

MANUALE D'AUSILIO ALLA PROGETTAZIONE TERMOTECNICA

AERAUICA



AICARR

Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente



© 2024 AiCARR
Via Melchiorre Gioia, 168 - 20125 Milano
Tel. 02.67479270 - Fax 02.67479270
www.aicarr.org

Preview version 2024

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

MANUALE D'AUSILIO ALLA PROGETTAZIONE TERMOTECNICA

AERAUICA



Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

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 Accademico, la significatività di un tale documento di sintesi teorico-applicativa si è presto rivelata anche nell'ambito della 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 nelle fasi di impostazione del documento, F. Busato e C. Zilio nelle fasi di verifica e finalizzazione) 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, ai Presidenti che si sono succeduti che, triennio dopo triennio, hanno continuato a sostenere e spronare le attività dell'intera Commissione Comitati Tecnici e, non ultimo, a Luca Alberto Piterà per il continuo lavoro di coordinamento.

Milano, marzo 2024

Federico Pedranzini

Presidente Commissione Comitati Tecnici AiCARR

Trienni 2014-2016, 2017-2020 e 2023 - 2026

PRESENTAZIONE

Il MAPT, Manuale di Ausilio alla Progettazione Termotecnica – Aeraulica, è frutto del lavoro, della collaborazione dell'impegno e della caparbietà di sei soci, volontari, che nel 2015 hanno dato vita al GdL su stimolo dell'allora presidente L. De Santoli e di una quarantina di 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'obiettivo è stato raggiunto, pur tuttavia ritengo che gli autori si siano cimentati con successo nell'esporre 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:

- psicommetria 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

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 aeraulici, 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 aerauliche, 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 aeraulici

Il controllo del rumore e delle vibrazioni è una disciplina spesso male affrontata nella progettazione dei sistemi aeraulici, 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 aeraulica, 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 aerauliche 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 aerauliche. 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 Bernoulli 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, intermedii; viene discusso il motivo per cui l'equazione di Bernoulli 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 aerauliche, 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 aeraulici, 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 servoattuatori e servoattuatori;
- 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 COPILLOT/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 al 2021 ha lavorato presso Klimagiel Srl; da giugno 2021 ricopre la posizione di amministratore e direttore tecnico presso Vector Srl.

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. Dal 2017 responsabile della sede italiana di Halstrup-Walcher azienda specializzata nella produzione di trasmettitori di pressione differenziale.

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

Ingegnere per l'Ambiente e il Territorio, socio 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 Flakt-Group 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

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. Professore Associato presso il Dipartimento di Energia - HVAC Group - Politecnico di Milano.

1.2.8 - 1.2.9

Maria Carla De Marco

Ingegnere elettronico. Socio CTI. È Amministratrice Delegata di De.co.sta. SpA, nella quale riveste il ruolo di Coordinamento 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. È 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. È 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 AIISA, 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. È 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

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 - 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

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 del capitolo 2)

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 3, 7 e 8)

Ingegnere elettrotecnico, socio AiCARR e Presidente della Commissione Comitati tecnici per i mandati 2014-2017, 2017-2020 e 2023-2026. Docente per i corsi AiCARR Formazione relativi agli impianti e alle reti aerauliche e idroniche. Dal 1997 ha operato nel campo della progettazione e installazione di impianti. Dal 2006 è Ricercatore di ruolo presso il Dipartimento di Energia - HVAC Group - 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).

È ricercatore di ruolo di Fisica Tecnica Ambientale presso il Politecnico di Milano presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Bologna.

4.6 - 4.7 - 4.9.1 - 4.11

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. Dal 1998 opera in P3 srl dove ricopre il ruolo di Direttore Tecnico. Membro di ANPE (Associazione Nazionale Poliuretano Espanso Rigido).

