione di farsi portatrice.

Ringraziamenti

La lavorazione ha visto un costante interesse e attenzione da parte delle Giunte coinvolte e un impegno notevole da parte di tutti i partecipanti (oltre 40) e, molti dei quali si sono spesi in veste duplice o triplice di coordinatori, autori e revisori interni al gruppo di lavoro.

A tutti costoro mi sento di esprimere il ringraziamento a nome di tutta l'Associazione, così come un sentito grazie va ad Ubaldo Nocera per la determinazione con cui ha guidato il Gruppo di Lavoro anche nei passaggi più delicati e alla Presidente Francesca Romana d'Ambrosio, che in questo triennio ha personalmente sostenuto e spronato le attività dell'intera Commissione Comitati Tecnici spendendosi ben oltre quando dovuto per ruolo istituzionale.

Milano, aprile 2020

Federico Pedranzini
Presidente Commissione Comitati Tecnici AiCARR
Trienni 2014-2016 e 2017-2019

PRESENTAZIONE

Il MAPT, Manuale di Ausilio alla Progettazione Termotecnica – Aeraulica, è frutto del lavoro, della collaborazione dell'impegno e della caparbia di sei soci, volontari, che nel 2015 hanno dato vita al GdL su stimolo dell'allora presidente L. De Santoli e di 40 autori che nell'arco di 4 anni hanno portato a termine il testo che è orientato ai progettisti di sistemi aeraulici ma, per completezza di contenuti, utilissimo anche a costruttori, installatori e docenti.

Il Gruppo di lavoro, che si costituì nel 2015, divenne operativo nel 2016. Inizialmente venne designato quale coordinatore G. Loperfido, ma già dal primo incontro mi fu chiesto di assumere questo ruolo e, ignaro del compito accettai. I componenti del GdL sono anche autori di corpose parti del manuale e sono:

- Ubaldo Nocera (professionista), coordinatore del GdL e dei capitoli 4 e 5;
- Gennaro Loperfido (professionista), coordinatore del capitolo 1;
- Luca Pauletti (amministratore delegato Belimo), coordinatore dei capitoli 2 e 3;
- Federico Pedranzini (docente universitario) coordinatore dei capitoli 7 e 8;
- Luca Alberto Piterà (segretario tecnico e segretario generale di AiCARR) coordinatore del capitolo 6.7;
- Alessandro Temperini (imprenditore) coordinatore del capitolo 6.

Per prima cosa furono individuati gli autori con una richiesta inviata a tutti i soci e con la consapevolezza che il gruppo non poteva essere ristretto a causa della multidisciplinarietà della materia. Due i punti caratterizzanti nella scelta degli autori: il taglio doveva essere applicativo e il manuale avrebbe dovuto contenere numerosi esempi ed esercizi; bisognava coinvolgere competenze provenienti dall'industria, dall'università e dalla professione.

Non sta a me dire se l'obbiettivo è stato raggiunto, pur tuttavia ritengo che gli autori si siano cimentati con successo nell'espone argomenti di base, applicazioni generali e speciali.

L'esposizione si avvale di numerosissimi grafici, tabelle, figure e illustrazioni e segue una organizzazione razionale che ne consente l'uso sia come manuale che come testo e riferimento per la didattica in istituti tecnici, università, corsi specialistici e master, con un approccio orientato agli aspetti pratici e allo stato e alle regole dell'arte senza tralasciare le conoscenze teoriche che ovviamente un manuale non potrebbe non considerare. E il MAPT Aeraulica lo fa mettendo in evidenza le applicazioni con numerosi esempi ed esercizi.

Con un termine relativamente recente si definisce *aeraulica* la scienza e la tecnica della distribuzione dell'aria nei condotti e negli ambienti. I sistemi aeraulici sono costituiti da:

- apparecchiature di trattamento dell'aria;
- sistemi di regolazione delle condizioni termo-igrometriche;
- reti aerauliche;
- terminali aria;
- sistemi di controllo del flusso;
- sistemi di mitigazione del rumore generato dai sistemi aeraulici.

Le conoscenze tecniche di cui si deve dotare chi progetta e dimensiona i sistemi aeraulici sono:

- psicrometria applicata al trattamento termodinamico dell'aria – conoscenza di base che il *manuale* dà per acquisita;
- principi di regolazione delle condizioni termo-igrometriche;
- fluidodinamica della diffusione e del flusso di aria nei condotti;
- regolazione del flusso di aria;
- attenuazione del rumore;
- metodi e procedure di costruzione, montaggio, gestione e manutenzione;
- procedure per la selezione dell'architettura dei sistemi in funzione dell'applicazione;
- prestazioni dei componenti di produzione industriale e artigianale da utilizzare nei sistemi aeraulici e procedure per la loro selezione.

A queste conoscenze di base e ingegneristiche va aggiunta quella della componentistica disponibile sul mercato. La progettazione dei sistemi aeraulici, salvo alcuni ridottissimi casi, si avvale di componenti standardizzati costruiti e commercializzati dall'industria tra i quali vanno selezionate le apparecchiature, le reti e i componenti.

Questo approccio è stato sviluppato nel manuale in particolar modo dagli autori, molti, che provengono dal mondo dell'industria della climatizzazione e che hanno apportato un contributo fondamentale non solo alla comprensione degli aspetti teorici, ma soprattutto alla conoscenza delle prestazioni dei componenti e alle procedure per la loro selezione.

Alla fine di ogni capitolo è riportata una corposa bibliografia, utile riferimento per approfondimenti.

Ubaldo Nocera

Coordinatore del gruppo di lavoro

INDICE

1 - LE UNITA' DI TRATTAMENTO DELL'ARIA

1.1 GENERALITA' – INTRODUZIONE

1.1.1 DEFINIZIONE DI UTA E SUE FUNZIONI ESSENZIALI

1.1.2 I REGOLAMENTI ECODESIGN

1.1.3 CENNI ALLE UTA MONOBLOCCO E STANDARDIZZATE

1.1.4 CENNI ALLE UTA MONOBLOCCO E STANDARDIZZATE

1.2 I COMPONENTI

1.2.1 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

1.2.1.1 Basamenti

1.2.1.2 Profili e montanti

1.2.1.3 Spigoli e giunzioni

1.2.1.4 Pannelli di tamponamento

1.2.1.5 Guarnizioni ed accoppiamenti

1.2.1.6 Sistemi di unione e fissaggio

1.2.1.7 Vasche di raccolta e lavaggio

1.2.1.8 Movimentazione e deformazioni

1.2.1.9 Serrande: tipologie, caratteristiche materiali, classificazioni

1.2.2 VENTILATORI

1.2.2.1 Tipologie dei ventilatori

1.2.2.1.1 *Ventilatori centrifughi*

1.2.2.1.2 *Tangenziali*

1.2.2.1.2.1 *Curve caratteristiche*

1.2.2.1.2.2 *Applicazioni tipiche*

1.2.2.1.3 *Assiali*

1.2.2.1.3.1 *Applicazioni tipiche*

1.2.2.2 Regolazione dei ventilatori – Comportamento a numero di giri variabile

1.2.3 VENTILATORI NELLE UTA

1.2.3.1 Tipologia di ventilatori utilizzati nelle UTA

1.2.3.2 Pressione statica e pressione dinamica, andamento delle pressioni all'interno di una UTA

1.2.3.3 Curve caratteristiche dei ventilatori, curve caratteristiche di impianto

1.2.3.4 Trasmissione del moto alle giranti

1.2.3.5 Potenze elettriche dei motori e potenze meccaniche agli assi delle giranti, perdite di energia nei diversi sistemi di trasmissione del moto

1.2.3.6 I gruppi moto ventilanti inseriti all'interno delle UTA ed il loro posizionamento

1.2.3.7 Acustica e vibrazioni: Supporti in gomma ed a molla; giunti antivibranti

1.2.3.8 Sezioni ventilanti con gruppi moto-ventilanti doppi. Criteri di scelta e dinamiche interne

1.2.3.9 Comportamento dei gruppi ventilanti in regime di funzionamento variabile

1.2.3.10 Applicazioni specifiche: settore industriale di processo (alimentare/chimico/esplosivo): cenni

1.2.3.11 Applicazioni della direttiva Erp sui ventilatori e sulle UTA: il regolamento europeo 327/2011 ed il regolamento europeo 1254/2014

