RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO DEGLI EDIFICI

Prof. Arch. Mario GROSSO, II Facoltà d'Architettura,
Politecnico di Torino

PROGRAMMA

1. *CONCETTI, METODI E STRUMENTI*

IL CONTESTO ENERGETICO E NORMATIVO
- Andamento dei consumi in Europa e in Italia
- Politiche di riduzione degli impatti ambientali
- Normativa

LA PROGETTAZIONE BIOCLIMATICA
- Definizione e obiettivi della progettazione bioclimatica
- Archetipi bioclimatici
- Il clima come elemento di progetto
- Progettazione di sito in relazione al clima

2. *SISTEMI DI CLIMATIZZAZIONE ECOCOMPATIBILI*
- Sistemi solari per il riscaldamento
- Sistemi di raffrescamento passivo e ibrido
- Sistemi ibridi integrati e esempi applicativi

1a) IL CONTESTO ENERGETICO E NORMATIVO

SOMMARIO

Argomenti trattati:

- *Impatti ambientali dei processi energetici e contributo del settore edilizio; consumi energetici in Europa e in Italia.*
- *Il protocollo di Kyoto*
- *La Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico*
- *Il recepimento della Direttiva e i DLgs 192/05-311/07*

L'UTILIZZO DELL'ENERGIA IN EDILIZIA

A partire dalla Rivoluzione Industriale si è assistito ad una ininterrotta *crescita dei consumi di energia*, con il conseguente impatto ambientale:

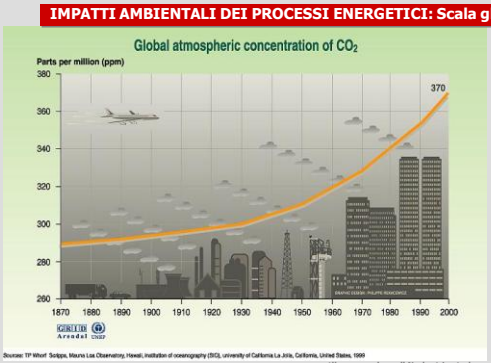
1 *Depauperamento delle risorse non rinnovabili* del pianeta.

2 *Emissioni in atmosfera dei gas serra* (in prevalenza CO_2), responsabili del tendenziale riscaldamento annuo del pianeta.

