

INDICE

PRESENTAZIONE di Cesare Silvi	pag.	11
INTRODUZIONE	pag.	15
 IL BENESSERE CLIMATICO		
1. La percezione del clima	pag.	17
1.1. Metabolismo e omeotermia	pag.	18
1.2. Parametri di comfort climatico	pag.	21
1.3. Condizioni "gradevoli" e "ammissibili"	pag.	23
1.4. Differenze climatiche	pag.	23
1.5. Adattabilità al clima	pag.	24
 ARIA		
1. Introduzione	pag.	27
2. Aria	pag.	28
2.1. Indagini sull'aria	pag.	28
2.2. Il fabbisogno d'aria	pag.	30
2.3. Tasso di ricambio	pag.	32
3. Qualità dell'aria	pag.	33
3.1. Fonti di inquinamento	pag.	34
3.2. Umidità dell'aria	pag.	35
3.3. Controllo della qualità dell'aria interna	pag.	36
4. Ventilazione naturale	pag.	37
4.1. Principi della ventilazione naturale	pag.	38
4.2. Ventilazione tramite finestre	pag.	39
4.2.1. <i>Disposizione delle finestre</i>	pag.	39
4.2.2. <i>Dimensione delle finestre</i>	pag.	40
4.2.3. <i>Regolazione della ventilazione</i>	pag.	40
4.3. Ventilazione per effetto camino	pag.	41
4.3.1. <i>Doppie facciate</i>	pag.	43
4.4. Ventilazione attraverso esalatori sul tetto	pag.	47
4.5. Ventilazione attraverso atri	pag.	47
4.6. Raffrescare con la ventilazione notturna	pag.	48
4.6.1. <i>Esempi tradizionali</i>	pag.	48
4.7. Progettare la ventilazione naturale	pag.	53
5. Ventilazione meccanica controllata	pag.	54
5.1. Sistemi di sola asportazione (a singolo flusso)	pag.	54
5.2. Sistemi d'asportazione e d'immissione (a due flussi)	pag.	56
5.3. Recupero di calore	pag.	57
5.3.1. <i>Scambiatori di calore</i>	pag.	58
5.3.2. <i>Scambiatori rotativi</i>	pag.	59
5.3.3. <i>Scambiatori di calore interrati</i>	pag.	61
5.4. Riscaldare con la ventilazione	pag.	63
5.4.1. <i>Aggregati compatti</i>	pag.	64
5.4.2. <i>Riscaldare l'aria con il sole</i>	pag.	65
5.5. Raffrescare con l'aria	pag.	66
5.6. Regolazione dell'impianto	pag.	68

5.6.1. Regolazione in base alla qualità dell'aria	pag. 68
5.7. Progettazione	pag. 69
6. Normative	pag. 69
6.1. Normative europee	pag. 69
6.2. Norme italiane	pag. 70
6.3. Altre norme	pag. 70
7. Glossario	pag. 70
 CALORE	
1. Introduzione	pag. 75
2. Termodinamica	pag. 77
2.1. Temperatura	pag. 80
2.2. Calore	pag. 82
2.3. I principi della termodinamica	pag. 83
2.4. Grandezze	pag. 83
2.4.1. Flusso termico (F)	pag. 83
2.4.2. Conduttività termica (l)	pag. 85
2.4.3. Conduttanza termica (L)	pag. 85
2.4.4. Resistenza termica (R)	pag. 86
2.4.5. Trasmittanza termica (U)	pag. 87
2.4.6. Calore specifico (c)	pag. 87
2.4.7. Capacità termica (C)	pag. 87
2.4.8. Inerzia termica (S)	pag. 87
2.4.9. Dilatazione termica (Dl)	pag. 90
3. Processi termici in un edificio	pag. 90
3.1. Trasferimento del calore per conduzione in condizioni stazionarie	pag. 90
3.1.1. Transizione del calore	pag. 91
3.1.2. Flusso termico in una lastra omogenea ed isotropa	pag. 92
3.1.3. Andamento della temperatura all'interno della lastra	pag. 93
3.1.4. Flusso termico in un elemento stratificato	pag. 96
3.1.5. Trasmittanza termica di un elemento stratificato	pag. 96
3.1.6. Trasmittanza termica di una finestra	pag. 97
3.1.7. Andamento della temperatura in un elemento stratificato	pag. 99
3.1.8. Ponti termici	pag. 99
3.2. Trasferimento del calore per conduzione in condizioni non stazionarie	pag. 100
3.2.1. Penetrazione del calore	pag. 100
3.2.2. Variazioni periodiche di temperatura	pag. 101
3.2.3. Variazioni aperiodiche di temperatura	pag. 102
3.2.4. Aumento della temperatura in un ambiente	pag. 102
3.2.5. Abbassamento della temperatura in un ambiente	pag. 103
3.2.6. Andamento della temperatura in un elemento costruttivo in condizioni non stazionarie	pag. 104
3.3. Trasferimento del calore per convezione e adduzione	pag. 108
3.3.1. Convezione	pag. 109
3.3.2. Adduzione	pag. 110
3.4. Trasferimento del calore per irraggiamento	pag. 110
3.4.1. Leggi dell'irraggiamento	pag. 114
3.4.2. Riflessione e assorbimento	pag. 114
3.4.3. Emissione per irraggiamento	pag. 115