1.2.4 BATTERIE DI SCAMBIO TERMICO

1.2.4.1 Componenti, geometria, materiali, caratteristiche costruttive

1.2.5 BATTERIE DI SCAMBIO TERMICO

1.2.5.1 Fluidi primari nel contesto della climatizzazione

1.2.5.2 Geometrie e Materiali in funzione delle applicazioni

- 1.2.5.3 Attacchi idraulici, punti di attraversamento dei pannelli delle UTA
- 1.2.5.4 Posizionamento delle batterie all'interno delle UTA, sistemi di fissaggio
- 1.2.5.5 Ispezionabilità, manutenibilità ed estraibilità delle batterie di scambio su UTA installate.
- 1.2.5.6 Comportamento dello scambio termico della batteria lato aria e lato acqua. Curve caratteristiche di scambio
- 1.2.5.7 Perdite di carico lato aria e lato acqua
- 1.2.5.8 Accoppiamento a organo di regolazione idraulica; il gruppo valvole – scambiatore
- 1.2.5.9 Normativa PED
- 1.2.5.10 Certificazione delle performance e norme di riferimento per scambiatori di calore
- 1.2.6. FILTRAZIONE
- 1.2.6.1 Generalità
- 1.2.6.2 Contaminanti presenti nell'aria
- 1.2.6.3 Meccanismi di filtrazione del particolato
- 1.2.6.4 Meccanismi di filtrazione dei gas
- 1.2.6.5 Norme e classificazione dei filtri
- 1.2.6.6 Elementi filtranti, modelli e prestazioni
- 1.2.6.7 Scelta e disposizione dei filtri
- 1.2.6.8 Elementi costruttivi dei sistemi di alloggiamento dei filtri
- 1.2.6.9 Installazione, gestione, manutenzione e smaltimento degli elementi filtranti
- 1.2.7. UMIDIFICAZIONE
- 1.2.7.1 Introduzione ai sistemi di umidificazione nelle UTA
- 1.2.7.2 Utilizzi diversi dei sistemi di umidificazione nelle UTA
- 1.2.7.3 Tipologie dei sistemi di umidificazione
- 1.2.7.3.1 *Umidificatori adiabatici: generalità*
- 1.2.7.3.2 *Umidificatori adiabatici: atomizzatori*
- 1.2.7.3.3 *Umidificatori adiabatici: umidificatori ad ultrasuoni*
- 1.2.7.3.4 *Umidificatori isotermici: generalità*
- 1.2.7.3.5 *Umidificatori a vapore autonomi*
- 1.2.7.3.6 *Umidificatori a resistenze elettriche*
- 1.2.7.4 Dimensionamento e scelta dell'umidificatore
- 1.2.7.5 Problematiche inerenti il trattamento dell'acque di alimentazione
- 1.2.7.5.1 *Caratteristiche dell'acqua e tipi di acqua*
- 1.2.7.6 La distribuzione del vapore all'interno delle UTA
- 1.2.7.7 Umidificatori adiabatici utilizzati con funzione di recupero adiabatico diretto ed indiretto
- 1.2.7.8 La sicurezza dei sistemi di umidificazione
- 1.2.8. RECUPERATORI DI CALORE: NOTE TEORICHE
- 1.2.8.1 Indici prestazionali dei recuperatori di calore
- 1.2.8.2 Efficienza del recupero
- 1.2.8.2.1 *Efficienza del recupero secondo il metodo ASHRAE*
- 1.2.8.2.2 *Efficienza del recupero secondo la norma UNI EN 308*
- 1.2.8.2.3 *Differenze tra metodo ASHRAE e norma UNI EN 308*
- 1.2.8.2.4 *Efficienza di recuperatori in serie*
- 1.2.8.2.5 *Un limite del concetto di efficienza: la sua indipendenza dal clima*
- 1.2.8.3 Efficienza utile
- 1.2.8.3.1 *Massimo recupero teorico possibile*
- 1.2.8.3.2 *Effetti negativi dovuti all'eccesso di recupero*
- 1.2.8.3.3 *Effetti dell'isolamento termico degli edifici*
- 1.2.8.3.4 *La definizione di efficienza utile*
- 1.2.8.4 Indice di efficienza del recuperatore di calore

- 1.2.8.5 COP del recuperatore
- 1.2.8.6 COP del sistema
- 1.2.8.7 Conseguenze energetiche della posizione dei ventilatori
- 1.2.8.8 Analisi energetica annuale
- 1.2.9 RECUPERATORI DI CALORE: APPLICAZIONI
- 1.2.9.1 Recuperatori statici a flussi incrociati e a flussi paralleli
- 1.2.9.1.1 *La regolazione dei recuperatori di calore a flussi incrociati*
- 1.2.9.2 Recuperatori rotativi per recupero di calore sensibile e latente
- 1.2.9.3 Recuperatori a batterie gemellate o gemellari
- 1.2.9.4 Recuperatori termodinamici
- 1.2.9.4.1 *Recuperatori termodinamici ad espansione diretta*
- 1.2.9.4.2 *Recuperatori termodinamici installati in serie a recuperatori statici*
- 1.2.9.4.3 *Recuperatori termodinamici idronici con ciclo frigorifero a compressione*
- 1.2.9.4.4 *Recuperatori termodinamici idronici con ciclo frigorifero ad assorbimento*
- 1.2.9.5 Recuperatori geotermici
- 1.2.9.5.1 *Recuperatori geotermici a scambio diretto*
- 1.2.9.5.2 *Recuperatori geotermici a scambio intermedio*
- 1.2.9.5.3 *Recuperatori geotermici a scambio intermedio in serie con altri recuperatori*
- 1.2.9.6 Recuperatori coadiuvati dal Raffreddamento adiabatico indiretto
- 1.2.9.6.1 *Miglioramento dell'efficienza mediante i Sistemi RAI*
- 1.2.9.6.2 *Ampliamento del campo di lavoro del recuperatore tramite sistemi RAI*
- 1.2.9.6.3 *Ottimizzazione energetica dei sistemi RAI tramite umidificazione di un flusso secondario di aria esterna*
- 1.2.9.6.4 *Miglioramento dell'indice di efficienza mediante i sistemi RAI*
- 1.2.9.6.5 *Consumo d'acqua con i sistemi RAI*
- 1.2.9.7 I Recuperatori di calore per il post-riscaldamento estivo
- 1.2.9.7.1 *Recupero rigenerativo monodirezionale*
- 1.2.9.7.2 *Recupero rigenerativo abbinato a recuperatore con RAI*
- 1.2.9.8 Recupero dall'aria espulsa mediante recuperatore rotativo
- 1.2.9.9 Recuperatori a gas (Tubi di calore)
- 1.2.9.10 *Le ruote essiccanti*
- 1.2.9.11 *Formazione di condensa e di brina sui recuperatori di calore*
- 1.2.10 DOTAZIONI ELETTRONICHE DI REGOLAZIONE
- 1.2.10.1 Organi di misura
- 1.2.10.1.1 *Sensori di temperatura*
- 1.2.10.1.2 *Sensori di umidità relativa, assoluta, punto di rugiada ed entalpia*
- 1.2.10.1.3 *Sensori di qualità dell'aria*
- 1.2.10.1.4 *Sensori di pressione differenziale*
- 1.2.10.1.5 *Sensori velocità/portata dell'aria*
- 1.2.10.1.6 *Sensori velocità/portata dell'acqua*
- 1.2.10.2 Termostati
- 1.2.10.3 Umidostati
- 1.2.10.4 Pressostati differenziali
- 1.2.10.5 Flussostati
- 1.2.10.6 Organi di attuazione e regolazione
- 1.2.10.6.1 *Attuatori*
- 1.2.10.6.2 *Serrande*
- 1.2.10.6.3 *Valvole di regolazione*
- 1.2.10.6.4 *Inverter o Variable Speed Driver*