IMPATTI AMBIENTALI DEI PROCESSI ENERGETICI

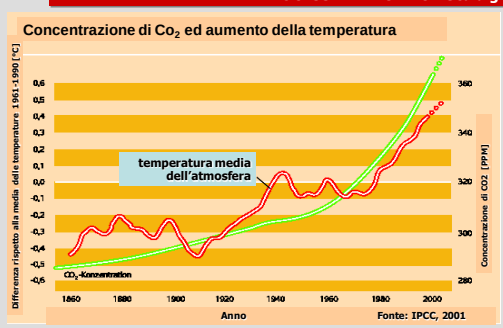


IMPATTI AMBIENTALI DEI PROCESSI ENERGETICI: Scala globale



per gentile concessione di Norbert Lantschner

IMPATTI AMBIENTALI DEI PROCESSI ENERGETICI: Scala globale



per gentile concessione di Norbert Lantschner

EFFETTI GEOMORFOLOGICI DEL RISCALDAMENTO GLOBALE DELL'ATMOSFERA

Il ghiacciaio del Grosglockner (3.798 m *s.l.m.*), Austria



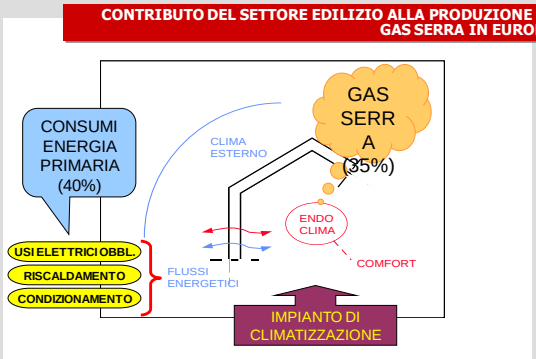
Anno 1900



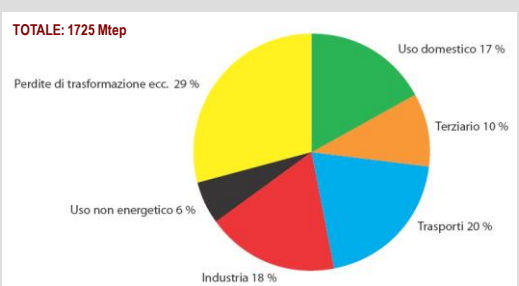
Anno 2000

per gentile concessione di Norbert Lantschner

CONTRIBUTO DEL SETTORE EDILIZIO ALLA PRODUZIONE DI GAS SERRA IN EUROPA



CONSUMO LORDO DI ENERGIA NELL'UE-25, 2005



Fonte: Libro verde sull'efficienza energetica, CE-DG TREN, 2005
(stima basata su bilanci energetici Eurostat)

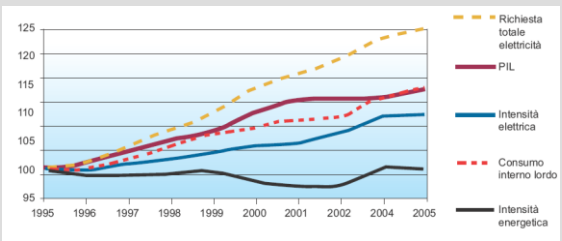
RISPARMI E CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA NEL SETTORE DOMESTICO, UE-15

	Risparmi di energia elettrica nel periodo 1992-2003 (TWh/anno)	Consumo nel 2003 (TWh/anno)	Consumo nel 2010 (applicando le politiche attuali) (TWh/anno)	Consumo nel 2010 Potenziale disponibile (con politiche integrative) (TWh/anno)
Lavatrici	10–11	26	23	14
Frigoriferi e congelatori	12–13	103	96	80
Forni elettrici	–	17	17	15,5
Stand-by	1–2	44	66	46
Illuminazione	1–5	85	94	79
Asciugatrici	–	13,8	15	12
Scaldabagno (39)	–	67	66	64
Condizionatori d'aria		5,8	8,4	6,9
Lavastoviglie	0,5	16,2	16,5	15,7
TOTALE	24,5–31,5	377,8	401,9	333,1

Fonte: Libro verde sull'efficienza energetica, CE-DG TREN, 2005
(dati da: Centro comune di ricerca, IES, Status report, 2004)

INTENSITÀ ENERGETICA IN ITALIA, 1995-2005

Variazioni % dell'intensità energetica e dell'intensità elettrica (Numeri indice 1995=100)



Fonte: ENEA, Rapporto energia e ambiente 2005

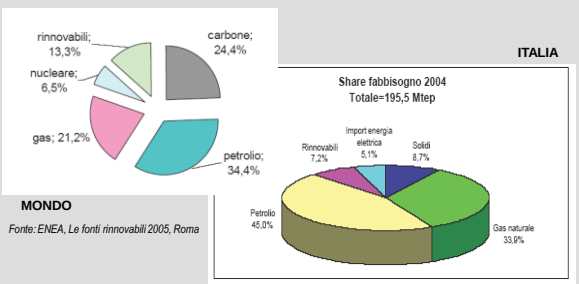
CONSUMI FINALI DI ENERGIA IN ITALIA PER SETTORE, 1990-2003

	1990		1995		2000		2001		2002		2003*	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Agricoltura e pesca	3.112	2,5	3.294	2,5	3.226	2,4	3.351	2,4	3.297	2,4	3.300	2,3
Industria	36.454	29,6	36.826	28,3	39.484	28,9	39.800	28,6	39.044	28,3	39.600	28,1
Trasporti	34.453	28,0	38.776	29,8	41.862	30,6	42.636	30,6	43.121	31,3	43.800	31,1
Terziario e residenziale	34.593	28,1	36.325	27,9	39.338	28,8	40.709	29,2	39.913	28,9	43.600	31,0
Usi non energetici**	11.972	9,7	12.316	9,5	10.126	7,4	10.002	7,2	9.502	6,9	7.200	5,1
Bunkeraggi	2.607	2,1	2.440	1,9	2.739	2,0	2.850	2,0	3.021	2,2	3.300	2,3
Totale impieghi finali	123.191	100,0	129.977	100,0	136.774	100,0	139.348	100,0	137.897	100,0	140.800	100,0
Consumi e perdite	2.055		1.453		2.946		4.187		3.456		4.600	
Generazione elettrica	38.210		41.159		45.484		44.304		46.203		47.500	
Disponibilità interna lorda	163.456		172.589		185.204		187.839		187.556		192.900	

