

Il calcestruzzo per edifici confortevoli ed energeticamente efficienti



Federbeton

Federazione delle associazioni della filiera del cemento e del calcestruzzo armato

COPYRIGHT:

Traduzione e pubblicazione: FEDERBETON, Ottobre 2009

Editore: PUBBLICAMENTO S.r.l.

Tutti i diritti sono riservati.

La riproduzione e la trasmissione in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo, elettronico o meccanico, comprese fotocopie, registrazioni o altro tipo di sistema di memorizzazione o consultazione dei dati sono assolutamente vietate senza previo consenso scritto di FEDERBETON.

FEDERBETON dichiara che tutte le informazioni contenute nel presente testo sono corrette e aggiornate al momento della sua pubblicazione e sono riportate in buona fede.

La loro divulgazione non comporta alcuna responsabilità per i soci della federazione. Nonostante gli sforzi compiuti in tal senso FEDERBETON non garantisce l'esattezza e l'eshaustività delle informazioni. Eventuali errori, se segnalati, saranno tempestivamente corretti.

Il presente testo riflette le opinioni degli autori e FEDERBETON non si assume la responsabilità di quanto riportato. Tutte le indicazioni e le informazioni fornite da Federbeton sono destinate a coloro che sono in grado di valutare il significato e i limiti del contenuto dell'opera e di assumersi la responsabilità della loro applicazione pratica. Non si assume, pertanto, alcuna responsabilità (neppure per casi di negligenza) per eventuali danni derivanti da tali indicazioni o informazioni.

I lettori devono essere consapevoli del fatto che tutte le pubblicazioni edite da Federbeton sono soggette a revisione periodica e, pertanto, sono tenuti ad accertare che la versione in loro possesso sia la più recente.

RINGRAZIAMENTI:

FEDERBETON ringrazia l'ingegner Fabio Miseri e l'AITEC (l'Associazione Italiana Tecnico Economica del Cemento) per il contributo fornito alla realizzazione della versione in lingua italiana.

Immagine di copertina:

Edificio per laboratori dell'Università di Graz.

Progetto architettonico: DI Ernst Giselbrecht, Graz.

Progetto strutturale: Rinderer & Partner ZT KEG, Graz.

Il calcestruzzo per edifici confortevoli ed energeticamente efficienti

Francesco Biasioli - Politecnico di Torino, Italia • Mats Öberg - NCC Construction Sweden AB, Svezia

SOMMARIO

Un materiale pesante come il calcestruzzo è in grado di immagazzinare una grande quantità di calore dalle fonti esterne disponibili, come ad esempio i raggi solari e il riscaldamento.

Il calcestruzzo può contemporaneamente ridurre il consumo di energia e migliorare il confort termico.

Un gruppo di lavoro organizzato dalle tre principali organizzazioni che si occupano delle costruzioni in calcestruzzo (CEMBUREAU, BIBM, ERMCO) ha valutato e documentato i vantaggi degli edifici realizzati con materiali “pesanti”.

Considerando i differenti climi europei, sono stati eseguiti dei calcoli sul bilancio energetico di edifici realizzati con materiali pesanti e leggeri, sia per edifici residenziali che ad uso ufficio.

I risultati evidenziano che gli edifici residenziali costruiti con materiali pesanti, richiedono un consumo di energia per il riscaldamento inferiore del 2-7% rispetto a quelli costruiti con materiali leggeri.

Nell’arco del ciclo di vita ciò determina un impatto significativo sia dal punto di vista economico che ambientale.

Quando è richiesto il raffrescamento, i risparmi di energia sono anche maggiori e in molti edifici costruiti con materiale pesante, si può perfino evitare l’utilizzo degli impianti di condizionamento.

Tali vantaggi possono essere ulteriormente aumentati se l’effetto della massa termica è tenuto in opportuna considerazione durante la progettazione di un edificio.

E’ stato compilato un database che contiene informazioni sul ruolo del calcestruzzo negli edifici energeticamente efficienti, con una raccolta di alcuni esempi.