- 1.2.10.6.5 *Altri dispositivi*
- 1.2.10.6.6 *Pneumatica*
- 1.2.10.7 *Regolazione organi meccanici*
- 1.2.10.7.1 *Generalità sulla regolazione: tipologie di regolatori e di visualizzazioni*
- 1.2.10.7.2 *Tipi di regolatori*
- 1.2.10.7.3 *Panoramica Ingressi regolatore*
- 1.2.10.7.4 *Panoramica uscite regolatore*
- 1.2.10.7.5 *Dispositivi seriali*
- 1.2.10.8 *Generalità sulla regolazione: tipi base di regolazione dispositivo*
- 1.2.10.8.1 *Ventilatori (On-off e modulante)*
- 1.2.10.8.2 *Batterie di scambio termico*
- 1.2.10.8.3 *Filtri*
- 1.2.10.8.4 *Umidificazione*
- 1.2.10.8.5 *Recuperatori*
- 1.2.10.8.6 *Serrande*
- 1.2.10.8.7 *Comando dispositivi esterni*
- 1.2.10.9 *Esempi di regolazione completa UTA*
- 1.2.10.9.1 *Tipi base di UTA e tipo di controllo*
- 1.2.10.10 *Interazioni tra dispositivi per la regolazione completa di macchina*

BIBLIOGRAFIA

2 - CONTROLLO DI PORTATA

2.1 STRATEGIE E MODALITÀ DI VARIAZIONE DELLA PORTATA.

2.1.1 VARIAZIONE DI PORTATA PER IMPIANTI MONOZONA

2.1.2 VARIAZIONE DI PORTATA PER IMPIANTI MULTIZONA

2.2 VARIAZIONE DELLA PORTATA TRAMITE VARIAZIONE DI VELOCITÀ DEI VENTILATORI.

2.2.1 ASPETTI ENERGETICI.

2.2.2 APPLICAZIONI TIPICHE

2.3 SERRANDE DI REGOLAZIONE

2.3.1 SERRANDE RETTANGOLARI (AD ALETTE PARALLELE E CONTRAPPOSTE) CARATTERISTICA PROPRIA, CONCETTO DI AUTORITÀ, CRITERI DI SCELTA PER LA SELEZIONE E L'INSTALLAZIONE

2.3.2 SERRANDE CIRCOLARI (NORMALI E AD IRIDE) CARATTERISTICA PROPRIA, CONCETTO DI AUTORITÀ, CRITERI DI SCELTA PER LA SELEZIONE E L'INSTALLAZIONE

2.3.3 ASPETTI ENERGETICI.

2.3.4 ATTUATORI ELETTRICI PER SERRANDE DI REGOLAZIONE

2.4 REGOLATORI AUTOMATICI DELLA PORTATA

2.4.1 REGOLATORI VAV (AD ALETTE, AD IRIDE, AD EFFETTO VENTURI ... SIA PER L'APPLICAZIONE HVAC CHE PER QUELLA DI "QUASI PROCESSO")

2.4.2 REGOLATORI VAV PER IL CONTROLLO DELLA PRESSIONE NELLE RETI AEREAULICHE

2.4.3 REGOLATORI CAV DI TIPO MECCANICO

2.4.4 ASPETTI ENERGETICI.

2.4.5 APPLICAZIONI TIPICHE

2.5 REGOLAZIONE DELLA PORTATA NEI SISTEMI VMC

2.6 DISPOSITIVI PER LA MISURA E LA REGOLAZIONE ELETTRONICA

2.6.1 SENSORI, TIPOLOGIA, POSIZIONAMENTO, REQUISITI DI INSTALLAZIONE

2.6.2	ATTUATORI
2.6.3	REGOLATORI ELETTRONICI
2.7	DISPOSITIVI PER IL CONTROLLO AUTOMATICO DELLA PRESSIONE AMBIENTE
2.7.1	APPLICAZIONI TIPICHE
2.7.2	ASPETTI ENERGETICI
	BIBLIOGRAFIA
3.1	ELEMENTI BASE DI FLUIDODINAMICA
3.2	DISPOSITIVI ESCLUSIVAMENTE AERAILICI
3.2.1	DIFFUSORI E BOCCHETTE DI MANDATA
3.2.1.1	Diffusori circolari
3.2.1.2	Diffusori quadrati
3.2.1.3	Diffusori a schermo forellinato
3.2.1.4	Diffusori a flusso elicoidale
3.2.1.5	Diffusori per grandi altezze
3.2.1.6	Diffusori per VAV
3.2.1.7	Diffusori da soffitto combinato mandata e ripresa
3.2.1.8	Diffusori a parete
3.2.1.9	Diffusori lineari a feritoie
3.2.1.10	Diffusori a pavimento
3.2.1.11	Bocchette di mandata
3.2.1.12	Ugelli
3.2.1.13	Griglie di transito
3.2.1.14	Valvole di ventilazione
3.2.2	DIFFUSORI A DISLOCAMENTO
3.2.3	DIFFUSORI E GRIGLIE DI RIPRESA
3.2.4	GRIGLIE DI SOVRAPPRESSIONE ED ESPULSIONE
3.2.5	DISPOSITIVI SPECIALI (GRIGLIE ANTISABBIA, FONOASSORBENTI)
3.3	DISPOSITIVI IBRIDI
3.3.1	TRAVI FREDDE
3.3.2	TERMINALI ADATTI AI FANCOIL
3.3.3	TERMINALI FILTRANTI
3.3.4	ALTRI (COMBINAZIONI CON SOFFITTI RADIANTI ...)
3.3.5	ATTIVAZIONE TERMINA DELLA MASSA
3.4	CONNESSIONE DEI TERMINALI ALLE RETI AERAILICHE
3.5	CANALI FORATI
3.5.1	DEFINIZIONE FUNZIONALE
3.5.2	MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO
3.5.3	UTILIZZO E APPLICAZIONI TIPICHE
3.5.4	SCELTA E DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE
3.6	SISTEMI DI DIFFUSIONE PER CED
3.6.1	CCAC VS COMFORT
3.6.2	LAY-OUT INTERNI CENTRI DI CALCOLO
3.6.3	TIPOLOGIE DI CARICHI TERMICI
3.6.4	DISTRIBUZIONE DELL'ARIA SOTTOPAVIMENTO
3.6.5	DISTRIBUZIONE DELL'ARIA IN-ROW/IN-RACK
3.6.6	COMPARTIMENTAZIONE
3.6.7	DISTRIBUZIONE DELL'ARIA A DISLOCAMENTO

- 3.6.8 FREE COOLING
- 3.6.9 CRITERI DI SCELTA DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA NEI CENTRI DI CALCOLO
- 3.7 SISTEMI DI DIFFUSIONE PER SALE OPERATORIE**
BIBLIOGRAFIA

4 - RUMORE DA SISTEMI AERAILICI

- 4.1 GENERALITÀ E TEORIA DELLA PROPAGAZIONE DEL SUONO**
 - 4.1.1 Premessa
 - 4.1.2 La propagazione
- 4.2 LIMITI DI LEGGE**
- 4.3 CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ACUSTICA E LINEE-GUIDA**
- 4.4 LIVELLI SONORI IN AMBIENTE INTERNO O ESTERNO: IL CAMPO SONORO**
- 4.5 PRESTAZIONI DEI SISTEMI TECNICI ED EDILI SULLA PROPAGAZIONE DEL RUMORE DEGLI IMPIANTI**
- 4.6 LE SORGENTI IMPIANTISTICHE DI RUMORE**
 - 4.6.1 Il rumore degli impianti di climatizzazione
 - 4.6.2 Effetti della posizione delle macchine sul rumore emesso
 - 4.6.3 I ventilatori
 - 4.6.4 Chiller, pompe di calore, compressori
 - 4.6.5 Sistemi combinati (unità trattamento aria – roof top)
- 4.7 LA TRASMISSIONE DEL RUMORE NEGLI IMPIANTI AERAILICI**
 - 4.7.1 La trasmissione del rumore nella rete aerailica
 - 4.7.2 Le canalizzazioni
- 4.8 IL RUMORE DEI TERMINALI**
 - 4.8.1 Tipologie e meccanismi di generazione del rumore
- 4.9 SISTEMI PER L'ATTENUAZIONE DEL RUMORE**
 - 4.9.1 Plenum
 - 4.9.2 I silenziatori passivi ad assorbimento
 - 4.9.3 Le griglie insonorizzate (o afoniche)
- 4.10 VIBRAZIONI**
- 4.11 ESEMPIO**

