

UNI EN 16798-1:2019

Prestazione energetica degli edifici

Ventilazione per gli edifici

Parte 1: Parametri di ingresso dell'ambiente interno per la progettazione e la valutazione della prestazione energetica degli edifici in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica Modulo M1-6.

Questa Norma sostituisce la precedente UNI EN 15251:2008.

Nonostante il documento sia nato principalmente per il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio, secondo la famiglia di norma EPB, la norma definisce di fatto i parametri per la progettazione del sistema edificio ai fini di ottenere specifiche prestazioni:

- Termoigrometriche
- di qualità dell'aria interna (IAQ)
- di illuminazione
- acustiche

La norma dà soprattutto grande risalto alle prime 2 specifiche prestazionali, in alcuni casi proponendo dei metodi alternativi ad alcune normative nazionali vigenti (es. UNI 10339:1995).

Nonostante questo, la norma è una delle più importanti a livello Europeo in quanto consente una armonizzazione e comparazione delle normative nazionali di tutti i paesi, in base ad una specifica Appendice A contenuta nel documento stesso.

Per alcuni metodi di calcolo utilizzati, il documento fa riferimento all'altra norma della stessa famiglia, ovvero la **UNI EN 16798-2 – Interpretazione dei requisiti della norma 16798-1**.

In questo documento vengono definiti i requisiti minimi di ventilazione per edifici Residenziali e NON-Residenziali secondo:

- n° 4 **Categorie** di prestazione (basate sulla percentuale di Occupanti Insoddisfatti)
- n° 3 **Livelli di Edificio** (basati sull'emissione interna di VOC e altri inquinanti)
- n° 2 **Tipi di occupanti** (Adapted o Non-Adapted)
- n° 3 **Metodi di calcolo**
- n° 4 **livelli di riferimenti di concentrazione CO₂** ammessa

Circa le Categorie, per la ventilazione dell'aria, viene suggerita la seguente classificazione

Categoria	Percentuale insoddisfatti prevista
I	Molto bassa
II	Bassa
III	Media
IV	Elevata

La norma poi identifica i seguenti 3 **Livelli di Edificio** sulla base del livello di emissione di inquinante intera (o indoor) allo stesso.

Livello	Descrizione
LPB-1	Edificio ad emissione di inquinanti indoor molto bassa
LPB-2	Edificio ad emissione di inquinanti indoor bassa
LPB-3	Edificio ad emissione di inquinanti indoor non bassa

Il livello di emissione è legato al tipo di materiale utilizzato per la costruzione e gli arredi interni (ad esempio a bassa emissione di VOC e/o formaldeide).

La norma suggerisce anche 2 Tipi di occupanti (rif. Par. 6.3.2.2) così definiti

Occupante	Descrizione	Applicazione tipica
Adapted	Occupante la cui qualità dell'aria percepita si è abituata o assuefatta ad alcuni contaminanti a causa della continua e ripetuta presenza in ambienti in cui gli altri occupanti non cambiano spesso.	Residenziale
Non-Adapted	Occupante la cui qualità dell'aria percepita è sensibile a tutti i contaminanti a causa della sua presenza discontinua nell'ambiente o per la variazione degli altri occupanti	Non Residenziale

Il Paragrafo 6.3.2 descrive invece i seguenti 3 **Metodi** per determinare la portata di aria necessaria per conseguire il livello di soddisfazione desiderato (**Categoria**) sulla base degli **Livello di edificio** e del tipo di **Occupante**

Metodo	Descrizione	Paragrafo
1	Metodo basato sulla qualità dell'aria percepita	6.3.2.2
2	Metodo basato su concentrazioni limite di una sostanza	6.3.2.3
3	Metodo basato su valori predefiniti di portata dell'aria	6.3.2.4

Il **Metodo 1** determina la portata d'aria necessaria sulla base degli occupanti e dell'ambiente occupato secondo la seguente formula:

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A_R \cdot q_B$$

dove:

q_{tot} = portata totale di aria di rinnovo per l'ambiente considerato [l/s]

n = numero di occupanti previsto da progetto per l'ambiente considerato

q_p = portata d'aria per persona ad ambiente considerato quando occupato [l/s]