Parole chiavi: prestazione energetica, massa termica, stabilità termica



INTRODUZIONE

E' noto come la massa termica possa avere un'influenza positiva sull'utilizzo dell'energia e sul comfort termico degli edifici.

Obiettivo di questo articolo è di quantificarne l'effetto e chiarire così come utilizzare le proprietà del calcestruzzo correlate all'uso dell'energia negli edifici.

Il lavoro è stato sviluppato da un gruppo di lavoro di CEMBUREAU con la partecipazione di rappresentanti delle associazioni europee BIBM (elementi prefabbricati in calcestruzzo) ed ERMCO (calcestruzzo preconfezionato). Il meccanismo è rappresentato nella (Figura 1).

Il calore che proviene da tutte le fonti disponibili invece di essere rimosso viene immagazzinato dall'edificio e può essere utilizzato successivamente. Per un edificio si tratta principalmente di un ciclo sulle 24 ore, ma si può verificare anche un immagazzinamento di tipo stagionale.

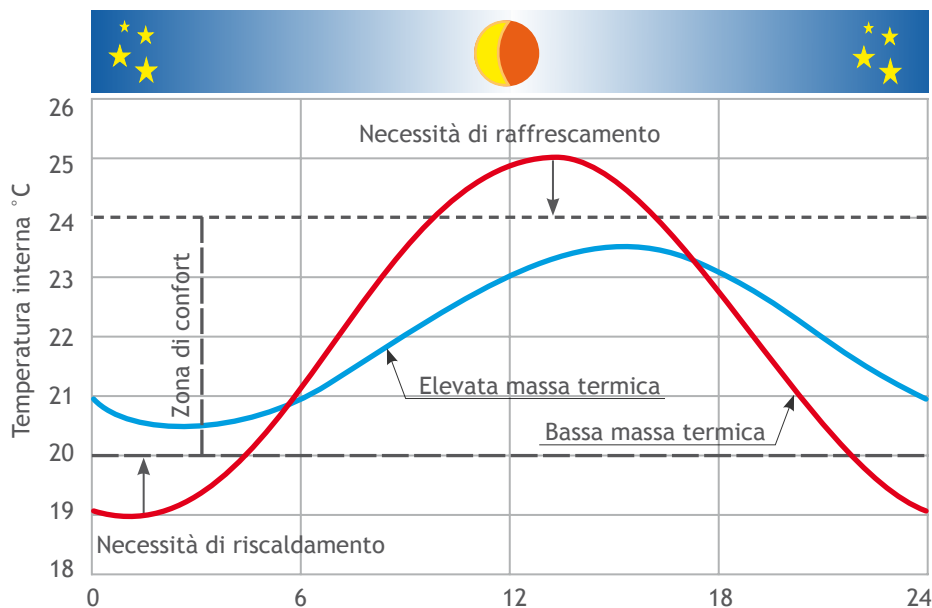


Figura 1
Principio di impiego della massa termica
(Johannesson e altri - [1])

Il calore disponibile è, ad esempio, quello generato dalle persone, dalle apparecchiature elettriche all'interno di un edificio e dai raggi solari.

Le perdite sono rappresentate dal calore disperso per trasmissione, dalle perdite d'aria attraverso i sistemi di climatizzazione e dalla ventilazione dell'aria esausta.

In Europa la metodologia comune per il calcolo dei consumi energetici degli edifici è la norma EN ISO 13790 [2].

Nel metodo semplificato per il calcolo del bilancio energetico fornito dalla norma, la massa termica è considerata attraverso il così detto "fattore di utilizzazione del calore" η , che rappresenta la quota di calore disponibile che può essere effettivamente utilizzata (Figura 2).