5 - PROGETTAZIONE E CALCOLO DELLE RETI AERAILICHE

- 5.1 PREMESSA**
- 5.2 SIMBOLI, UNITÀ DI MISURA, DEFINIZIONI E GLOSSARIO**
- 5.3 TEOREMA DI BERNOULLI**
- 5.4 PROFILO DI PRESSIONE NEI CONDOTTI**
- 5.5 MOTO DI FLUIDI REALI NEI CONDOTTI**
- 5.6 VISCOSITÀ**
- 5.7 MOTO LAMINARE E MOTO TURBOLENTO**
- 5.8 NUMERO DI REYNOLDS**
- 5.9 LE EQUAZIONI DI DARCY E COLEBROOK**
 - 5.9.1 Resistenza per attrito in condotti rettilinei
 - 5.9.2 Diametro idraulico e diametro equivalente
 - 5.9.3 Resistenza dinamica
 - 5.9.4 Cambi di direzione - Curve
 - 5.9.5 Data base per le accidentalità
 - 5.9.6 System effect

- 5.9.7 Fan System effect
- 5.10 ESPRESSIONE SEMPLIFICATA PER LE EQUAZIONI DI DW E CW**
- 5.11 STRUMENTI PER IL CALCOLO DELLE RETI AERAILICHE**
- 5.12 PERCORSI SEMPLIFICATI**
- 5.13 COME CONSIDERARE I LOCALI E L'AMBIENTE ESTERNO**
- 5.14 DIFFERENZA TRA VERIFICA, CALCOLO, PROGETTAZIONE**
- 5.15 PROGETTO E CALCOLO**
- 5.16 PROCEDURA PER IL CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO DI UNA SEZIONE DI CONDOTTO**
- 5.17 PROCEDURE DI CALCOLO SEMPLIFICATE**
- 5.18 IL METODO DELLA RIDUZIONE DI VELOCITÀ**
- 5.19 IL METODO DELLA PERDITA DI CARICO COSTANTE**
- 5.20 IL METODO DELLA PERDITA DI CARICO COSTANTE MODIFICATA**
- 5.21 IL METODO DEL RECUPERO DI PRESSIONE STATICA**
- 5.22 CALCOLO DELLE RETI A PORTATA COSTANTE CON REGOLATORI AUTOAZIONATI**
- 5.23 CALCOLO DELLE RETI A PORTATA VARIABILE**
- 5.24 L'ESPOLENTE DELLA FORMULA DELLE PERDITE DI CARICO**
- 5.25 LEGGI DEI VENTILATORI**
- 5.26 PROFILI DI PRESSIONE IN CORRISPONDENZA DEI TERMINALI ARIA**
- BIBLIOGRAFIA**

6 - REALIZZAZIONE E POSA IN OPERA DELLE RETI AERAILICHE

- 6.1 PREFERAZIONE**
- 6.2 PRESTAZIONI DELLE RETI AERAILICHE**
 - 6.2.1 COMPORTAMENTO MECCANICO
 - 6.2.2 COMPORTAMENTO PNEUMATICO
 - 6.2.3 COMPORTAMENTO TERMICO
 - 6.2.3.1 Condotte metalliche
 - 6.2.3.1.2 *Condotte in pannello preisolato*
 - 6.2.4 COMPORTAMENTO ACUSTICO
 - 6.2.5 COMPORTAMENTO AL FUOCO
 - 6.2.5.1 Condotte metalliche
 - 6.2.5.2 Condotte in pannello preisolato
 - 6.2.5.3 Serrande tagliafuoco
 - 6.2.6 COMPORTAMENTO IGIENICO
 - 6.2.7 COMPORTAMENTO SISMICO
- 6.3 CONDOTTE AERAILICHE**
 - 6.3.1 MATERIALI
 - 6.3.1.1 Pannello preisolato
 - 6.3.1.2 Acciaio zincato
 - 6.3.1.3 Altri materiali
 - 6.3.2 LAVORAZIONE
 - 6.3.2.1 Condotte in pannello preisolato
 - 6.3.2.2 Condotte metalliche
- 6.4 ALTRI COMPONENTI**
 - 6.4.1 PORTINE DI ISPEZIONE
 - 6.4.2 CONDOTTE FLESSIBILI DI RACCORDO
 - 6.4.3 GIUNTI ANTIVIBRANTI
 - 6.4.4 ACCESSORI DI COSTRUZIONE

- 6.5 POSA IN OPERA DELLE RETI AEREAULICHE**
 - 6.5.1 UTA
 - 6.5.2 RETE DELLE CONDOTTE
 - 6.5.3 COMPONENTI DI LINEA
 - 6.5.4 TERMINALI AEREAULICI
 - 6.6 CONSEGNA E DOCUMENTAZIONE DELLA RETE AEREAULICA**
 - 6.6.1 VERIFICA DEI LIVELLI PRESTAZIONALI
 - 6.6.1.1 La tenuta e le norme tecniche
 - 6.6.1.2 Gli aspetti che influenzano la tenuta
 - 6.6.1.3 Prove di resistenza meccanica
 - 6.6.1.4 Prove di resistenza pneumatica in cantiere
 - 6.6.1.5 Prove di resistenza pneumatica in laboratorio
 - 6.6.1.6 Modulo di registrazione delle prove
 - 6.6.2 DOCUMENTAZIONE DI FORNITURA DEI VARI COMPONENTI
 - 6.6.2.1 UTA
 - 6.6.2.2 Rete delle condotte
 - 6.6.2.3 Componenti di linea
 - 6.6.2.4 Terminali aeraulici
 - 6.6.3 DOCUMENTAZIONE DI POSA IN OPERA DEI VARI COMPONENTI
 - 6.6.3.1 Unità di Trattamento dell'Aria - UTA
 - 6.6.3.2 Rete delle condotte
 - 6.6.3.3 Componenti di linea
 - 6.6.3.4 Terminali aeraulici
 - 6.6.3.5 Portine di ispezione
 - 6.7 MANUTENZIONE E GESTIONE DI SISTEMI AEREAULICI**
 - 6.7.1 INTRODUZIONE
 - 6.7.2 IL PROGETTO, LA MANUTENZIONE, LA QUALITÀ
 - 6.7.3 DEFINIZIONE DELLA MANUTENZIONE
 - 6.7.3.1 Scopo della manutenzione
 - 6.7.3.2 Manutenzione Ordinaria e Straordinaria
 - 6.7.3.3 Frequenza degli interventi
 - 6.7.3.4 Documentazione
 - 6.7.3.5 Scelta delle modalità d'intervento
 - 6.7.4 PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE
 - 6.7.4.1 Scelta della struttura organizzativa
 - 6.7.4.2 Pianificazione dei lavori
 - 6.7.4.3 Documentazione per la manutenzione
 - 6.7.4.4 Il Piano di Manutenzione
- BIBLIOGRAFIA**

7 - TARATURA E BILANCIAMENTO DEI SISTEMI AEREAULICI

- 7.1 DEFINIZIONI E GENERALITÀ**
- 7.2 LA PROCEDURA DI BILANCIAMENTO**
- 7.3 LA MISURA DI PORTATA NELLE RETI AEREAULICHE**
- 7.3.1 STRUMENTI DI MISURA PORTATILI
- 7.3.2 STRUMENTI DI MISURA PER INSTALLAZIONE FISSA
- 7.4 DISPOSITIVI DI BILANCIAMENTO**
- 7.4.1 LE SERRANDE