A_R = superficie dell'ambiente considerato [m]

q_B = portata d'aria per l'emissione di inquinanti indoor, per superficie dell'ambiente considerato [l/s]

Il **Metodo 2** determina la portata dell'aria necessaria sulla base della concentrazione di una sostanza specifica emessa nell'ambiente e rimossa tramite l'aria esterna, secondo la seguente formula:

$$Q_h = \frac{G_h}{C_{h,i} - C_{h,o}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_v}$$

dove:

Q_h = portata di aria esterna [m³/s] richiesta per la diluizione della sostanza specifica

G_h = tasso di produzione della sostanza all'interno dell'ambiente considerato [μg/s]

$C_{h,i}$ = concentrazione voluta della sostanza all'interno dell'ambiente considerato [μg/m³]

$C_{h,o}$ = concentrazione della sostanza nell'aria esterna immessa nell'ambiente considerato [μg/m³]

ε_v = efficienza di ventilazione/diluizione

Qualora:

- l'efficienza di ventilazione ε_v sia assunta pari a 1 (tramite una corretta distribuzione/miscelazione dell'aria immessa)
- la sostanza presa a riferimento sia la CO₂ (i cui valori di concentrazione sono misurati normalmente in ppm – parti per milione),
- l'emissione di CO₂ in ambiente sia legata alla sola respirazione/metabolismo degli occupanti

la formula può essere trasformata nella seguente:

$$q_{tot} = \frac{n \cdot G_p \cdot 10^6}{(CO_{2\ SP} - CO_{2\ EXT}) \cdot 3600}$$

dove:

q_{tot} = portata d'aria esterna [l/s] richiesta per la diluizione del CO₂

n = numero di occupanti presenti nell'ambiente considerato

G_p = portata di CO₂ emessa [l/h] da ciascun occupante

$CO_{2\ SP}$ = concentrazione [ppm] di CO₂ desiderata (o di SetPoint) per l'ambiente considerato

$CO_{2\ EXT}$ = concentrazione [ppm] di CO₂ nell'aria esterna immessa nell'ambiente considerato

Infine, il **Metodo 3** determina la portata di aria necessaria sulla base di semplici tabelle prescrittive, che possono essere basate sulla sola superficie dell'ambiente o sul solo numero degli occupanti, in base alla Categoria desiderata e/o del Livello dell'edificio.

Tutti e 3 i metodi rimandano a coefficienti, valori e tipologie di edifici che ciascun paese della Comunità Europea può definire per il proprio territorio, seguendo le raccomandazioni e la struttura descritta nell'**Appendice A** della norma stessa.

APPENDICE B

Qualora un Paese non avesse definito dei propri valori, la norma rimanda i calcoli a quanto indicato nell'**Appendice B** (informativa) applicando i 3 metodi descritti nella norma stessa.

Metodo 1

Circa il **Metodo 1**, l'Appendice B suggerisce due importanti tabelle, ossia:

- la **tabella B.6** che indica la q_p (portata d'aria per persona ad ambiente considerato quando occupato [l/s]), sulla base delle 4 Categorie corrispondenti a diverse percentuali di insoddisfatti.

Tabella B.6 – UNI EN 16798-1:2019

Categoria	Percentuale insoddisfatti prevista [%]	Portata d'aria per persona q_p [l/(s per persona)]
I	15	10
II	20	7
III	30	4
IV	40	2,5

- la **tabella B.7**, che indica il valore q_B (portata d'aria per l'emissione di inquinanti indoor, per superficie dell'ambiente considerato [l/s]) sulla base dei 3 Livelli di edificio e delle 4 Categorie:

Tabella B.7 – UNI EN 16798-1:2019

Categoria	q_B [l/(s m ²)] per Edificio ad emissione di inquinanti indoor molto bassa - LPB-1	q_B [l/(s m ²)] per Edificio ad emissione di inquinanti indoor bassa LPB-2	q_B [l/(s m ²)] per Edificio ad emissione di inquinanti indoor non bassa LPB-3
I	0,50	1,00	2,00
II	0,35	0,70	1,40
III	0,20	0,40	0,80
IV	0,15	0,30	0,60

Tramite i valori indicati nelle 2 tabelle è quindi possibile calcolare, nei diversi casi, l'equazione

$$q_{tot} = n \cdot q_p + A_R \cdot q_B$$

L'appendice B, nell'applicazione del Metodo 1, indica in ogni caso di non selezionare mai una q_{tot} inferiore ai 4l/s per persona.