* Dati provvisori
Fonte: elaborazione ENEA su dati MAP

CONTRIBUTO DELLE FONTI RINNOVABILI AL FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA

ITALIA

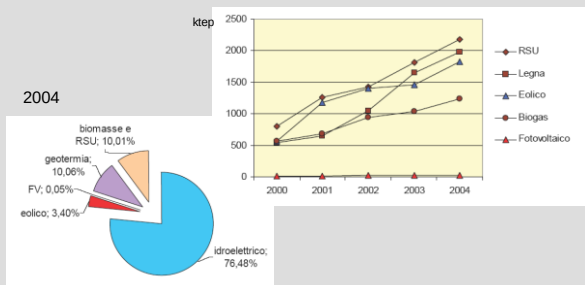


MONDO

Fonte: ENEA, Le fonti rinnovabili 2005, Roma

Fonte: MAP, Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020, Roma, 2005

PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI IN ITALIA, 2000-2004



Fonte: ENEA, Le fonti rinnovabili 2005, Roma

PENETRAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA

(In thousands of units)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	Actual	Actual	Actual	Actual	Projected	Forecast	Forecast	Forecast	Forecast
World total	**41,874**	**44,834**	***46,840**	**54,379**	**58,147**	**60,422**	**62,970**	**65,663**	**68,654**
Japan	7,791	8,367	7,546	7,307	7,679	7,500	7,500	7,500	7,500
Asia (excl. Japan)	13,897	16,637	*17,761	23,650	26,430	28,312	30,340	32,524	34,881
Middle East	1,673	1,730	*1,804	2,218	2,366	2,515	2,604	2,660	2,717
Europe	2,907	2,918	*3,412	4,359	4,799	5,087	5,382	5,694	6,118
North America	12,322	11,894	12,910	13,075	12,876	12,881	12,889	12,897	12,905
Central & South America	2,109	1,939	*2,036	2,243	2,331	2,418	2,473	2,530	2,592
Africa	664	758	700	814	850	885	915	944	978
Oceania	512	593	671	712	815	825	868	913	963

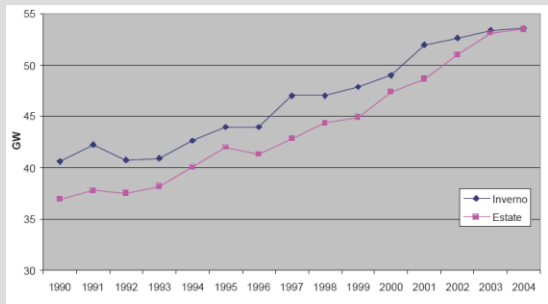
INCREMENTO DEI CONSUMI PER IL CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA

Unit: GWh	1990	1996	2010	2020
Austria	68,6	121,3	235,0	364,5
France	331,6	1782,1	5517,2	8975,5
Germany	155,9	672,4	1914,0	3197,3
Greece	208,8	1006,6	2281,3	3478,6
Italy	761,0	4494,1	5743,6	7033,9
Portugal	162,4	713,8	1806,8	2552,2
Spain	not av	2496,4	9366,4	15146,6
UK	120,0	446,0	1135,7	1783,8
Other E.U	119,6	443,5	1159,1	1897,7
Total E.U	1927,9	12176,2	29159,1	44430,2

INCREMENTO DELLE EMISSIONI DI CO_2 PER IL CONDIZIONAMENTO DELL'ARIA

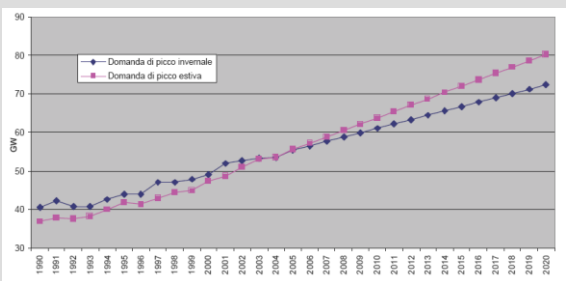
Unit: tonnes CO2	1990	1996	2010	2020
Austria	157	1 603	15 748	31 467
France	26 860	87 377	285 231	468 957
Germany	7 845	25 615	139 241	265 983
Greece	99 235	959 939	2 387 187	3 737 087
Italy	182 591	2 247 038	2 923 568	3 623 486
Portugal	147 358	358 099	1 038 841	1 519 546
Spain	n.a. (around 90 000)	1 124 255	4 381 826	7 130 489
UK	47 710	219 640	704 204	1 165 583
Other E.U	4 694	15 369	83 545	159 590
Total E.U	516 451 (606 451)	5 038 935	11 959 391	18 102 187