- 7.4.2 DISPOSITIVI PASSIVI (NON SERVOATTUATI) CON REGOLAZIONE AUTOMATIC
 - 7.4.3 DISPOSITIVI SERVOATTUATI CON REGOLAZIONE AUTOMATICA
 - 7.5 METODI DI BILANCIAMENTO**
 - 7.5.1 METODI ITERATIVI: METODO DEL RAPPORTO
 - 7.5.2 METODI NON ITERATIVI: METODO A PORTATA PROGRESSIVA
 - 7.5.3 TAB VAV PRINCIPI DI BILANCIAMENTO
 - 7.6 ERRORI DI MISURA**
 - 7.6.1 CONCETTO DI MISURA ED INCERTEZZA
 - 7.6.2 TIPOLOGIE DI ERRORI DI MISURA
 - 7.6.3 ACCURATEZZA E PRECISIONE
 - 7.6.4 CLASSI DI PRECISIONE
 - 7.6.5 STIMA DEGLI ERRORI
 - 7.6.6 PROPAGAZIONE DELL'INCERTEZZA
 - 7.7 LA SCELTA DEGLI STRUMENTI DI MISURA**
 - 7.7.1 CRITERI DI SCELTA
 - 7.7.2 SCELTA DEL VALORE DI FONDO SCALA DEGLI STRUMENTI DI MISURA
 - 7.7.3 CERTIFICAZIONI
 - 7.7.4 LABORATORI DI TARATURA
 - 7.7.5 IL CERTIFICATO DI TARATURA
- BIBLIOGRAFIA**

8 - PROCEDURE PER LA SCELTA DEI SISTEMI

- 8.1 DEFINIZIONI E CONCETTI**
- 8.2 CAMPO DI APPLICAZIONE E SCOPO DEL CAPITOLO**
- 8.3 FUNZIONALITÀ DI BASE DI UN IMPIANTO AD ARIA**
- 8.3.1 ESIGENZE CONNESSE AL CONTROLLO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA
- 8.3.2 ESIGENZE CONNESSE AL CONTROLLO DELLE CONDIZIONI TERMICHE E IGROMETRICHE DELL'ARIA
- 8.3.3 ESIGENZE CONNESSE A FINALITÀ DI RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI
- 8.3.4 ESIGENZE CONNESSE ALLA GESTIONE DELLA SICUREZZA
- 8.4 TIPOLOGIE TIPICHE DI IMPIANTO**
- 8.4.1 VALUTAZIONE DEI CARICHI TERMICI E CONTAMINANTI
- 8.4.2 IMPIANTI A TUTT'ARIA
- 8.4.3 IMPIANTI A TUTT'ARIA A PORTATA VARIABILE
- 8.4.4 IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA
- 8.4.5 IMPIANTI AD ARIA PRIMARIA A PORTATA VARIABILE
- 8.4.6 IMPIANTI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA (VMC) A DOPPIO FLUSSO CON RECUPERO
- 8.4.7 IMPIANTI DI VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA (VMC) A SINGOLO FLUSSO
- 8.5 DEFINIZIONE FUNZIONALE E DIMENSIONALE DI UN IMPIANTO AD ARIA**
- 8.5.1 DEFINIZIONE FUNZIONALE E DIMENSIONALE DI UN IMPIANTO AD ARIA
- 8.5.2 DEFINIZIONE DIMENSIONALE
- 8.5.3 DEFINIZIONE FUNZIONALE E DIMENSIONALE PER LE APPLICAZIONI TIPICHE
- 8.6 IL TRATTAMENTO DELL'ARIA E L'ARCHITETTURA DELLE UTA**
- 8.6.1 SCHEDE E DIAGRAMMI FUNZIONALI
- 8.6.1.1 Funzionalità di base: rinnovo
- 8.6.1.2 Funzionalità di base: controllo della temperatura
- 8.6.1.3 Funzionalità di base: controllo della temperatura e della umidità

8.6.1.4 Funzionalità di controllo contemporaneo di temperatura di immissione e di umidità, qualità dell'aria e recupero di calore

BIBLIOGRAFIA

Sintesi dei contenuti del manuale

Capitolo 1: Unità di trattamento dell'aria

Questo è il capitolo più corposo e contiene tutte le informazioni e i criteri per la selezione delle unità di trattamento dell'aria, UTA, e dei relativi componenti. I paragrafi riguardano:

- le tipologie di UTA, le caratteristiche costruttive dell'involucro e, le prestazioni richieste dalla direttiva ERP e dai regolamenti europei;
- le tipologie di ventilatori, a portata costante e variabile e la loro installazione in macchina;
- le batterie di scambio termico, il loro inserimento nelle UTA, il loro comportamento e le curve caratteristiche;
- i meccanismi e i sistemi di filtrazione, la loro prestazione e la scelta dei filtri e delle catene filtranti,
- le tipologie di umidificatori, il loro dimensionamento, la loro scelta e il loro posizionamento nelle UTA;
- recuperatori di calore, la loro efficienza (ASHRAE e CEN), la loro scelta e le conseguenze energetiche del loro posizionamento, l'analisi energetica su base annuale, la regolazione e il miglioramento dell'indice di efficienza;
- la regolazione delle UTA: sensori, organi di attuazione, sicurezze, tipologia di regolatori;

Capitolo 2: Regolazione di portata

I temi trattati sono essenziali per definire e attuare le strategie di risparmio energetico. Controllare la portata consente forti risparmi di energia elettrica. È noto infatti che l'energia necessaria su base annuale per la movimentazione dell'aria è paragonabile e molto spesso maggiore di quella per l'azionamento dei gruppi di raffreddamento.

Sono affrontati in dettaglio tutti gli elementi per progettare e selezionare i sistemi di regolazione di portata:

- strategie e modalità nei sistemi monozona e multizona;
- ventilatori a velocità variabile, aspetti energetici e applicazioni tipiche;
- variazione di portata per mezzo di serrande di regolazione e regolatori di portata VAV e CAV;
- regolazione di portata nei sistemi di ventilazione meccanica controllata-VMC;
- sensori, regolatori e attuatori;
- controllo della pressione ambiente.

Capitolo 3: Terminali di impianto

Le informazioni riportate in questo capitolo non riguardano solo i terminali aria ma anche quelli misti (travi fredde) che ormai da un paio di lustri vengono ampiamente impiegati negli impianti di climatizzazione.

Il capitolo sviluppa i seguenti argomenti, sia teorici che applicativi e di progettazione:

- teoria di base ed elementi di fluidodinamica della diffusione;
- dispositivi esclusivamente aerulici, diffusori tradizionali, speciali, a getto elicoidale, per grandi altezze, diffusori VAV, terminali combinati di mandata/ripresa, bocchette, ugelli, griglie di transito e valvole di ventilazione, diffusori a dislocamento, terminali di ripresa, griglie di sovrappressione, espulsione, anti-sabbia, fonoassorbenti;
- dispositivi ibridi, travi fredde, terminali per fan coils, terminali filtranti, terminali aria per soffitti radianti e sistemi per l'attivazione termica della massa;
- connessione dei terminali alle reti aeruliche, plenum, raccordi diretti. Va sottolineato che questo è un tema non ancora affrontato nella letteratura tecnica, ma di grande importanza per comprendere il comportamento dei sistemi di diffusione anche in relazione al rumore rigenerato localmente;
- canali forati, loro tipologie e modalità di funzionamento, applicazioni tipiche, dimensionamento. Anche questo tema non è riportato nella letteratura tecnica, ma solo sui manuali tecnici dei fabbricanti, per cui è stato ritenuto necessario dedicare un paragrafo a questi sistemi in grado di risolvere egregiamente la diffusione dell'aria con costi favorevoli, soprattutto in alcune applicazioni tipiche;
- terminali per i centri di calcolo, CED. Questo argomento, anche esso poco trattato nella letteratura tecnica, è affrontato in dettaglio con informazioni su lay-out e tipologie dei carichi termici, distribuzione dell'aria sotto pavimento e in-row/in-rack, a dislocamento, compartimentazione, risparmio energetico, free cooling;
- criteri e procedure per la scelta dei sistemi di distribuzione dell'aria;
- sistemi di diffusione per sale operatorie, con definizione funzionale e tipologia dei sistemi di diffusione; classificazione ISO 14644-1, flusso unidirezionale e flusso misto, scelta e dimensionamento preliminare ed esecutivo con tre esempi di calcolo: sala operatoria UNI EN ISO 8 Day-surgery, sala operatoria UNI EN ISO 7 chirurgia vascolare, sala operatoria UNI EN ISO 5 trapianto organi.

