

Indice

PREMESSA	11
 PARTE I – PROGETTAZIONE ENERGETICA DELL'ARCHITETTURA E BENESSERE DEGLI AMBIENTI CONFINATI	
1. L'IN SOSTENIBILE LEGGEREZZA DEL PROGETTO	21
1.1. Sviluppo e crescita, Invenzione e innovazione	26
1.2. Approccio energetico e approccio ambientale	29
2. IL PROGETTO	33
2.1. Il progetto energetico	34
2.2. Il sistema impiantistico	38
3. IL BENESSERE NEGLI AMBIENTI CONFINATI	51
3.1. L'aspetto fisiologico	53
3.1.1. Scambi energetici tra corpo umano e ambiente: la termoregolazione	54
3.1.2. Unità di misura del metabolismo: il met [met]	58
3.1.3. Unità di misura della resistenza termica del vestiario: il Clo [Clo] ..	59
3.1.4. La prestazione visiva e le grandezze fotometriche	63
3.1.5. Il fenomeno acustico	67
3.1.6. Qualità e purezza dell'aria – Indoor Air Quality (IAQ)	70
3.2. Comfort termoigrometrico	78
3.2.1. Indici del benessere	80
3.2.2. Situazioni di discomfort locale	86
3.2.3. Gli indici del benessere PMV e PPD e il diagramma ASHRAE del benessere	89
3.2.4. Valutazione dei parametri indoor e prestazione energetica degli edifici	92
3.2.5. Valutazione dello stress termico con il metodo WBGT	95
3.3. Comfort luminoso	97
3.4. Comfort acustico	101

PARTE II – STRUMENTI PER IL PROGETTO: SOLUZIONI PROGETTUALI, OPERATIVE, COSTRUTTIVE ED IMPIANTISTICHE

4 IL QUADRO NORMATIVO EUROPEO E ITALIANO

4.1. La Direttiva Europea 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia	111
4.2. Le norme tecniche	112
4.3. Il DLgs 19 agosto 2005 n. 192	113

5. PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI – REQUISITI MINIMI

5.1. Indice di Prestazione energetica per la climatizzazione invernale EP_i	115
5.2. Trasmissione termica delle strutture opache	116
5.3. Trasmissione termica delle chiusure trasparenti	116
5.4. Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico	116

6. METODOLOGIE DI CALCOLO DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

117

7. IL PROGETTO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI E GLI OPERATORI DEL SETTORE

7.1. Il progetto architettonico ed energetico	125
7.2. Progettazione e certificazione energetica degli edifici : le possibili dinamiche di settore	128
7.3. Gli operatori dei servizi energetici e le opportunità per le società dei servizi energetici (ESCO)	135
7.3.1. La direttiva 2006/32/CE	136
7.3.2. Le società dei servizi energetici (ESCO)	137
7.3.3. Considerazioni	143
7.4. Le diagnosi energetiche	144

8. DIAGNOSI E MISURA DELLA PRESTAZIONE ENERGETICA

8.1. Attività diagnostica degli edifici esistenti	147
8.1.1. Metodologie di indagine da progetti precedenti o dagli abachi delle strutture edilizie previste nella normativa tecnica	150
8.1.2. Metodologie di indagine diagnostica in sito	152
8.1.3. Metodologie di indagine diagnostica dal rilievo dei consumi	165
8.2. Verifica del benessere ambientale	167
8.2.1. Strumenti e metodi per la verifica dell'ergonomia degli ambienti termici e dell'Indoor Air Quality (IAQ)	167
8.2.2. Strumenti e metodi per la verifica degli impianti di climatizzazione	171
8.2.3. Strumenti per la verifica del comfort luminoso	172
8.2.4. Strumenti per la verifica del comfort acustico	173
8.3. Valutazione dell'incremento di efficienza energetica	174
8.3.1. Intervento sull'involucro edilizio	175

8.3.2. Interventi sugli impianti di riscaldamento: sostituzione generatore di calore	178
8.3.3. Installazione di impianti da fonti energetiche rinnovabili	180
9. PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E SOLUZIONI TECNICO-COSTRUTTIVE	
9.1. Edifici di nuova costruzione ed edifici esistenti	184
9.1.1. Nuove costruzioni	196
9.1.2. Edifici esistenti ed interventi parziali	199
9.2. I sistemi passivi	203
9.2.1. Solare passivo	203
9.2.2. Raffrescamento passivo o ventilazione passiva	218
9.2.3. Raffrescamento passivo e sistemi di ventilazione ibrida	230
9.3. L'involucro edilizio: comportamenti in regime invernale ed estivo	234
9.3.1. Involucro edilizio: classificazione e terminologia	238
9.3.2. Prestazioni termiche statiche e dinamiche dell'involucro edilizio ..	242
9.3.3. Prestazioni termoigrometriche (Diagramma di Glaser)	260
9.4. Materiali da costruzione	270
9.4.1. Malte e leganti	270
9.4.2. Laterizi	271
9.4.3. Materiali per l'isolamento termico e acustico	274
9.4.4. La ricerca nel campo delle costruzioni: i materiali isolanti a memoria termica e gli isolanti sottovuoto	285
9.4.5. Materiali da costruzione ed ecocompatibilità	287
9.5. Soluzioni tecnico-costruttive	297
9.5.1. Divisori tra unità abitative	297
9.5.2. Ponti termici	298
9.5.3. Soluzioni tecnico-costruttive: correzione dei ponti termici	305
9.5.4. Soluzioni tecnico-costruttive: gli elementi di copertura	313
9.5.5. Soluzioni tecnico-costruttive: chiusure trasparenti ed elementi schermanti	316
10. PROGETTAZIONE DEL SISTEMA IMPIANTISTICO	
10.1. Impianti e Legislazione	323
10.2. Impianti e destinazione d'uso	326
10.2.1. Caratteristiche generali dei sistemi impiantistici	328
10.2.2. La progettazione architettonica e l'interfaccia con il sistema impiantistico	331
10.3. Regime invernale: impianti per il riscaldamento degli ambienti	342
10.3.1. Caratteristiche generali	342
10.3.2. Sistema di produzione: generatori di calore	346
10.3.3. Sistemi individuali per il riscaldamento di singoli ambienti	369
10.3.4. Sistema di distribuzione e sistema di regolazione	371