6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6

Alessandro Temperini (coordinatore del capitolo 6)

Ingegnere elettronico, socio AiCARR dal 2003. Dal 2004 opera in AerNova srl dove ricopre il ruolo di Direttore Generale. Componente del Comitato Tecnico Sicurezza e Prevenzione Incendi AiCARR. Componente del CEN TC 191 Smoke Control e dell'UNI CT NI/CT 034. Docente per i corsi AiCARR Formazione.

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

Nota importante sulle informazioni bibliografiche degli autori:

Le informazioni bibliografiche fornite in questa sezione riflettono le informazioni fornite sia dai coordinatori dei vari capitoli sia dagli autori stessi alla conclusione dei lavori dei singoli gruppi di lavoro. Si sottolinea che eventuali aggiornamenti successivi alla chiusura dei lavori potrebbero non essere riflessi in questa sezione.

1	LE UNITÀ DI TRATTAMENTO DELL'ARIA	1
1.1	GENERALITÀ – INTRODUZIONE	1
1.1.1	Definizione di UTA e sue funzioni essenziali	1
1.1.2	I regolamenti europei Ecodesign	1
1.1.3	Cenni alle UTA monoblocco e standardizzate	4
1.2	COMPONENTI	4
1.2.1	Caratteristiche costruttive	4
1.2.2	Ventilatori.....	14
1.2.3	Ventilatori nelle UTA	26
1.2.4	Batterie di scambio termico	37
1.2.5	Batterie di scambio termico nelle UTA	49
1.2.6	Filtrazione	62
1.2.7	Umidificazione.....	89
1.2.8	Recuperatori di calore: note teoriche	109
1.2.9	Recuperatori di calore: applicazioni	126
1.2.10	Dotazioni elettroniche di regolazione.....	151
2	CONTROLLO DELLA PORTATA	225
2.1	STRATEGIE DI REGOLAZIONE DELLA PORTATA	225
2.1.1	Introduzione.....	225
2.1.2	Fattori che determinano la portata	225
2.1.3	Modalità di regolazione dei dispositivi e dell'impianto	226
2.1.4	Dispositivi e modalità di regolazione – 1° Assioma del controllo della portata	230
2.1.5	Portata costante e variabile nelle singole diramazioni o nell'impianto – 2° Assioma del controllo della portata	232
2.1.6	Corretta selezione di componenti, modalità e logica di regolazione – 3° Assioma del controllo della portata	233
2.1.7	Conclusioni.....	237
2.2	DISPOSITIVI ATTI ALLA REGOLAZIONE MANUALE DELLA PORTATA	238
2.2.1	Introduzione.....	238
2.2.2	Serrande rettangolari	238
2.2.3	Serrande circolari	240
2.2.4	Aspetti energetici	241
2.2.5	Attuatori elettrici per serrande di regolazione	242
2.3	REGOLATORI VAV	243
2.3.1	Introduzione.....	243
2.3.2	Serrande di regolazione VAV/CAV	243
2.3.3	Serrande di regolazione CAV di tipo meccanico	252
2.3.4	Aspetti energetici	254
2.4	REGOLAZIONE DELLA PORTATA NEI SISTEMI VMC	255
2.5	DISPOSITIVI PER LA MISURA E LA REGOLAZIONE ELETTRONICA	255
2.5.1	Sensori: tipologia, posizionamento, requisiti di installazione	255
2.5.2	Attuatori	264
2.5.3	Regolatori elettronici.....	266
2.6	DISPOSITIVI PER IL CONTROLLO AUTOMATICO DELLA PRESSIONE AMBIENTE	273
2.6.1	Applicazioni tipiche.....	273
2.6.2	Aspetti Energetici	281