Metodo 2

Circa il **Metodo 2**, l'Appendice B suggerisce la **tabella B.9** nella quale vengono definiti i valori di ΔCO_2 (ossia la differenza tra la concentrazione di $CO_{2\ SP}$ desiderata nell'ambiente e la $CO_{2\ EXT}$ dell'aria esterna),

Tabella B.9 – UNI EN 16798-1:2019

Categoria	Corrispondente concentrazione CO_2 oltre quella esterna $\Delta CO_2 = CO_{2\ SP} - CO_{2\ EXT}$ [ppm]
I	550
II	800
III	1350
IV	1350

I valori indicati dalla tabella fanno riferimento a persone "non-adapted", assumendo una G_p (portata di CO_2 emessa [l/h] da ciascun occupante) pari a 20 l/h, sulla base delle indicazioni contenute nello standard UNI EN 16798-2.

Con queste stesse assunzioni e considerando l'efficienza di ventilazione e_v pari a 1, la formula per il calcolo della portata dell'aria di rinnovo diventa:

$$q_{tot} [l/s] = \frac{n \cdot 5.556 \left[ppm \cdot l/s \right]}{\Delta CO_2 [ppm]}$$

dove:

- q_{tot} = portata d'aria esterna [l/s] richiesta per la diluizione del CO_2
- n = numero di occupanti presenti nell'ambiente considerato

Metodo 3

Infine, circa il **Metodo 3**, l'Appendice B suggerisce la **tabella B.10** nella quale vengono definiti i valori di q_p (portata d'aria per persona [l/s]) e di q_B (portata d'aria per superficie dell'ambiente considerato [l/s]) che possono essere alternativamente utilizzati.

Tabella B.10 – UNI EN 16798-1:2019

Categoria	Portata d'aria per persona q_p [l/s per persona]	Portata d'aria per superficie q_B [l/(s m ²)]
I	20,00	2,00
II	14,00	1,40
III	8,00	0,80
IV	5,50	0,55

La q_{tot} (portata totale di aria di rinnovo per l'ambiente considerato [l/s]) potrà quindi essere determinata o moltiplicando il valore q_p per il numero di occupanti previsti da progetto, oppure moltiplicando il valore q_B per la superficie dell'ambiente.

APPENDICE A

Al momento della redazione di questo documento non è stata ancora pubblicata la versione nazionale Italiana per l'Appendice A. In ogni caso, a solo titolo informativo, la bozza di documento attualmente in esame da parte delle commissioni competenti, prevede solo 3 Categorie e per gli ambienti scolastici sono in esame i seguenti parametri di riferimento per i 3 metodi sopra descritti:

Metodo 1 – bozza Appendice A nazionale

La portata di aria di rinnovo q_{tot} non può mai essere inferiore ai 4 l/(s x persona) e viene calcolata tramite i valori di q_p (portata d'aria per persona ad ambiente considerato quando occupato [l/s]) e q_B (portata d'aria per l'emissione di inquinanti indoor, per superficie dell'ambiente considerato [l/s]) riassunti nella seguente tabella:

Edificio	Tipologia ambiente	Categoria	Portata q_p [l/(s per persona)]	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-1	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-2	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-3
Uffici	Uffici	I	8,50	0,25	0,50	1,00
		II	7,50	0,20	0,40	0,80
		III	5,50	0,15	0,30	0,60
	Open space e sale meeting	I	8,50	0,35	0,70	1,40
		II	7,00	0,30	0,60	1,20
		III	5,00	0,20	0,40	0,80
	Call Centers	I	8,50	0,40	0,80	1,60
		II	7,00	0,35	0,70	1,40
		III	5,00	0,25	0,50	1,00