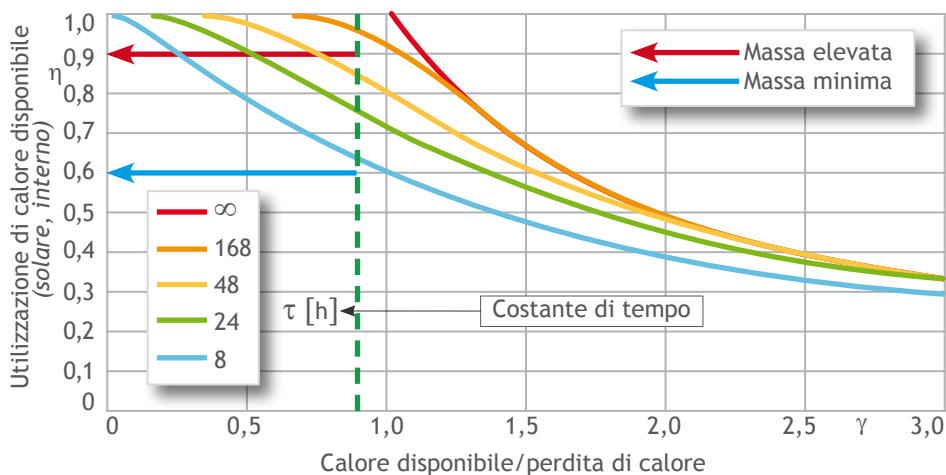


Figura 2
Utilizzazione del calore disponibile secondo
EN ISO 13790 [2].
Esempio: calore disponibile/perdita 0,90
=> utilizzazione del calore per edifici con ma-
teriali pesanti: 0,95, per edifici con materiali
leggeri: 0,60

INTRODUZIONE

Le curve sono funzione della “costante di tempo”, τ , definita come la capacità di calore divisa per la perdita di calore di un edificio.

La costante di tempo indica anche quanto rapidamente cambi la temperatura in un edificio dove il riscaldamento o il raffreddamento è interrotto.

Con una costante di tempo elevata la temperatura rimane stabile per un tempo molto lungo (giorni), una costante di tempo bassa implica un cambiamento veloce (ore).

A parità di isolamento termico un edificio costruito con materiali pesanti ha una costante di tempo più elevata rispetto a quella di un edificio costruito con materiali leggeri, di conseguenza possiede un fattore di utilizzazione del calore più elevato, η .

Tipicamente la relazione tra guadagni e perdite risulta bassa durante l’inverno ed elevata durante l’estate, a causa dei raggi solari.

Nelle condizioni estreme la differenza nell’utilizzazione tra edifici costruiti con materiali pesanti e quelli con materiali leggeri è minima. Per esempio durante le condizioni dell’inverno Nordico con $\gamma < 0,1$, c’è la piena utilizzazione del calore disponibile indipendentemente dalla massa termica.

Lo stesso edificio a marzo può però avere $\gamma = 0,90$, come nell’esempio di Figura 2 che evidenzia una grande differenza, nell’utilizzo del calore disponibile, tra i materiali pesanti e leggeri.

Sotto questo aspetto, un edificio costruito con materiali pesanti risulta più efficiente e richiede una potenza installata minore sia per il riscaldamento che per il raffreddamento, rispetto a una soluzione con materiali leggeri



METODOLOGIA OPERATIVA E RISULTATI

La prestazione energetica è stata esaminata attraverso un gran numero di elaborazioni di bilancio energetico realizzate con strumenti informatici e modelli diversi, includendo anche il metodo standard della norma EN ISO 13790 [2].

Sono stati valutati sia un edificio teorico con una geometria semplice che edifici esistenti in differenti paesi europei, dalla Svezia al Portogallo.

I programmi utilizzati per il calcolo del bilancio energetico sono: Be06 [3], Consolis Tool [4], Maxit Energy [5], Tcasa [6] e VIP+ [7]. Sulla base delle specifiche climatiche del luogo in cui sono gli edifici, i programmi hanno stimato la quantità d'energia richiesta per mantenere un livello di confort desiderato per un determinato range di temperature di riscaldamento o dove richiesto di raffrescamento.

Poiché hanno influenza sul riscaldamento solare anche il numero dei giorni di tempo sereno e l'orientamento delle finestre, sono state condotte delle analisi di sensibilità nei riguardi dell'isolamento termico, dell'orientamento delle finestre e dei regimi di funzionamento.