Capitolo 4: Rumore da sistemi aerulici

Il controllo del rumore e delle vibrazioni è una disciplina spesso male affrontata nella progettazione dei sistemi aerulici, che negli impianti di climatizzazione sono quelli più critici. Il capitolo è un eccellente riferimento per la comprensione della teoria e delle sue applicazioni applicata alla mitigazione delle emissioni acustiche. Vengono esposti i temi relativi a:

- generazione di rumore e vibrazioni da parte delle macchine, considerando il loro posizionamento negli edifici e nei locali tecnici. L'argomento viene affrontato in modo completo includendo oltre alla componentistica aerulica, quali ventilatori e UTA, anche chiller e pompe di calore, anche essi critici per la generazione di rumore nei sistemi di climatizzazione;
- aspetti e riferimenti normativi e limiti di legge per i livelli di rumore e vibrazioni;
- propagazione del rumore, con l'approfondimento dei temi relativi alla trasmissione attraverso le condotte e la rigenerazione del rumore dai componenti delle reti aeruliche e dai terminali;
- progettazione e selezione dei sistemi e degli elementi per la mitigazione: condotte silenziate, plenum, silenziatori, griglie silenziate;
- vibrazioni, con l'esame degli accorgimenti per ridurre le fonti e delle procedure di valutazione dello smorzamento, della frequenza forzante, della frequenza propria del sistema e del loro rapporto.

Completa il capitolo un esauriente esempio numerico di calcolo e verifica del rumore residuo in ambiente a partire dal punto di generazione fino al recettore in ambiente. Questo esempio risulta utilissimo sia per la comprensione dei meccanismi di propagazione che per valutare l'incidenza sulla attenuazione di elementi di condotto e silenziatori.

Capitolo 5: Progetto e calcolo delle reti aria

Il capitolo fornisce tutte le informazioni di base applicate al calcolo delle reti aeruliche. Non è una esposizione esclusivamente teorica, ma vengono riportati anche aspetti applicativi delle procedure di calcolo e progetto con numerosissimi esempi. Il contenuto riguarda:

- teorema di Bernouilli come caso particolare del sistema di equazioni che descrivono il comportamento di un fluido continuo deformabile;
- profili di pressione nei condotti, pressione statica, dinamica, totale, comportamento con ventilatori in aspirazione, spinta, intermedi; viene discusso il motivo per cui l'equazione di Bernouilli non può essere applicata al metodo di calcolo del recupero di pressione statica, illustrato con un esempio di calcolo;
- moto dei fluidi reali nei condotti, moto laminare e turbolento;
- viscosità e sua dipendenza da temperatura, densità, umidità e pressione;
- regimi di moto: laminare, di transizione e turbolento e loro influenza sul calcolo delle resistenze;
- calcolo e comportamento del numero di Reynolds, diagramma di Moody, scabrezza delle superfici;
- moto in condotti reali, equazioni di Darcy e Coolebrook, diametro idraulico e diametro equivalente, calcolo delle resistenze per attrito e dinamiche, curve: aspetti teorici ed esempi di utilizzo dei data base per il calcolo delle resistenze dinamiche per accidentalità;
- System effect-SEF, distanza di protezione, fan system effect-OSEF -ISEF, procedure per il calcolo di SEF, OSEF, ISEF;
- espressione semplificata per le equazioni di Darcy e Coolebrook, diagrammi per le resistenze per attrito in condotti rettilinei;
- strumenti di calcolo delle reti aeruliche, principi di Kirchhoff, percorsi semplificati di reti aria, Extended Plenum, Extended Double Plenum, Reducing Plenum, Reducing Trunk, Spider, Radial, Loop System,
- modellazione dell'ambiente interno nel calcolo delle reti aria;
- procedure di progetto e calcolo, procedure semplificate, Equal Friction Method-EFM, Modified Equal Friction Method - MEFM, Static Regain Friction Method - SRFM, suggerimenti pratici e individuazione dell'INDEX RUN; criticità dei metodi di calcolo;
- esempio di MEFM interamente sviluppato;
- procedure di calcolo delle reti a portata costante con regolatori autoazionati e delle reti a portata variabile;
- esponente della formula delle perdite di carico, leggi per i ventilatori, profili di pressione in corrispondenza dei terminali aria.

Capitolo 6: Costruzione, montaggio e manutenzione

È un capitolo basilare per la progettazione dei sistemi aerulici, che consente di passare dal calcolo a tavolino alle prescrizioni e alle specifiche di montaggio, di gestione e di manutenzione. I contenuti riguardano:

- materiali per la costruzione delle reti: acciaio zincato, pannelli sandwich pre-isolati e altri materiali; modalità di costruzione;

- comportamento meccanico, pneumatico, termico, acustico, igienico, sismico e al fuoco delle condotte metalliche e pre-isolate;
- componenti delle reti aria: serrande tagliafuoco, portine di ispezione, condotte flessibili, antivibranti;
- posa in opera: supporti e staffaggi delle UTA, delle reti aerauliche e dei terminali aria;
- verifica delle prestazioni, resistenza meccanica, classi di tenuta, prove di resistenza pneumatica in laboratorio e in campo-DALT, procedure per la esecuzione dei test, livello PDI e conseguente classe di qualità e di pulizia secondo la norma UNI EN 15780:2011;
- documentazione finale e relazione tipologica per i materiali utilizzati per le reti, i componenti e i terminali;
- manutenzione delle reti aria e dei componenti e definizione di manutenzione ordinaria, straordinaria, periodica e predittiva;
- pianificazione della manutenzione e documentazione per la manutenzione, piano di manutenzione.

Capitolo 7: Taratura, bilanciamento e messa in funzione

È un capitolo importante che fissa le procedure di misura, taratura e bilanciamento delle portate di aria per la fase finale della installazione delle reti aerauliche:

- generalità e principi di bilanciamento, concetto di bilanciamento a minima prevalenza, relazione tra bilanciamento dell'impianto e prestazione richiesta al ventilatore, influenza della tenuta aeraulica delle reti sulle attività di bilanciamento;
- procedura di bilanciamento, riferimenti normativi e standard internazionali, impostazione e pianificazione, fasi operative, verifica della documentazione, verifica di completezza, verifica della regolazione, avviamento, analogie con l'attività di commissioning;
- dispositivi di bilanciamento, serrande, dispositivi non servoattuali e servoattuali;
- metodi di bilanciamento, metodi iterativi-del rapporto, non iterativi-della portata progressiva, metodi di bilanciamento per sistemi VAV;
- errori di misura, incertezza, tipologie di errori, accuratezza e precisione, classi di precisione, stima degli errori e propagazione dell'incertezza;
- strumenti di misura per il TAB aria, criteri di scelta, fondo scala, certificazioni, laboratori e certificati di taratura;
- stesura dei report.

Capitolo 8: Procedure per la scelta dei sistemi

Lo scopo di questo capitolo è quello di raccogliere e rendere espliciti i requisiti cui deve rispondere un impianto ad aria in base alle specifiche finalità dell'impianto. I contenuti del capitolo, nel quale sono inseriti numerosi schemi tipici per tipologia di impianto, sono:

- funzionalità di base ed esigenze connesse al controllo della qualità dell'aria, delle condizioni termiche e igrometriche, alla riduzione dei consumi energetici e alla gestione della sicurezza;
- tipologie tipiche di impianto, valutazione dei carichi termici e contaminanti, impianti a tutt'aria, a tutt'aria a portata variabile, ad aria primaria, ad aria primaria a portata variabile, di ventilazione meccanica controllata-VMC a doppio flusso con recupero, impianti di ventilazione meccanica controllata-VMC a singolo flusso;
- definizione funzionale e dimensionale di un impianto ad aria, applicazioni tipiche;
- trattamento dell'aria e architettura delle UTA, schede e diagrammi funzionali, funzionalità di base: rinnovo con sistemi a portata costante e VAV, controllo della temperatura, controllo della temperatura e della umidità relativa, controllo contemporaneo di temperatura di immissione, umidità relativa, qualità dell'aria e recupero di calore.