Edificio	Tipologia ambiente	Categoria	Portata q_p [l/(s per persona)]	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-1	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-2	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-3
Ospedali	Camere da letto, reparti, sale diagnostiche ed per esami	I	11,50	0,25	0,50	1,00
		II	10,00	0,20	0,40	0,80
		III	8,70	0,15	0,30	0,60
	Ambulatori	I	11,50	0,50	1,00	2,00
		II	10,00	0,40	0,80	1,60
		III	8,70	0,30	0,60	1,20
	Sale di attesa	I	11,50	0,38	0,75	1,50
		II	10,00	0,30	0,60	1,20
		III	8,70	0,23	0,45	0,90
Luoghi pubblici	Auditorium, cinema, teatri, musei, luoghi espositivi, chiese	I	8,75	0,25	0,50	1,00
		II	7,00	0,20	0,40	0,80
		III	5,25	0,15	0,30	0,60
	Biblioteche, Sale di Lettura	I	8,75	0,32	0,63	1,26
		II	7,00	0,25	0,50	1,00
		III	5,25	0,15	0,30	0,60
	Sale da gioco, Sale scommesse	I	8,75	0,38	0,75	1,50
		II	7,00	0,30	0,60	1,20
		III	5,25	0,23	0,45	0,90
	Sale da ballo, Discoteche	I	18,75	0,69	1,38	2,76
		II	15,00	0,55	1,10	2,20
		III	11,25	0,42	0,83	1,66
Luoghi com- merciali	Negozi di alimentari, lavanderie, farmacie	I	0,50	1,00	1,00	2,00
		II	0,40	0,80	0,80	1,60
		III	0,30	0,60	0,60	1,20
	Barbieri e Saloni di bellezza	I	0,30	0,60	0,60	1,20
		II	0,25	0,50	0,50	1,00
		III	0,20	0,40	0,40	0,80
	Tutti gli altri negozi al dettaglio, Grandi magazzini, Supermercati	I	0,25	0,50	0,50	1,00
		II	0,20	0,40	0,40	0,80
		III	0,15	0,30	0,30	0,60
Ristoranti	Ristoranti, Caffetterie e Bar	I	8,75	0,63	1,25	3,00
		II	7,00	0,50	1,00	2,00
		III	5,25	0,38	0,75	1,50

Edificio	Tipologia ambiente	Categoria	Portata q_p [l/(s per persona)]	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-1	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-2	q_B [l/(s m ²)] per Edificio LPB-3
Scuole	Asili Nido e Scuole Materne	I	7,50	0,63	1,25	2,50
		II	6,00	0,50	1,00	2,00
		III	4,50	0,38	0,75	1,50
	Scuole Primarie, Secondarie di I e II livello, aule Universitarie, Laboratori e Aule insegnanti	I	7,50	0,32	0,63	1,26
		II	6,00	0,25	0,50	1,00
		III	4,50	0,19	0,38	0,76
	Biblioteche e Sale lettura	I	6,90	0,32	0,63	1,26
		II	5,50	0,25	0,50	1,00
		III	4,10	0,19	0,38	0,76
	Aule/laboratori musicali e linguistici	I	6,90	0,19	0,38	0,76
		II	5,50	0,15	0,30	0,60
		III	4,10	0,12	0,23	0,46
Sport	Palestre al coperto - zona di gioco	I	6,25	0,38	0,75	1,50
		II	5,00	0,30	0,60	1,20
		III	3,75	0,23	0,45	0,90
	Palestre al coperto - aree per gli spettatori	I	8,75	0,25	0,75	1,00
		II	7,00	0,20	0,40	0,80
		III	5,25	0,15	0,30	0,60
	Piscine ed aree piscina	I	8,75	0,38	0,75	1,50
		II	7,00	0,30	0,60	1,20
		III	5,25	0,23	0,45	0,90
	Spogliatoi per aree sportive	I	8,75	0,19	0,38	0,76
		II	7,00	0,15	0,30	0,60
		III	5,25	0,12	0,23	0,46
Varie	Corridoi e Aule di servizio	I	10,00	0,50	1,00	2,00
		II	7,00	0,35	0,70	1,40
		III	4,00	0,20	0,40	0,80

I valori di q_p sono riferiti ad occupanti "non-adapted".