3.4.4. Scambio termico per irraggiamento tra superfici piane parallele	pag. 116
4. Fabbisogno energetico e termico	pag. 118
4.1. Definizioni	pag. 118
4.1.1. Fabbisogno energetico	pag. 118
4.1.2. Fabbisogno termico	pag. 119
4.1.3. Calcolo del fabbisogno termico	pag. 119
4.1.4. Fabbisogno energetico standardizzato (o specifico)	pag. 120
4.1.5. Limite del sistema	pag. 121
4.2. Fattori che influiscono sul fabbisogno termico	pag. 121
4.2.1. Temperatura interna	pag. 121
4.2.2. Temperatura esterna	pag. 121
4.2.3. Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	pag. 124
4.2.4. Capacità di accumulo termico delle strutture interne	pag. 125
4.2.5. Ricambio d'aria	pag. 125
4.2.6. Apporti termici solari	pag. 126
4.2.7. Apporti termici da fonti interne	pag. 127
4.2.8. Rendimento dell'impianto	pag. 128
4.2.9. Durata dell'accensione dell'impianto termico	pag. 129
5. Bilancio termico	pag. 129
5.1. Perdite di calore	pag. 131
5.1.1. Perdite di calore per trasmissione	pag. 131
5.1.2. Perdite di calore attraverso ponti termici	pag. 132
5.1.3. Perdite di calore per ventilazione e infiltrazione	pag. 132
5.2. Apporti energetici	pag. 134
5.2.1. Apporti solari	pag. 134
5.2.2. Apporti da fonti interne	pag. 137
5.2.3. Apporti disponibili	pag. 137
5.3. Fattore d'utilizzo degli apporti gratuiti	pag. 137
5.4. Apporti utilizzabili	pag. 138
5.5. Fabbisogno termico per il riscaldamento	pag. 139
5.6. Fabbisogno termico per la produzione di acqua calda sanitaria	pag. 139
5.7. Fabbisogno termico in reali condizioni di esercizio	pag. 139
6. Risparmio energetico	pag. 139
6.1. Compattezza dell'edificio	pag. 140
6.2. Isolamento termico	pag. 141
6.2.1. Isolamento termico esterno	pag. 141
6.2.2. Isolamento termico in intercapedine	pag. 143
6.2.3. Isolamento termico interno	pag. 144
6.2.4. Ponti termici	pag. 145
6.2.5. Solai	pag. 146
6.2.6. Balconi	pag. 146
6.2.7. Pilastri	pag. 148
6.2.8. Tetti in latero-cemento e in cemento armato	pag. 149
6.2.9. Tetti di legno	pag. 150
6.3. Materiali termoisolanti	pag. 151
6.3.1. Definizione	pag. 151
6.3.2. Fattori che diminuiscono le proprietà termoisolanti	pag. 153
6.3.3. Isolamento termico trasparente ITT	pag. 153
6.3.4. Pannelli sottovuoto	pag. 155

6.4. Finestre	pag. 158
6.5. Accumulatori di calore	pag. 159
6.5.1. Accumulatori sensibili	pag. 160
6.5.2. Accumulatori latenti	pag. 160
7. Sfruttamento dell'energia solare	pag. 162
7.1. Sfruttamento passivo	pag. 163
7.1.1. Orientamento verso il sole	pag. 165
7.1.2. Finestre e vetrate	pag. 165
7.1.3. Masse accumulatrici	pag. 168
7.1.4. Progettazione	pag. 169
7.2. Sfruttamento attivo dell'energia solare	pag. 169
7.2.1. Il solare termico	pag. 170
7.2.2. Il solare elettrico	pag. 171
8. Normative	pag. 173
8.1. Normative europee	pag. 173
8.2. Normative italiane	pag. 174

LUCE - ILLUMINAZIONE NATURALE (Daylighting)