3 I TERMINALI DI DIFFUSIONE283

3.1	I TERMINALI DI IMPIANTO	283
3.1.1	Generalità	283
3.1.2	Strategie e tipologie di diffusione	283
3.1.3	Parametri operativi e di scelta dei terminali di diffusione dell'aria	287
3.1.4	Parametri prestazionali	292
3.1.5	Correlazione tra portata di progetto e livello prestazionale del sistema di diffusione	293
3.1.6	Progettazione del sistema di diffusione e ripresa.	295
3.1.7	Diffusori a dislocamento	355
3.1.8	Diffusori e griglie di ripresa	359
3.1.9	Griglie di sovrappressione ed espulsione	362
3.1.10	Dispositivi speciali	363
3.1.11	TRAVI FREDDE	365
3.1.12	Terminali per impianti con ventilconvettori	377
3.1.13	Terminali Filtranti	380
3.1.14	Diffusione dell'aria per impianti con soffitti radianti	386
3.1.15	Diffusori aria per impianto ad attivazione termica della massa	389
3.2	CONNESSIONE DEI TERMINALI ALLE RETI AERAILICHE	390
3.3	CANALI FORATI	391
3.3.1	Definizione funzionale	391
3.3.2	Modalità di funzionamento	392
3.3.3	Utilizzo e applicazioni tipiche	393
3.3.4	Scelta e dimensionamento preliminare	394
3.3.5	Condotti forati a geometria variabile	410
3.4	SISTEMI DI DIFFUSIONE PER CED	410
3.4.1	CONDIZIONAMENTO DI PRECISIONE VS CONDIZIONAMENTO PER COMFORT	410
3.4.2	DISTRIBUZIONE DELL'ARIA SOTTOPAVIMENTO	411
3.4.3	DISPOSIZIONE INTERNA DEI CENTRI DI CALCOLO (LAY-OUT)	413
3.4.4	TIPOLOGIE DEI CARICHI TERMICI	416
3.4.5	COMPARTIMENTAZIONE	417
3.4.6	DISTRIBUZIONE A DISLOCAMENTO	417
3.4.7	RAFFREDDAMENTO GRATUITO (FREE-COOLING)	418
3.4.8	I CRITERI DI SCELTA DEL SISTEMA DI DISTRIBUZIONE DELL'ARIA NEI CENTRI DI CALCOLO	421
3.5	TERMINALI PER LA DIFFUSIONE DELL'ARIA NELLA SALA OPERATORIA	422

4 RUMORE DA SISTEMI AERAILICI433

4.1	GENERALITÀ E TEORIA DELLA PROPAGAZIONE DEL SUONO	433
4.1.1	Premessa	433
4.1.2	Il fenomeno sonoro	433
4.1.3	L'analisi in frequenza	435
4.1.4	La metrologia acustica	436
4.1.5	La propagazione	438
4.2	LIMITI DI LEGGE	440
4.3	CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ACUSTICA E LINEE-GUIDA	442
4.4	LIVELLI SONORI IN AMBIENTE INTERNO O ESTERNO: IL CAMPO SONORO	444

4.5	PRESTAZIONI DEI SISTEMI TECNICI ED EDILI SULLA PROPAGAZIONE DEL RUMORE DEGLI IMPIANTI	448
4.6	LE SORGENTI IMPIANTISTICHE DI RUMORE	450
4.6.1	Il rumore degli impianti di climatizzazione.....	451
4.6.2	Effetti della posizione delle macchine sul rumore emesso.....	451
4.6.3	I ventilatori	452
4.6.4	Pompe di calore, chiller, compressori	455
4.6.5	Sistemi combinati (unità trattamento aria – roof top).....	457
4.7	LA TRASMISSIONE DEL RUMORE NEGLI IMPIANTI AERAUICI	458
4.7.1	La trasmissione del rumore nella rete aeraulica	458
4.7.2	Le canalizzazioni	459
4.8	IL RUMORE DEI TERMINALI	465
4.8.1	Tipologie e meccanismi di generazione del rumore.....	465
4.9	SISTEMI PER L'ATTENUAZIONE DEL RUMORE	468
4.9.1	Plenum	469
4.9.2	I silenziatori passivi ad assorbimento	471
4.9.3	Le griglie insonorizzate (o afoniche)	474
4.10	VIBRAZIONI	475
4.11	ESEMPIO NUMERICO	479