Ubaldo Nocera
 Coordinatore del gruppo di lavoro

Coordinatore generale e responsabile del GdL MAPT Aeraulica

Ubaldo Nocera

Ingegnere nucleare, socio AiCARR dal 1978 e più volte componente di Giunta e Consigliere; è coordinatore del Comitato Tecnico Commissioning ed è esperto AiCARR Commissioning presso COPILOT/RHEVA. È stato tra gli ideatori della Scuola AiCARR, di cui ha ricoperto a lungo il ruolo di Direttore. È stato professore a contratto presso il Politecnico di Milano. È REHVA Professional Award 2019. Socio ASHRAE, CIBSE, BCxA, NIBS, ASTM. Opera presso la società di ingegneria Studio Nocera s.r.l. di cui è presidente.

È anche coordinatore del capitolo 4 e unico autore del capitolo 5.

Note biografiche degli autori

Paragrafo

Roberto Adamo

Ingegnere dei Materiali. Dal 2004 opera nel settore dell'impiantistica industriale. Dal 2008 ricopre il ruolo di project sales manager del settore Marine Oil&Gas presso SagiCofim SpA.

2.2

Gabriele Andreoni

Ingegnere meccanico. Dal 2003 opera presso Johnson Controls System & Service Italy Srl ricoprendo diversi ruoli tecnico-commerciali; attualmente ricopre il ruolo di direttore commerciale per la vendita di prodotti sul mercato italiano.

1.2.10

Benedetta Bedendo

Ingegnere gestionale. Ha operato in Askoll e poi in Irsap SpA dove ha ricoperto il ruolo di Product Development Manager. Dal 2013 lavora in SagiCofim SpA ricoprendo il ruolo di Product Development Manager; attualmente si occupa anche di BIM e di Web Communication.

3.2 - 3.2.1 - 3.2.1.1

3.2.1.3 - 3.2.1.5

3.2.1.6 - 3.2.1.7

3.2.2 - 3.2.4 - 3.3.2

3.3.4 - 3.4 - 3.7

Matteo Benedetti

Ingegnere meccanico, socio AiCARR. Dal 2007 opera presso Klimagiell Srl; dal 2013 ricopre la posizione di responsabile tecnico.

3.5 - 3.5.1 - 3.5.2 -

3.5.3 - 3.5.4

Fabio Bertolo

Socio AiCARR dal 2018. Svolge attività tecnico-commerciale presso DBM SpA.

1.2.4 - 1.2.5

Enrico Boscaro

Ingegnere gestionale. Dal 1999 opera nel settore del condizionamento dell'aria lavorando per aziende italiane del settore. Dal 2004 segue il marketing nel campo del condizionamento UTA, centri di calcolo e industriale presso CAREL INDUSTRIES.

1.2.10

Dario Branchi

Ingegnere elettronico. Docente ai corsi AiCARR dal 2002. Dal 1998 lavora per primarie aziende di produzione e commercializzazione di strumentazione di misura di pressione, umidità relativa, temperatura e velocità/portata aria.

7.6 – 7.7

Pierpaolo Cavallo

Ingegnere meccanico. Dal 1995 opera in Aermec SpA; da luglio 2006 ricopre il ruolo di direttore sviluppo prodotti nella Divisione Room Air Conditioners & Fan Coil Units.

1.2.1 - 1.2.3

Katia de Gregorio

Ingegnera per l'Ambiente e il Territorio, socia AiCARR dal 2018. Dal 2011 collabora con aziende del settore HVAC. Dal 2017 ricopre il ruolo di responsabile tecnico per la divisione trattamento aria di FlaktGroup Italy SpA.

1.1.2 - 1.1.3 - 1.1.4

3.3.1

Luigi Cinquanta

Perito termotecnico, socio AiCARR dal 1973 è componente della commissione soci (1999-2001) e tesoriere (2017-2019). Docente per i corsi della Scuola relativi alla filtrazione (2005-2006). Energy Manager. Socio ASHRAE, ASPEC, IS&B, Cobaty. Socio fondatore di SagiCofim S.p.A.

3.3.5

Alessandro Cocchi

Ingegnere chimico con una seconda laurea in Farmacia, socio AiCARR dal 1971, più volte vice-presidente, componente di Giunta o Consigliere. Vice-presidente ATI, socio ASHRAE, ASA, ISIAQ. Professore Emerito dell'Università di Bologna e socio Emerito dell'Accademia delle Scienze. Ha operato a diversi livelli a realizzazioni impiantistiche di una certa rilevanza. 4.1 - 4.2 - 4.3 - 4.4
4.5 - 4.10

Renzo Crivellente

Perito termotecnico. Dal 1980 opera nel settore HVAC presso varie aziende con funzioni sia commerciali che tecniche. Dal 2004 ricopre ruoli prevalentemente tecnici in SagiCofim SpA. 2.3

Michele Crotti

Ingegnere edile-architetto. Dal 2007 opera nel settore delle consulenze e della progettazione per il mondo Building e HVAC. Dal 2016 ricopre il ruolo di consulente Tecnico-Commerciale presso Aerauliqua. 2.4

Guido Daccò

Perito Industriale. Delegato RCGroup SpA in AiCARR e in Assoclimate /Anima, responsabile certificazione EUROVENT. Dal 1983 si occupa di condizionamento dell'aria. Dal 1990 opera in RC Condizionatori, attualmente Mitsubishi Electric Hydronics & IT Cooling Systems SpA ricoprendo il ruolo di Project Leader. 3.6

Stefano De Antonellis

Ingegnere meccanico e PhD, socio AiCARR dal 2003. Ricercatore di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Milano. 1.2.8 - 1.2.9

Maria Carla De Marco

Ingegnera elettronica. Socia CTI. E' amministratrice delegata di De.co.sta. SpA, nella quale riveste il ruolo di coordinatrice della divisione strumentazione di misura per applicazioni HVAC&R. 7.1 - 7.2 - 7.3

Giorgio Ficco

Ingegnere meccanico, socio AiCARR dal 2014 e componente del Comitato Tecnico Misure di AiCARR. E' ispettore ed esperto tecnico di ACCREDIA Dipartimento Tarature. Dal 2020 è professore associato di Misure Meccaniche e Termiche presso l'Università di Cassino e del Lazio Meridionale. 7.6 - 7.7

Natale Foresti

Perito industriale, socio AiCARR dal 1988, dal 2005 ha ricoperto vari ruoli istituzionali: è stato componente del Consiglio Direttivo e osservatore per la Consulta Industriale presso la Giunta (2011-2013), revisore dei conti (2020-2022) e componente del CdA di AiCARR Formazione (2017-2019). Socio ASHRAE. E' Vice Presidente di Sagicofim SpA. 3.2.1.3 - 3.2.2

Alessio Gattone

Ingegnere meccanico, socio AiCARR dal 2017 e componente del Consiglio Direttivo per il triennio 2020-2022. Dal 2005 in AERMEC come funzionario tecnico-commerciale, attualmente ricopre il ruolo di Direttore Marketing Tecnico. 1.2.1 - 1.2.3

Nicola Guerra

Ingegnere meccanico. Docente per i corsi AiCARR Formazione sul modulo "Diffusione dell'aria in ambiente interno". Ricopre il ruolo di direttore generale e presidente del CdA di Officine Volta srl. 3.2 - 3.2.1 - 3.2.1.2
3.2.1.4 - 3.2.1.8
3.2.1.9 - 3.2.1.10
3.2.1.11 - 3.2.1.12
3.2.1.13 - 3.2.1.14

Franco Innocenzi

Laureato in Scienze Politiche, socio AiCARR dal 1993. Nel 1989 ha fondato AsAPIA, del cui Consiglio Direttivo è stato componente fino al 2014. Nel 2004 ha fondato AIIISA, del cui Consiglio Direttivo è stato componente fino al 2014. 6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4
6.5 - 6.6

Sergio la Mura

Ingegnere meccanico, socio AiCARR, ha ricoperto vari ruoli istituzionali. Docente per i corsi AiCARR Formazione. Dal 2008 è professore a contratto presso il Politecnico di Milano, ruolo che attualmente ancora ricopre. E' stato direttore tecnico di Siram SpA. È titolare di uno studio di ingegneria. 6.7