SISTEMA ELETTRICO ITALIANO: EVOLUZIONE STORICA DOMANDA DI PICCO, 1990-2004



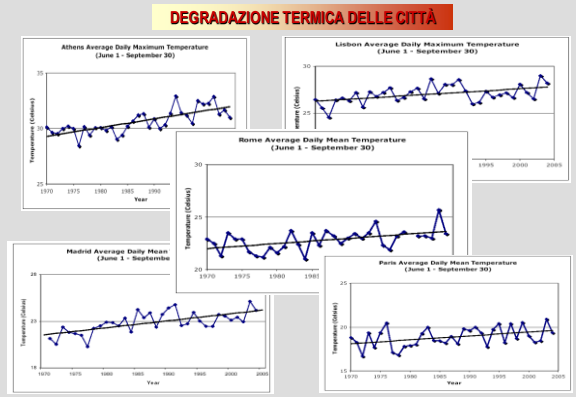
Fonte: MAP, Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020, Roma, 2005

SISTEMA ELETTRICO ITALIANO: PROIEZIONE DOMANDA ELETTRICA DI PICCO



Fonte: MAP, Scenario tendenziale dei consumi e del fabbisogno al 2020, Roma, 2005

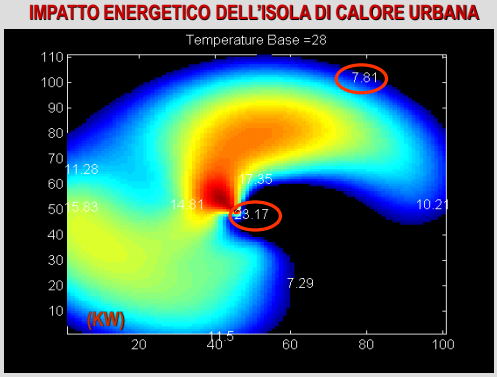
DEGRADAZIONE TERMICA DELLE CITTÀ



ISOLA DI CALORE URBANA



IMPATTO ENERGETICO DELL'ISOLA DI CALORE URBANA



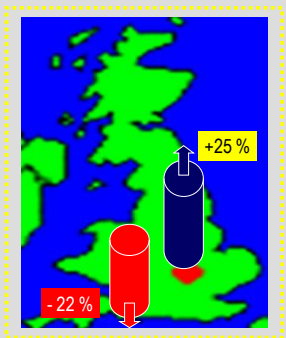
IMPATTO ENERGETICO DELL'ISOLA DI CALORE URBANA

LONDRA:

Aumento del fabbisogno di raffescamento del 25 %

Diminuzione del fabbisogno di riscaldamento del 22 %.

Diminuzione del potenziale di raffrescamento della ventilazione notturna del 55 %



Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

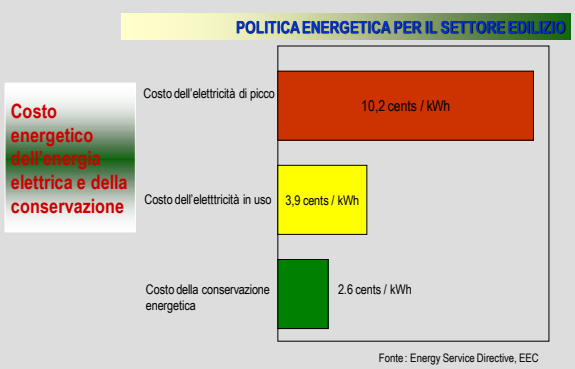
POLITICHE ENERGETICHE



Una politica di conservazione energetica può sostituire la costruzione di diverse centrali elettriche