5 PROGETTAZIONE E CALCOLO DELLE RETI AERAUICHE.....483

5.1	PREMESSA	483
5.2	SIMBOLI, UNITÀ DI MISURA, DEFINIZIONI E GLOSSARIO	483
5.3	TEOREMA DI BERNOUILLI	486
5.4	PROFILO DI PRESSIONE NEI CONDOTTI	489
5.5	MOTO DI FLUIDI REALI NEI CONDOTTI	494
5.6	VISCOSITÀ	495
5.7	MOTO LAMINARE E MOTO TURBOLENTO	498
5.8	NUMERO DI REYNOLDS	499
5.9	LE EQUAZIONI DI DARCY E COLEBROOK	501
5.9.1	Resistenza per attrito in condotti rettilinei	501
5.9.2	Diametro idraulico e diametro equivalente.....	502
5.9.3	Resistenza dinamica	504
5.9.4	Cambi di direzione - Curve.....	504
5.9.5	Data base per le accidentalità.....	505
5.9.6	System effect.....	510
5.9.7	Fan System effect.....	510
5.10	ESPRESSIONE SEMPLIFICATA PER LE EQUAZIONI DI DW E CW	513
5.11	STRUMENTI PER IL CALCOLO DELLE RETI AERAUICHE	516
5.12	PERCORSI SEMPLIFICATI	516
5.13	COME CONSIDERARE I LOCALI E L'AMBIENTE ESTERNO	518
5.14	DIFFERENZA TRA VERIFICA, CALCOLO, PROGETTAZIONE	519
5.15	PROGETTO E CALCOLO	519

5.16	PROCEDURA PER IL CALCOLO DELLE PERDITE DI CARICO DI UNA SEZIONE DI CONDOTTO	520
5.17	PROCEDURE DI CALCOLO SEMPLIFICATE	521
5.18	IL METODO DELLA RIDUZIONE DI VELOCITÀ	522
5.19	IL METODO DELLA PERDITA DI CARICO COSTANTE	523
5.20	IL METODO – PERDITA DI CARICO COSTANTE MODIFICATA	524
5.21	IL METODO DEL RECUPERO DI PRESSIONE STATICA	529
5.22	CALCOLO DELLE RETI A PORTATA COSTANTE CON REGOLATORI AUTOAZIONATI	530
5.23	CALCOLO DELLE RETI A PORTATA VARIABILE	531
5.24	L'ESPONENTE DELLA FORMULA DELLE PERDITE DI CARICO	532
5.25	LEGGI VENTILATORI	532

6 REALIZZAZIONE E POSA IN OPERA DELLE RETI AERAUICHE537

6.1	INTRODUZIONE	537
6.2	REQUISITI PRESTAZIONI DELLE RETI AERAUICHE	538
6.2.1	Comportamento meccanico	538
6.2.2	Comportamento pneumatico	539
6.2.3	Comportamento termico	544
6.2.4	Comportamento acustico	547
6.2.5	Comportamento al fuoco	550
6.2.6	Comportamento igienico	553
6.2.7	Comportamento sismico	554
6.3	CONDOTTE AERAUICHE	556
6.3.1	Materiali	556
6.3.2	Lavorazione	560
6.4	ALTRI COMPONENTI	572
6.4.1	Portine di ispezione	573
6.4.2	Condotte flessibili di raccordo	575
6.4.3	Giunti antivibranti	576
6.4.4	Accessori di costruzione	576
6.5	POSA IN OPERA DELLE RETI AERAUICHE	578
6.5.1	UTA	578
6.5.2	Rete delle condotte	579
6.5.3	Componenti di linea	582
6.5.4	Terminali aeraulici	585
6.6	CONSEGNA E DOCUMENTAZIONE DELLA RETE AERAUICA	587
6.6.1	Verifica dei livelli prestazionali	587
6.6.2	Documentazione di fornitura dei vari componenti	603
6.6.3	Documentazione di posa in opera dei vari componenti della rete aeraulica	606
6.7	MANUTENZIONE E GESTIONE DI SISTEMI AERAUICI	609
6.7.1	INTRODUZIONE	609
6.7.2	IL PROGETTO, LA MANUTENZIONE, LA QUALITÀ	609
6.7.3	DEFINIZIONE DELLA MANUTENZIONE	609
6.7.4	Pianificazione della manutenzione	613