I risultati delle elaborazioni evidenziano che un edificio residenziale costruito con materiali pesanti, paragonato con un edificio corrispondente costruito con materiali leggeri, in condizioni normali richiede dal 2 al 8% in meno di energia per il riscaldamento.

Nella Tabella 1, sono riportati i risultati di una selezione delle elaborazioni eseguite.

Zona climatica	Programma	Orientamento delle finestre	Uso dell'energia per riscaldare/raffrescare kWh/m ² anno		Differenza leggero/pesante y %
			pesante	leggero	
Stoccolma	Consolis	E/O	66,7	70,7	6,0
Stoccolma	Consolis	S	51,5	56,5	9,7
Stoccolma	VIP+	E/O	64,5	66,9	3,7
Stoccolma	VIP+	S	54,5	60,1	5,3
Würzburg	Tcasa	E/O	60,3	61,7	2,4
Würzburg	Tcasa	S	54,1	56,0	3,5
Danimarca	Be06	E/O	47,3	48,0	1,2

Tabella 1 Risultati del modello teorico di edificio per abitazione con differente massa termica e orientamento delle finestre, applicando diversi programmi di elaborazione

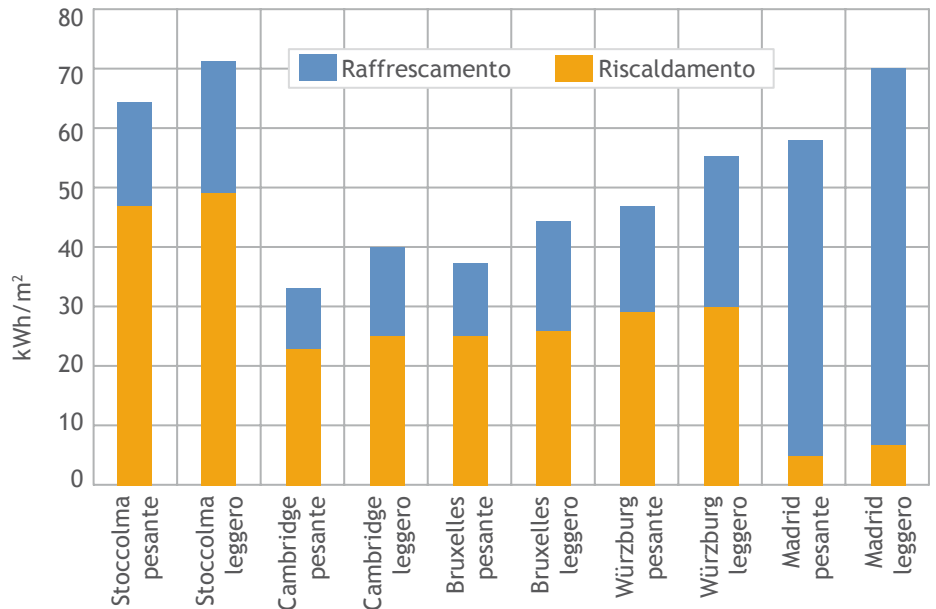
Per gli edifici ad uso ufficio l'immagazzinamento termico può essere maggiormente sfruttato stante le elevate emissioni di calore interne durante le ore lavorative e le elevate fluttuazioni tra la notte e il giorno. Per questa ragione, negli edifici di calcestruzzo in molti casi si possono evitare i sistemi di condizionamento. Nella Figura 3 sono presentati i risultati dell'elaborazione di un edificio ad uso ufficio.