10.3.5. Sistema di regolazione	384
10.3.6. Sistema di erogazione: terminali scaldanti	386
10.3.7. Tipologie impiantistiche e destinazioni d'uso	399
10.4. Impianti per la produzione di acqua calda sanitaria	404
10.5. Regime estivo: impianti di ventilazione	412
10.6. Regime estivo: impianto di raffrescamento, condizionamento e/o climatizzazione	414
10.6.1. Sistema di generazione: macchine frigorifere	417
10.6.2. Sistema di distribuzione e sistema di regolazione	420
10.6.3. Sistema di erogazione: terminali	423
10.6.4. Tipologie impiantistiche	428
10.7. Building Automation and Control Systems (BACS) e domotica	433
10.7.1. I sistemi BACS	433
10.7.2. Architettura e funzioni dei sistemi BACS	438
10.7.3. Standard e protocolli di comunicazione	440
10.7.4. Sistemi BACS e risparmio energetico	443
10.7.5. Valutazione dei risparmi energetici ai fini della certificazione energetica degli edifici: la EN 15232	444
10.7.6. Progettazione energetica e sistemi BACS	447
11. IMPIANTI DA FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI	
11.1. Generalità	449
11.2. Fonti rinnovabili: quadro legislativo	459
11.2.1. Direttiva 2001/77/CE e DLgs 387/2003	462
11.2.2. Fonti rinnovabili: normativa tecnica	463
11.2.3. Fonti rinnovabili ed incentivi	467
11.3. Fonti rinnovabili ed architettura	470
11.4. Solare termico (energia termica)	471
11.4.1. Rendimento del collettore solare termico	475
11.4.2. Tipologie sistemi impiantistici solare termico	478
11.4.3. Componenti di un impianto solare termico	484
11.4.4. Applicazioni del sistema solare termico	495
11.4.5. Applicazioni speciali dell'energia solare termica	497
11.4.6. Criteri di massima per il dimensionamento degli impianti solare termico	500
11.4.7. Solar Cooling	516
11.4.8. Collettori solari ad aria (SolarWall®)	519
11.5. Pompa di calore geotermica (energia termica)	520
11.5.1. Caratteristiche generali	520
11.5.2. La pompa di calore geotermica	521
11.5.3. Componenti dell'impianto geotermico a pompa di calore	523
11.5.4. Impianti geotermici a pompa di calore con "sonda da suolo" ad inserimento verticale	527

11.5.5. Impianti geotermici a pompa di calore con campo a collettori orizzontali	527
11.5.6. Impianti geotermici a pompa di calore con collettori da fosso orizzontale	529
11.5.7. Impianti geotermici a pompa di calore con acqua sotterranea come sorgente primaria di calore	530
11.5.8. Sistema geotermico a pali energetici	532
11.5.9. Criteri dimensionali e cenni per il dimensionamento di un impianto geotermico a pompa di calore	532
11.5.10. Potenza di prelievo dal suolo: esaurimento della fonte	543
11.5.11. Pompe di calore geotermiche ad espansione diretta per raffreddare/riscaldare il gas	546
11.6. Biomasse	548
11.6.1. Dispositivi impiantistici per sfruttare le biomasse negli edifici ...	549
11.6.2. Il termo accumulo per le biomasse	551
11.6.3. Il camino o canna fumaria per gli impianti a biomasse	553
11.7. Fotovoltaico (energia elettrica)	554
11.8. Pannelli termico-fotovoltaici	560
11.9. Micro-eolico (energia elettrica)	561
11.10. Micro-idroelettrico(energia elettrica)	567
11.11. Cogenerazione (energia termica ed elettrica)	570
11.11.1. La trigenerazione o tri-cogenerazione	574
11.12. Celle ad idrogeno	576
11.12.1. La cella a combustibile	577
11.12.2. Vantaggi e svantaggi della tecnologia all'idrogeno	578

APPENDICE

Tabelle

A.1. Tabelle dati termo-fisici	583
A.2. Pressione di saturazione del vapore	587
A.3. Unità di misura	589
A.4. Tabelle di conversione e poteri calorifici combustibili	590
A.5. Consumi energetici	593
A.6. Interpolazione lineare	594

Glossario	595
-----------------	-----

Bibliografia	605
--------------------	-----

Sitografia	608
------------------	-----