7 TARATURA E BILANCIAMENTO DEI SISTEMI AERAILICI..... 617

7.1	DEFINIZIONI E GENERALITÀ	617
7.2	LA PROCEDURA DI BILANCIAMENTO	618
7.3	LA MISURA DI PORTATA NELLE RETI AERAILICHE	622
7.3.1	Strumenti di misura portatili	622
7.3.2	STRUMENTI DI MISURA PER INSTALLAZIONE FISSA	635
7.4	DISPOSITIVI DI BILANCIAMENTO	639
7.4.1	Dispositivi passivi – le serrande.....	639
7.4.2	Dispositivi passivi (non servoattuatori) con regolazione automatica.....	641
7.4.3	Dispositivi servoattuatori con regolazione automatica.....	641
7.5	METODI DI BILANCIAMENTO	642
7.5.1	Metodi iterativi: metodo del Rapporto (Ashrae Handbook TAB - Smacna).....	642
7.5.2	Metodi non iterativi: metodo a portata progressiva	644
7.5.3	TAB VAV principi di bilanciamento degli impianti a portata variabile.....	646
7.6	ERRORI DI MISURA	648
7.6.1	Concetto di misura, incertezza e tolleranza	648
7.6.2	Tipologie di Errori di misura	649
7.6.3	Accuratezza e precisione	649
7.6.4	Classi di precisione.....	651
7.6.5	Stima degli errori	651
7.6.6	Propagazione degli errori (Rif. EN 12599:2012).....	652
7.7	LA SCELTA DEGLI STRUMENTI DI MISURA.	652
7.7.1	Scelta dell'incertezza	652
7.7.2	Scelta del valore di fondo scala degli strumenti di misura.....	653
7.7.3	Certificazioni	653
7.7.4	Laboratori di taratura	654
7.7.5	Il Certificato di Taratura.....	654

8 ARCHITETTURA E PRINCIPI DI REGOLAZIONE INTEGRATA DEGLI IMPIANTI AD ARIA 657

8.1	GLOSSARIO E CONCETTI	657
8.2	CAMPO DI APPLICAZIONE E SCOPO DEL CAPITOLO	658
8.3	FUNZIONALITÀ DI BASE E FUNZIONALITÀ ACCESSORIE	658
8.3.1	Esigenze connesse al controllo della qualità dell'aria	658
8.3.2	Esigenze connesse al controllo delle condizioni termiche e igrometriche dell'aria	659
8.3.3	Esigenze connesse a finalità di riduzione dei consumi energetici.....	659
8.3.4	Esigenze connesse alla gestione della sicurezza:	660
8.4	TIPOLOGIE DI IMPIANTO	660
8.4.1	Valutazione dei carichi termici e contaminanti	660
8.4.2	Impianti a tutt'aria	661
8.4.3	Impianti a tutt'aria a portata variabile (VAV).....	662
8.4.4	Impianti ad aria primaria	663
8.4.5	Impianti ad aria primaria VAV	663

8.4.6	Impianti di ventilazione meccanica controllata (VMC) a doppio flusso con recupero.....	664
8.4.7	Impianti di ventilazione meccanica controllata a singolo flusso	664
8.5	DEFINIZIONE FUNZIONALE E DIMENSIONALE DI UN IMPIANTO AD ARIA	665
8.5.1	Definizione funzionale	665
8.5.2	Definizione dimensionale.....	665
8.5.3	Sequenza dei trattamenti e ordine dei componenti.....	666
8.6	IL TRATTAMENTO DELL'ARIA E L'ARCHITETTURA DELLE UTA	666
8.6.1	SCHEDA E DIAGRAMMI FUNZIONALI.....	666