1. Introduzione	pag. 175
2. La percezione visiva	pag. 178
2.1. Illuminazione in una grotta	pag. 178
2.2. Fattori determinanti	pag. 179
2.3. Luce e salute	pag. 181
3. La luce naturale	pag. 182
3.1. Caratteristiche della luce	pag. 182
3.1.1. Luce diretta e diffusa	pag. 182
3.1.2. Angolo di incidenza	pag. 183
3.1.3. La posizione del sole	pag. 184
3.1.4. Cielo coperto standard	pag. 185
3.2. Grandezze dell'illuminotecnica	pag. 186
3.2.1. Flusso luminoso	pag. 186
3.2.2. Angolo solido	pag. 186
3.2.3. Intensità luminosa	pag. 187
3.2.4. Illuminamento	pag. 188
3.2.5. Luminanza	pag. 188
3.2.6. Trasmissione, riflessione e assorbimento	pag. 189
3.2.7. Rifrazione	pag. 191
4. Caratteristiche di una buona illuminazione	pag. 192
4.1. Illuminamento	pag. 193
4.2. Vista verso l'esterno	pag. 194
4.3. Autonomia di luce diurna	pag. 195
4.4. Fattore di luce diurna	pag. 195
4.4.1. Componenti del fattore di luce diurna	pag. 197
4.4.2. Determinazione del fattore di luce diurna	pag. 197
5. Concetti di illuminazione	pag. 202
5.1. Luce laterale (sidelighting)	pag. 202
5.1.1. Illuminazione laterale in un interno	pag. 202
5.1.2. Aspetti architettonici ed urbanistici	pag. 204
5.1.3. Luce da due lati	pag. 212
5.1.4. Misure di miglioramento	pag. 214

5.2. Luce dall'alto (toplighting)	pag. 214
5.2.1. Caratteristiche dell'illuminazione dall'alto	pag. 214
5.2.2. Effetto della geometria dell'ambiente	pag. 215
5.2.3. Dimensione delle aperture	pag. 216
5.2.4. Tipologia delle aperture	pag. 217
5.2.5. Luce dal lato e dall'alto	pag. 221
5.3. Luce da spazi interni (corelighting)	pag. 222
5.3.1. Atri	pag. 222
5.3.2. Sistemi ottici	pag. 224
6. Schermature parasole	pag. 227
6.1. Sistemi fissi	pag. 227
6.1.1. Sistemi fissi orizzontali	pag. 229
6.1.2. Schermature fisse verticali	pag. 231
6.1.3. Lightshelves	pag. 231
6.1.4. Schermature speciali	pag. 234
6.2. Schermature mobili	pag. 236
6.2.1. Schermature mobili all'esterno	pag. 236
6.2.2. Schermature mobili all'interno	pag. 242
6.3. Criteri di valutazione e di scelta	pag. 243
7. Regolazione dell'illuminazione	pag. 245
7.1. Regolazione delle schermature	pag. 246
7.2. Regolazione dell'illuminazione artificiale	pag. 246
8. Vetri	pag. 247
8.1. Breve storia del vetro	pag. 247
8.2. Caratteristiche ottiche del vetro	pag. 250
8.2.1. Trasmittanza luminosa	pag. 250
8.2.2. Riflettanza	pag. 251
8.2.3. Alterazione dei colori	pag. 251
8.3. Tipi di vetro in uso in edilizia	pag. 252
9. Normative	pag. 258
9.1. Normative relative alla sicurezza sul luogo di lavoro	pag. 258
9.1.1. Normative europee	pag. 258
9.1.2. Normative italiane	pag. 259
9.1.3. Norme UNI	pag. 260
9.2. Normative relative all'edilizia	pag. 260
9.2.1. Normative italiane	pag. 260
9.3. Normative relative all'efficienza energetica	pag. 261
9.3.1. Normative europee	pag. 261

ESEMPI

1. Stabilimento Solvis	pag. 263
2. Edificio amministrativo Leonardo a Zurigo	pag. 270
3. Edificio amministrativo Energon a Ulm	pag. 278
4. Istituto Fraunhofer per Sistemi Solari (ISE)	pag. 287
5. Edificio amministrativo Pollmeier	pag. 294
6. Una villetta a bassissimo consumo energetico	pag. 302
7. Solar Info Center Friburgo (SIC)	pag. 306
8. Centro Edilizia ecologica dell'Università di Kassel	pag. 310

9. Uffici della Deutsche Bahn Netz AG ad Hamm	pag. 316
10. Il municipio di Mörfelden-Walldorf (Germania)	pag. 322
11. La nuova biblioteca dell'Università di Zurigo	pag. 325
12. Sunny Woods - Un palazzo residenziale a basso consumo energetico	pag. 330
13. Palazzo Abitare & Lavorare di Friburgo	pag. 336
14. Edificio amministrativo a Coira (Svizzera)	pag. 339
15. Palazzo amministrativo Spherion di Düsseldorf	pag. 343
Bibliografia	pag. 349
Elenco tabelle	pag. 353
Elenco illustrazioni	pag. 357