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

POLITICA ENERGETICA PER IL SETTORE EDILIZIO



Fonte : Energy Service Directive, EEC

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

IL PROTOCOLLO DI KYOTO

ITALIA
-6,5%

paese	riduzione emissioni
Belgio	-7,5%
Danimarca	-21,0%
Germania	-21,0%
Grecia	25,0%
Spagna	15,0%
Francia	0,0%
Irlanda	13,0%
Italia	-6,5%
Lussemburgo	-28,0%
Paesi Bassi	-6,0%
Austria	-13,0%
Portogallo	27,0%
Finlandia	0,0%
Svezia	4,0%
Regno Unito	-12,5%

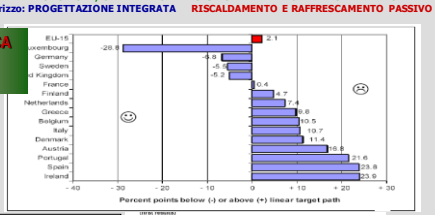
Riduzione delle emissioni di CO_2 entro il 2012 (rispetto al 1990)

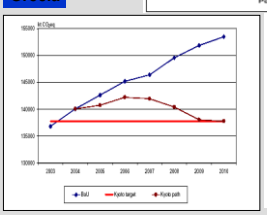
Ciascun paese ha impegni proporzionali alle proprie potenzialità

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

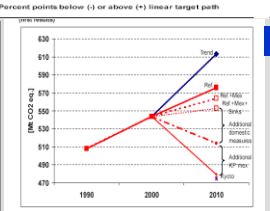
POLITICA ENERGETICA PER IL SETTORE EDILIZIO

Grecia





Italia



Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

LA DIRETTIVA 2002/91/CE

Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002

sul rendimento energetico nell'edilizia

Considerazioni preliminari:

- **L'energia impiegata nel settore residenziale e terziario, rappresenta il 40 % del consumo finale di energia (per gli usi di climatizzazione, ventilazione, acqua calda ed elettrici) della Comunità**
- **L'aumento del rendimento energetico è intervento necessario per conformarsi al protocollo di Kyoto**
- **La necessità di introdurre un documento di trasparenza delle prestazioni energetiche sul mercato edilizio comunitario**

LA DIRETTIVA 2002/91/CE

Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002

sul rendimento energetico nell'edilizia

Principali articoli

ARTICOLO 1 ***OBIETTIVO***

L'obiettivo della presente direttiva è **promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici della Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche** esterne, nonchè delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni **e l'efficacia sotto il profilo dei costi**. [...].

ARTICOLO 3 ***ADOZIONE DI UNA METODOLOGIA***

Gli Stati membri applicano a livello nazionale e regionale **una metodologia di calcolo del rendimento energetico**, sulla base del quadro generale di cui all'allegato *[...] (allegato).*

ARTICOLO 4 ***FISSAZIONE DEI REQUISITI DI RENDIMENTO ENERGETICO***

Gli Stati menbri possono **distinguere tra edifici già esistenti e quelli di nuova costruzione**, nonchè diverse categorie di edifici. [...]

LA DIRETTIVA 2002/91/CE

ARTICOLO 7 ***ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA***

1. Gli Stati membri provvedono a che, in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, **l'attestato di certificazione energetica sia messo a disposizione del proprietario** o che questi lo metta a disposizione del futuro acquirente o locatario, a seconda dei casi. La validitàdell'attestato è di dieci anni al massimo.
2. **L'attestato di certificazione energetica degli edifici** comprende dati di riferimento, quali i valori vigenti a norma di legge e i valori riferimento, che **consentano ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio**. L'attestato è corredato di raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici

LA DIRETTIVA 2002/91/CE

ALLEGATO **QUADRO GENERALE PER IL CALCOLO DEL RENDIMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI (art.3)**

1. **Il metodo di calcolo del rendimento energetico degli edifici deve comprendere almeno i seguenti aspetti:**
   a) caratteristiche termiche dell'edificio (murature esterne e divisioni interne, ecc);
   b) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda, comprese le relative caratteristiche di coibentazione;
   c) sistema di condizionamento d'aria;
   d) ventilazione;
   e) impianto di illuminazione incorporato (principalmente per il settore non residenziale);
   f) posizione ed orientamento degli edifici, compreso il clima esterno;
   g) sistemi solari passivi e protezione solare;
   i) qualità climatica interna, incluso il clima degli ambienti interni progettato.