METODOLOGIA OPERATIVA E RISULTATI

Figura 3

Differenza nell'utilizzo di energia per il riscaldamento e il raffrescamento di un edificio teorico ad uso ufficio nelle differenti zone climatiche europee. Programma VIP+

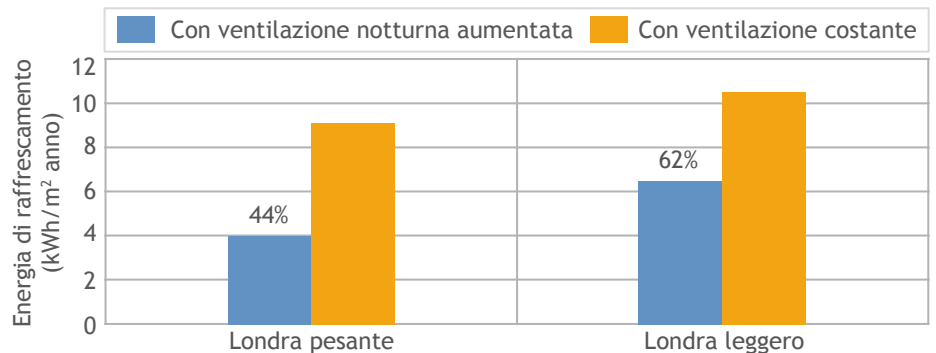


Una combinazione intelligente di riscaldamento, ventilazione, ombreggiatura solare e massa dell'edificio, in grado di realizzare un maggior raffrescamento notturno, può ulteriormente migliorare con l'utilizzo della massa termica. Ciò può essere modellato attraverso l'utilizzo dei programmi per il bilancio energetico.

Nella Figura 4 è evidenziato come aumentando la ventilazione notturna, un edificio costruito con materiali pesanti sia in grado di ridurre la domanda di raffrescamento al 44%, contro il 62% dell'edificio costruito con materiali leggeri, dunque un risparmio sostanziale sia dell'investimento che dei costi di funzionamento.

Figura 4

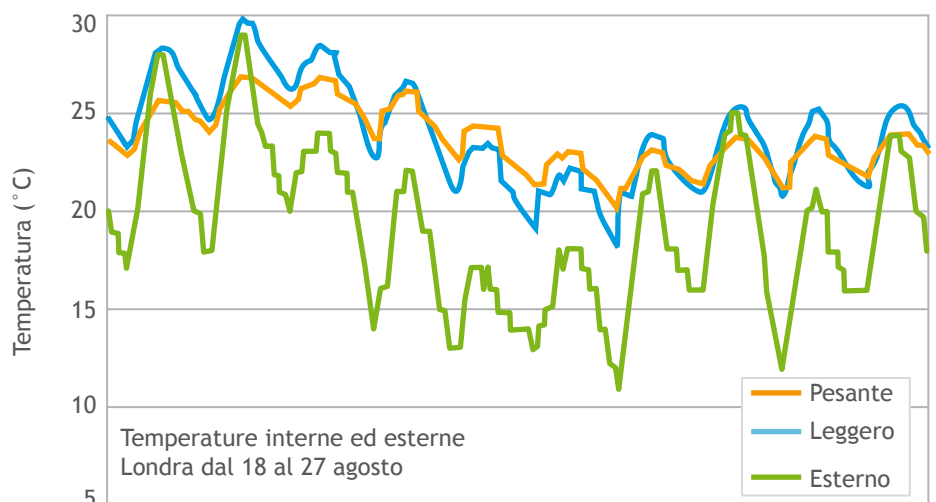
Differenza nell'uso di energia per un edificio teorico ad uso ufficio, con e senza incremento di ventilazione notturna - Programma VIP+



L'effetto sul comfort termico è visualizzato in Figura 5 che riporta le temperature interne in un edificio residenziale a Londra nel periodo estivo durante 10 giorni consecutivi.

Figura 5

Effetto della massa termica sulla temperatura interna durante l'estate. Programma VIP+



ANALISI DEI BENEFICI

STABILITA' TERMICA

La stabilità termica degli edifici realizzati con materiali pesanti garantisce dei vantaggi competitivi perché mantiene un clima interno costante mentre fa consumare una quantità di energia minima.

Se la progettazione della struttura dell'edificio e del sistema di riscaldamento/condizionamento sono realizzate con un approccio olistico e attivo, si possono aumentare i benefici, ottenendo un moderato ma consistente beneficio intrinseco e un considerevole beneficio potenziale.