GENERIAMO IDEE PER UN'ENERGIA SOSTENIBILE

AiCARR, Associazione italiana Condizionamento dell'Aria, Riscaldamento e Refrigerazione, crea e promuove cultura e tecnica per il benessere sostenibile, contribuendo al progresso delle tecnologie impiantistiche e alla definizione delle normative relative alla produzione, alla distribuzione e all'utilizzo dell'energia termica. Nata nel 1960 come costola italiana della prestigiosa associazione statunitense ASHRAE, AiCARR riunisce oggi oltre 2000 associati di varia estrazione: progettisti, docenti, installatori e manutentori, aziende produttrici, funzionari di Enti e Agenzie governative, istituzioni territoriali, nazionali e internazionali, studenti e ricercatori.

La presenza nelle sedi accademiche e istituzionali dove si progetta il futuro energetico del nostro Paese fa di AiCARR un punto di riferimento essenziale per la definizione delle strategie e delle politiche energetiche e un interlocutore insostituibile per chiunque si occupi di efficienza energetica, qualità ambientale, fonti rinnovabili e uso consapevole dell'energia.

LE COMPETENZE CONDIVISE SONO ALLA BASE DI OGNI PROGRESSO

Accrescere la cultura tecnica del settore e la professionalità dei Soci, condividere know-how, redigere e diffondere linee guida di supporto nella pratica professionale, dare un appoggio concreto al mondo imprenditoriale che si occupa di temi energetici, fornire il proprio contributo in ambito normativo sono i principali impegni che AiCARR svolge attraverso:

- Convegni nazionali e internazionali, webinar, seminari, workshop, tavole rotonde
- Incontri tecnici e visite a impianti e realizzazioni d'avanguardia
- Commissioni di studio e coordinamento di attività tecniche, culturali e normative
- Comitati Tecnici attivi su tematiche specifiche

- Attività congiunte con Associazioni, Università ed Enti italiani ed europei, pubblici e privati
- Gruppi di lavoro creati per dare un supporto operativo alle Istituzioni
- Partecipazione alla definizione di regolamenti, leggi, linee guida e collaborazione alla redazione di normativa tecnica con UNI, CEN e CTI, grazie alla Commissione Tecnica e Normativa.

AGGIORNAMENTO E FORMAZIONE: UN MUST

L'aggiornamento tecnologico e normativo è oggi imprescindibile per professionisti e aziende: in quest'ottica AiCARR offre formazione di alto standard teorico e applicativo attraverso AiCARR Formazione, business unit di AiCARR Educational srl-SB, società certificata ISO 9001:2015.

AiCARR Formazione è provider di CNI e CNPI per i crediti formativi professionali e i suoi corsi, condotti da accademici e professionisti selezionati fra i migliori esperti del settore HVAC&R, sono rivolti a progettisti, tecnici, manutentori, personale tecnico e commerciale di Enti e industrie, studenti e ricercatori.

SE LE IDEE CIRCOLANO, ACQUISTANO PIÙ FORZA

AiCARR pubblica gli atti dei convegni, cura l'edizione delle collane dei volumi tecnici, delle guide e dei vademecum, invia la newsletter quindicinale con le notizie sulle novità associative, editoriali, normative, legislative e di formazione; è distributore esclusivo per l'Italia delle pubblicazioni e norme ASHRAE e applica ai Soci condizioni favorevoli per l'acquisto delle norme CEI e sconti sulle pubblicazioni di importanti editori tecnici. La biblioteca propone un'ampia selezione di titoli tecnico-scientifici in libera consultazione.

Sul sito www.aicarr.org e attraverso la App, scaricabile dal sito, è anche possibile consultare articoli tecnici e la rassegna news. Inoltre, i Soci ricevono gratuitamente il periodico AiCARR Journal, organo ufficiale dell'Associazione.



Associazione Italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione

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