2. **Occorre tenere conto dei vantaggi derivanti dalle seguenti opzioni:**
   a) sistemi solari attivi ed altri impianti di generazione di calore ed elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili;
   b) sistemi di cogenerazione dell'elettricità;
   c) sistemi di riscaldamento e condizionamento a distanza (complesso di edifici/condomini);
   d) illuminazione naturale.

RECEPIMENTO DIRETTIVA 2002/91/CE

In Italia il *Decreto di recepimento* della Direttiva è di recente stato approvato dal Parlamento nell'agosto 2005

D.Lgs. 192/05 modificato con D.Lgs. 311/07

Principali contenuti:

- **Fa propri i principi della Direttiva;**
- **Impone *criteri progettuali per il risparmio energetico (50% solare per acqua igienico-sanitaria; schermi solari per SLP > 1000 m²; massa pareti esterne > 230 kg/m², esclusa zona F; obbligo sisitemi fotovoltaici)***
- **Obbliga alla *certificazione energetica* (già prevista peraltro dalla L.10/91);**
- **Fissa *indici minimi di prestazione* energetica per unità tecnologiche in funzione della zona climatica;**

Le normative di supporto:

- **Attualmente coprono *solo il fabbisogno di riscaldamento* (UNI EN 832 e UNI EN 13790);**
- ***Metodologie di calcolo con struttura comune a livello comunitario* (in corso di elaborazione da parte del CEN – *pr ISO 13790*);**

D.Lgs. 311/07

Valori limite attuali per il fabbisogno di energia primaria **annuo per unità di superficie utile di pavimento (edifici residenziali)**

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0,9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

Nota: i valori sono espressi in KWh/m² anno

D.Lgs. 311/07

Valori limite futuri per il fabbisogno di energia primaria **annuo per unità di superficie utile di pavimento (edifici residenziali)**

Tabella 1.2 Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2008, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m² anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	9,5	9,5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥0,9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

Tabella 1.3 Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m² anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
≥0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Nota: i valori sono espressi in KWh/m² anno

D.Lgs. 311/07

Valori limite attuali per il fabbisogno di energia primaria **annuo per unità di superficie utile di pavimento (edifici non residenziali)**

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	2,5	2,5	4,5	4,5	7,5	7,5	12	12	16	16
≥0,9	11	11	17	17	23	23	30	30	41	41

Nota: i valori sono espressi in KWh/m³ anno

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

D.Lgs. 311/07

Valori limite futuri per il fabbisogno di energia primaria **annuo per unità di superficie utile di pavimento (edifici non residenziali)**

Tabella 2.2 Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2008, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m³ anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	2,5	2,5	4,5	4,5	6,5	6,5	10,5	10,5	14,5	14,5
≥0,9	9	9	14	14	20	20	26	26	36	36

Tabella 2.3 Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale espresso in kWh/m³ anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	fino a 600 GG	*a 601 GG*	*a 900 GG*	*a 901 GG*	*a 1400 GG*	*a 1401 GG*	*a 2100 GG*	*a 2101 GG*	*a 3000 GG*	*oltre 3000 GG*
≤0,2	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
≥0,9	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

Nota: i valori sono espressi in KWh/m³ anno

Camerino, 9 e 10 marzo 2007 mario.grosso@polito.it

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

D.Lgs. 311/07

Valori limite della trasmittanza termica **degli elementi tecnici d'involucro opachi**

Chiusure verticali opache

Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Chiusure superiori opache

Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

Camerino, 9 e 10 marzo 2007 mario.grosso@polito.it

Master univ. I liv. PRODUZIONE, UTILIZZAZIONE E GESTIONE DI ENERGIE DA FONTI RINNOVABILI
2° Corso – Indirizzo: PROGETTAZIONE INTEGRATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO PASSIVO

D.Lgs. 311/07

Valori limite della trasmittanza termica **degli elementi tecnici d'involucro trasparenti**

chiusure trasparenti

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m²K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

vetri

Tabella 4b. Valori limite della trasmittanza centrale termica U dei vetri espressa in W/m²K

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m²K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m²K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m²K)
A	5,0	4,5	3,7
B	4,0	3,4	2,7
C	3,0	2,3	2,1
D	2,6	2,1	1,9
E	2,4	1,9	1,7
F	2,3	1,7	1,3

Camerino, 9 e 10 marzo 2007 mario.grosso@polito.it