I cambiamenti climatici incidono in modo considerevole sulle condizioni termiche interne.

Arup [8] stima che nel 2080 Londra sarà calda come Marsiglia. I nuovi edifici necessitano quindi di essere adattati in conformità della tutela della salute e del confort.

Riducendo o in molti casi eliminando la necessità di un raffrescamento meccanico, gli edifici costruiti con materiali pesanti forniscono una buona stabilità termica, dunque rappresentano un'efficiente soluzione del problema, compatibile con le esigenze ambientali.

BENEFICI INTRINSECI E POTENZIALI

Il beneficio intrinseco è l'effetto della massa termica anche quando non vengono prese particolari misure per utilizzarla.

Il calore è assorbito naturalmente dall'edificio quando la temperatura della stanza cresce sotto l'influenza dell'irraggiamento solare e del calore prodotto da sorgenti interne come persone, illuminazione elettrica e apparati.

Quando la temperatura della stanza, durante la notte, diminuisce, tale calore è rilasciato (Figura 1).

In entrambi i casi, per utilizzare l'effetto di immagazzinamento è richiesta una certa fluttuazione della temperatura.

Durante condizioni estreme di temperatura stabile, come ad esempio nell'inverno Nordico, la massa dell'edificio contribuisce in modo minimale e un edificio costruito con materiali leggeri utilizza il calore solare disponibile così come un edificio costruito con materiali pesanti (Figura 2).

In primavera o nei climi temperati, viceversa, la differenza è più significativa.

La massa termica può anche essere "attivata" per ottenere una maggiore utilizzazione dell'immagazzinamento del calore.

L'esempio di Figura 4 può essere considerato come un'attivazione di tipo semplice.

Si tratta di un beneficio potenziale. In una soluzione "attiva" il calore può essere trasferito all'edificio grazie a un mezzo fluido come l'acqua nelle serpentine o l'aria nei condotti.

In questo caso, una conduttività termica elevata è essenziale per distribuire, in modo efficiente, il calore dal mezzo fluido agli ambienti.

Un esempio di utilizzo della massa termica attiva è il sistema svedese "Termodeck ®" [9].

Questo utilizza solette alveolari in calcestruzzo per distribuire e immagazzinare l'energia per il riscaldamento o il raffrescamento, utilizzando l'aria come mezzo di trasporto.

Considerando le elaborazioni svolte in questo studio e i dati bibliografici, il vantaggio insito in termini di utilizzo di energia su base annua varia tra il 2 e il 7%.

L'effetto sulle temperature interne è enorme e in molti casi si può evitare l'uso del raffrescamento meccanico, con il risultato sostanziale di risparmiare sia per quanto riguarda gli investimenti che il funzionamento.

Incrementando semplicemente la ventilazione notturna, una struttura realizzata con materiali pesanti può essere raffreddata a sufficienza per mantenere una temperatura interna confortevole durante le giornate estive.

Quando viene attivato il beneficio potenziale il beneficio totale aumenta.

E' difficile fornire valutazioni generali ma i casi di studio hanno mostrato una differenza tra il 30 e il 40%.

ANALISI DEI BENEFICI

Nel caso di edifici con facciate continue in vetro, prerequisito per ottenere una stabilità termica è quello di utilizzare un edificio con struttura pesante.

VALUTAZIONI ECONOMICHE

Con gli attuali (2008) prezzi europei dell'energia, la differenza "insita" nell'utilizzo dell'energia per il riscaldamento, nel caso di abitazioni edificate con materiali pesanti e leggeri, corrisponde, approssimativamente, a 1 Euro/m² all'anno, un valore che può sembrare insignificante considerando il costo totale annuale di funzionamento di un edificio.

Per un livello attivo "potenziale" dove, per esempio, il riscaldamento è ridotto di 10 kWh/m² e il raffrescamento di 20 kWh/m², il risparmio è di 1,5-2,5 Euro/m² all'anno, dunque di 80-120 Euro/m², per un orizzonte di 50 anni.