Inoltre, sono definiti i requisiti per i locali speciali quali:

- Bagni/toilette = estrazione aria pari a 4 l/s se continua, o 8 l/s se attivata da sensore di presenza
- Stanze dedicate esclusivamente a stampanti e fotocopiatrici = estrazione aria minima pari a 8 l/s
- Laboratori di Chimica e Biologia = estrazione aria minima pari a 5 l/s

Metodo 2 – bozza Appendice A nazionale

I valori di riferimenti per il calcolo della portata dell'aria Qh devono essere ricavati sulla base della seguente tabella

Inquinanti		Categoria		
		I	II	III
Unità di misura				
ΔCO_2	ppm	≤ 550	≤ 800	≤ 1350
CO	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 2000	≤ 3000	≤ 5000
PM10	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 10	≤ 15	≤ 25
PM2.5	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 5	$\leq 7,5$	$\leq 12,5$
Ozono	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 20	≤ 30	≤ 50
VOC totali	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 100	≤ 150	≤ 250
Radon	($\mu\text{g m}^{-3}$) media annuale	≤ 100	≤ 150	≤ 200

Per persone "non-adapted" e assumendo una emissione di CO2 per persona pari a 20 l/(h per persona).

Metodo 3 – bozza Appendice A nazionale

L'attuale bozza di documento non prevede l'applicazione di questo metodo.

Note finali

L'attuale bozza di Appendice A nazionale prevede che, indipendentemente dal Metodo di calcolo utilizzato, in tutti gli edifici non residenziali:

- In caso di spegnimento dell'impianto (shut off) il sistema deve garantire ricambio dell'aria negli ambienti di almeno 1 vol/h almeno nelle 2 ore precedenti l'occupazione dei locali.
- In caso di ventilazione ridotta, ad esempio per la non occupazione temporanea del locale, la portata di aria di rinnovo per la diluizione degli inquinanti emessi dall'edificio deve essere di almeno 0,15 l/(s m²)

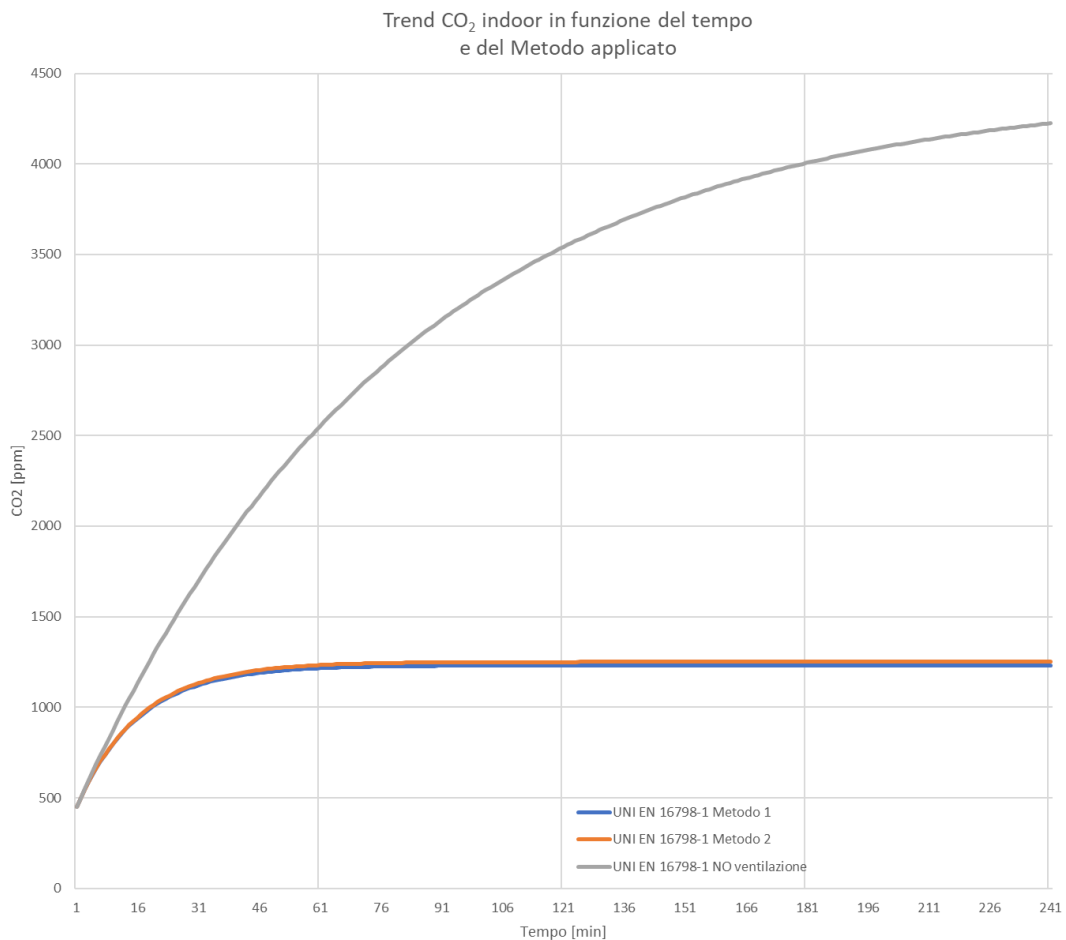
Allo stato attuale delle cose, a solo titolo di esempio, per un'aula scolastica con le seguenti caratteristiche:

- Scuola Primaria
- Superficie = 56 m²
- Altezza = 3 m
- Numero occupanti (studenti, insegnanti, personale ausiliario) = 25
- Categoria = II
- Livello Edificio = LPB-2
- Concentrazione CO₂ EXT = 450 ppm

Le portate d'aria di rinnovo totale q_{tot} , calcolate secondo i 2 Metodi ammessi dall'Appendice A nazionale Italiana sono:

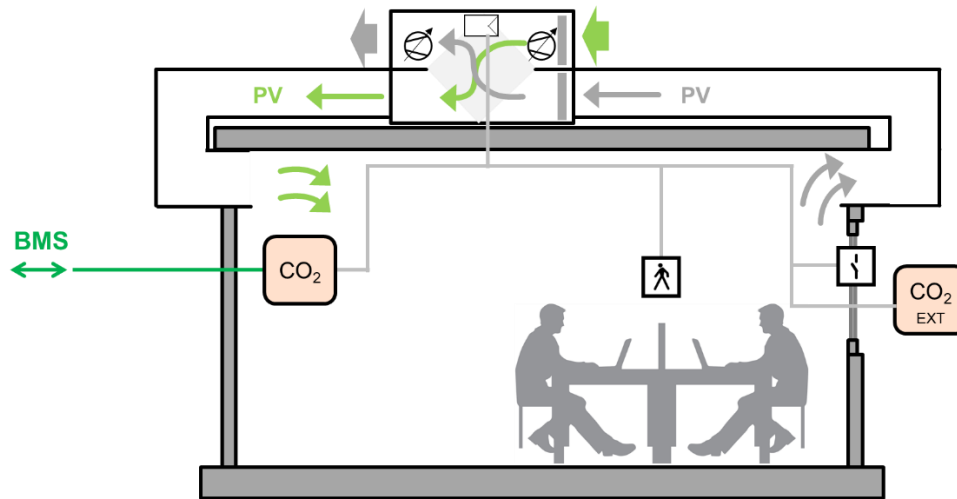
- q_{tot} Metodo 1 = 641 m³/h
- q_{tot} Metodo 2 = 625 m³/h

La variazione nel tempo della concentrazione di CO₂ nell'ambiente, secondo il modello di calcolo della norma UNI EN 16798-2, sarebbe il seguente



La linea grigia rappresenta l'andamento, calcolato sempre con lo stesso modello di calcolo, se nell'ambiente la ventilazione fosse affidata esclusivamente ad al trafilamento e all'aerazione naturale in grado di produrre un ricambio medio pari 0.8 vol/h

Un impianto di VMC con unità di ventilazione per la singola zona (impianto mono-zona) potrebbe avere il seguente schema funzionale



Un impianto di VMC con unità di ventilazione centralizzato per più aule (impianto multi-zona) potrebbe avere il seguente schema funzionale