Paolo Liberati

Ingegnere energetico. Dal 2012 opera presso la Recuperator SpA nel settore R&D ricoprendo ruoli di liaison tra commerciale, tecnico e produzione oltre a supportare i clienti nello sviluppo di nuove soluzioni. Dal 2016 è componente del gruppo europeo per la revisione della norma EN 308. 1.2.10

Gennaro Loperfido (coordinatore del capitolo 1)

Ingegnere meccanico, socio AiCARR dal 1986 e responsabile del Comitato Tecnico Sicurezza e prevenzione incendi. Socio ASHRAE, componente del CEN TC 191 Smoke Control e dell'UNI CT NI/CT 034 *Protezione attiva contro gli incendi*. È titolare dello Studio Loperfido. 1.1.1

3.2 - 3.2.1 - 3.2.1.1

- 3.2.1.3 - 3.2.1.5 -

Maurizio Magistrelli

Geometra. Dal 1998 opera in SagiCofim SpA dove ricopre il ruolo di Business Unit Manager. Dal 2013 è Consigliere Delegato del CdA di Effebi SpA. 3.2.1.6 - 3.2.1.7 -

3.2.2 - 3.2.4 - 3.3.2

- 3.3.4 - 3.4 - 3.7

Romano Magistrelli

laureato nel 1977 in Ingegneria Aeronautica, specializzazione Aerodinamica al Politecnico di Milano, socio AiCARR dal 1995, coordinatore in SagiCofim delle attività inerenti l'Acustica, l'Umidificazione e la Protezione incendi. Componente attivo nei GdL UNI (CT 034/GL 09), AiCARR (CTSPI CT SIRA), CTI (CT 241-GL01), in particolare nel gruppo revisori UNI 10339 dal 1999, formatore, docente e relatore in queste discipline. 1.2.7 - 4.8 - 4.9

Enrico Marco

Ingegnere Meccanico, socio AiCARR dal 2002. Dal 2003 responsabile di commessa presso installatori di impianti. Dal 2007 progettista impianti HVAC presso installatori e società di ingegneria. Dal 2015 ricopre il ruolo di consulente di progettazione per Belimo Italia S.r.l. 3.3.1

Giovanni Milan

Ingegnere aeronautico, socio AiCARR, Vice presidente di ANACE. Technical manager Fans & Fire Safety presso FläktGroup Italy SpA. 1.2.2 - 1.2.3

Lodovico Oldrini

ingegnere, laureato in ingegneria elettrotecnica-elettronica presso il Politecnico di Milano nel 1964, socio AiCARR dal 1979 ha operato presso la società Trox prima come D. Commerciale, poi come D.G. occupandosi della realizzazione e conduzione della sala- prove aerauliche. Autore dei capitoli 7 (Filtrazione) e 17 (Apparecchi per la diffusione) del manuale "Alfano-Filippi-Sacchi: Impianti di climatizzazione per l'edilizia" edito da Masson. Come esperto ha partecipato alla revisione della Norma UNI 13339. 3.1

Carmelo Paterniti Martello

Ingegnere aerospaziale, socio AiCARR dal 2015. Opera presso Schneider Electric SpA. 3.6

Luca Pauletti (coordinatore dei capitoli 2 e 3)

Ingegnere meccanico, socio AiCARR dal 2008. Dal 2008 al 2016 è stato componente dell'UNI CT NI/CT 034 *Protezione attiva contro gli incendi*. Dal 1997 opera nel settore HVAC con funzioni prima tecniche e poi commerciali in varie aziende. Dal 2010 ricopre il ruolo di Amministratore Delegato di Belimo Italia. 1.2.10
2.1

Federico Pedranzini (coordinatore dei capitoli 7 e 8)

Ingegnere elettrotecnico, socio AiCARR e Presidente della Commissione Comitati tecnici per i mandati 2014-2017 e 2017-2020. Docente per i corsi AiCARR Formazione relativi agli impianti e alle reti aerauliche e idroniche. Dal 1997 ha operato in una azienda di progettazione e installazione di impianti. Dal 2006 è ricercatore di ruolo di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Milano. 3.1 - 3.5 - 3.5.1 -
3.5.2 - 3.5.3 - 3.5.4
- 7.5 - 7.5 - 7.6 -
7.7 - unico autore
cap.8

Lorenzo Pistocchini

Ingegnere meccanico, PhD in Energetica e MSc in Renewable Energy Systems Technology. Attualmente svolge attività di ricerca presso il Dipartimento di Energia del Politecnico di Milano. 1.2.4 - 1.2.5

Luca Alberto Piterà (coordinatore paragrafo 6.7)

Ingegnere energetico, socio AiCARR dal 2000, Segretario Tecnico di AiCARR dal 2005 e Segretario Generale dal 2017. Docente per i corsi AiCARR Formazione. Dal 2009 è professore a contratto presso il Politecnico di Milano, ruolo che attualmente ancora ricopre Partecipa alle attività CTI, UNI, CEN e ISO. 6.7

Micaela Ranieri

Ingegnera gestionale. Ricopre il ruolo di Product manager e Project leader del settore Trattamento aria presso Rhoss SpA. 1.2.4 - 1.2.5

Christian Rossi

Ingegnere energetico. Coordinatore della commissione tecnica CTI 242 *Materiali, componenti e sistemi per la depurazione e la filtrazione di aria, gas e fumi*. Ricopre il ruolo di addetto alla Ricerca e Sviluppo nella business unit Filtrazione di SagiCofim SpA. 1.2.6

Giovanni Semprini

Ingegnere civile edile, socio AiCARR dal 2001 e componente del Consiglio Direttivo (2017-2019). 4.6 - 4.7 - 4.9.1 - 4.11
È ricercatore di ruolo di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Milano presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna.

Raul Simonetti

Ingegnere elettronico. Ha lavorato presso Danieli S.p.A. dal 1994 al 1996. Dal 2000 ricopre il ruolo di HVAC/R corporate business manager presso CAREL Industries SpA, rappresentando l'azienda presso AiCARR, EPEE, Eurovent, EHPA, ASHRAE, AHRI e altre associazioni del settore. 1.2.7

Antonio Temporin

Ingegnere Meccanico, socio AiCARR. Partecipa alle attività di ANPE. Riveste il ruolo di ricercatore presso P3 Srl. 6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6

Alessandro Temperini (coordinatore del capitolo 6)

Ingegneria elettronico, socio AiCARR dal 2003 e componente del Comitato Tecnico Sicurezza e prevenzione incendi AiCARR. Componente del CEN TC 191 Smoke Control e dell'UNI CT NI/CT 034. Presidente di ANACE. Libero professionista e responsabile tecnico per l'azienda AerNova srl. 6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6

Marco Vincenzi

Ingegnere elettrotecnico. Docente per i corsi AiCARR Formazione su "BEMS - Building Energy Management Systems" e "Sistemi di automazione integrata e reti di comunicazione". Dal 2008 ricopre il ruolo di Sales & Business Development Management in Honeywell Partners Channel Italia & Export. 2.5

Michele Vio

Ingegnere meccanico, Presidente AiCARR nel triennio 2011-2013. Direttore tecnico dal 1986 dell'azienda di famiglia e dal 1989 di un importante studio di Padova. Dal 1992 ricopre il ruolo di consulente tecnico di aziende costruttrici di componenti per la climatizzazione. 1.2.8 - 1.2.9

Marco Zambolin

Titolare di tecnologie brevettate per il trattamento dell'aria dal 1981. Ricopre il ruolo di presidente e direttore generale di Sintra srl, Sintra France sas e Sintra USA Corp. in cui opera. 3.5 - 3.5.1 - 3.5.2 - 3.5.3 - 3.5.4

Roberto Zattoni

Ingegnere gestionale, socio AiCARR dal 1996. Dal 1995 opera nel settore della ventilazione e del trattamento aria con ruoli tecnici e commerciali. Attualmente ricopre il ruolo di amministratore delegato di FläktGroup Italy. 3.3.1



Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione

Via M. Gioia, 168 - 20125 Milano - tel. 02 67479270 - fax 02 67479262 - www.aicarr.org



€ 90,00