Tuttavia, se si segue un approccio di valutazione dei costi basato sull'intero ciclo di vita, la differenza risulta molto più significativa.

Dato che i prezzi dell'energia tendono ad aumentare, anche un risparmio moderato di energia migliora significativamente l'economia di funzionamento di un edificio.

Nel caso di riscaldamento elettrico, l'applicazione di tariffe differenziate in funzione della fascia oraria può essere utilizzata per "attivare" la massa termica della struttura di un edificio con il riscaldamento o il raffrescamento di notte, quando le tariffe sono più basse.

La variazione della tariffa elettrica minima e massima nel Regno Unito è pari rispettivamente a 0,5 e 0,9 €/kWh.

Questo può incidere significativamente sui costi di funzionamento.

Relativamente ai costi d'investimento, si possono ottenere risparmi sostanziali se i sistemi di riscaldamento e raffrescamento vengono ottimizzati nei confronti della massa termica, considerando l'effetto di riduzione dei requisiti degli edifici realizzati con materiali pesanti.

IL CONTESTO AMBIENTALE

Lo scopo principale degli sforzi ambientali del settore delle costruzioni è oggi concentrato nel ridurre le emissioni di gas serra prodotte dalle aree edificate e strettamente collegate all'utilizzo di energia.

Nella Figura 6 è evidenziata la relazione tra l'energia utilizzata durante le tre fasi del ciclo di vita, con riferimento ad un moderno edificio residenziale multifamiliare, tipico del nord Europa.

L'enfasi della fase di funzionamento chiarisce il perché ci si debba focalizzare principalmente sui problemi dell'uso di energia in questa fase.

Anche differenze modeste, per quanto riguarda l'uso dell'energia durante la fase di funzionamento, determinano un effetto significativo sull'uso dell'energia nel ciclo di vita e sulla conseguente emissione di gas serra di un edificio durevole con un orizzonte di vita di 50 o 100 anni.

Figura 6

Consumo di energia nelle fasi del ciclo di vita di un edificio residenziale multifamiliare tipico del nord Europa [10].



CONCLUSIONI

I materiali da costruzione pesanti hanno benefici intrinseci per quanto riguarda il confort, l'economia e l'ambiente che possono essere ulteriormente sviluppati attraverso una progettazione olistica degli edifici.

I nuovi standard e le procedure di calcolo connesse con la Direttiva Europea per la Prestazione Energetica degli Edifici (EPBD), così come i cambiamenti climatici stimoleranno l'interesse per realizzare edifici con una buona stabilità termica.



BIBLIOGRAFIA

- [1]. Johannesson G. et al. Möjlighet till energieffektiva hus genom helhetsyn och modern beräkningsmetodik. ByggTeknik No. 3, Stockholm, 2006, 66 pp. In Swedish.
- [2]. ISO DIS 13790:2005 Thermal performance of buildings - Calculation of energy use for space heating, CEN/TC 89, Brussels
- [3]. Be06. Computer programme for energy balance calculations. Danish Building Research Institute, 2005
- [4]. Johannesson G. Consolis Energy+. Spreadsheet tool for energy calculations. (Under development) KTH - Building Technology, Stockholm, 2005
- [5]. Maxit Energy. Computer programme for energy balance calculations. Maxit AB, Stockholm, 2005
- [6]. TCasa. Computer programme for energy balance calculations. Bundesverband Deutscher Zementindustrie, Berlin, 2004
- [7]. VIP+. Computer programme for energy balance calculations VIP+. STRUSOFT, Malmö, Sweden, 2002
- [8]. ARUP (2004) Too hot to handle. Building No. 6, 2004, London
- [9]. Bunn R. Termodeck the thermal flywheel. Building Services Journal, No. 5, 1991
- [10]. Öberg M. Integrated Life Cycle Design - Application to Swedish Concrete Multi-Dwelling buildings, Lund University. Division of Building Materials, Report TVBM-3103, Lund, Sweden, 2005, p 117



