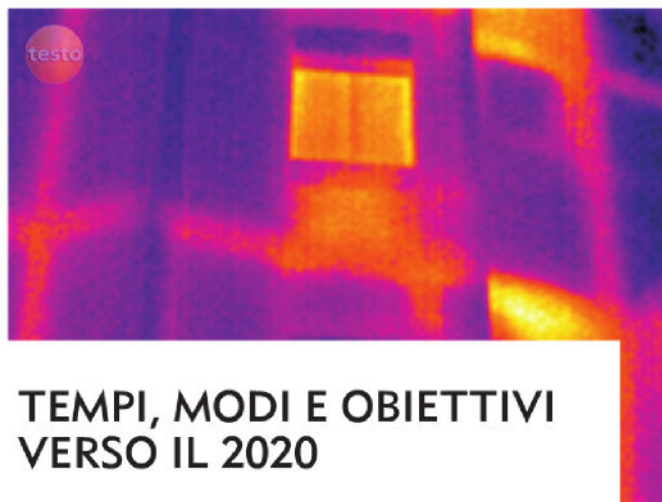


OMBRE E LUCI

Il tema degli “nZEB” (*nearly Zero Energy Buildings* o “edifici ad energia quasi zero”), ossia edifici ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico (molto basso o quasi nullo) deve essere coperto in misura significativa da energia proveniente da fonti rinnovabili (prodotta in loco o nelle vicinanze) è ormai divenuto di estrema attualità a seguito del recepimento delle Direttive 2010/31/UE (*Energy Performance of Buildings Directive, EPBD*) e 2012/27/UE (*Energy Efficiency Directive*), con le quali la legislazione europea ha fornito un quadro generale di obiettivi in termini di performance degli edifici ed efficienza energetica, affidando la definizione delle modalità per il loro raggiungimento ed attuazione direttamente agli stati membri.

IL QUADRO EUROPEO

L'articolo n. 9 della EPBD richiede agli stati membri non solamente di definire a livello nazionale una



TEMPI, MODI E OBIETTIVI VERSO IL 2020

Direttive e recepimenti, la via verso gli nZEB è disseminata di ostacoli e tentazioni a indulgere. Chiavi interpretative diverse per ogni Paese. Differenti modi di intendere e realizzare. Tuttavia il progetto complessivo prende forma e la direzione è quella giusta.

di Enrico Sergio Mazzucchelli

definizione di nZEB, ma anche di promuovere attivamente il mercato di questi edifici. In alcuni paesi si sono progressivamente resi più stretti i requisiti per quanto riguarda le *performance* energetiche (ad esempio Danimarca e Slovacchia), in altri una definizione di nZEB è stata implementata per alcuni tipi di edifici (Repubblica Ceca e Regno Unito), nella regione di Bruxelles i requisiti per gli nZEB sono stati definiti nel 2011 e progressivamente divenuti obbligatori a partire dal 2015. Pochi stati membri hanno dichiarato obiettivi che vanno al di là dei semplici requisiti degli nZEB, ad esempio Paesi Bassi (Zero Energy Buildings), Danimarca e Francia (*Positive Energy Buildings*) e Regno Unito (*Zero Carbon Buildings*).

In molti paesi la definizione di nZEB si riferisce al consumo di energia primaria come indicatore principale. In pochi casi (tra cui Paesi Bassi e alcune regioni del Belgio), l'uso di energia primaria è valutato tramite un coefficiente adimensionale, comparandolo con quello di un edificio di riferimento avente caratteristiche simili (ad esempio per geometria). In alcuni paesi (ad esempio Regno Unito, Spagna e Norvegia) le emissioni di anidride carbonica sono usate come indicatore principale, mentre in altri (Austria e Romania) le emissioni sono usate come un indicatore complementare al consumo di energia primaria.

Per edifici di tipo residenziale l'obiettivo di molti stati è quello di limitare il consumo di energia primaria a non più di 50 kWh/mq e spesso vengono stabiliti limiti differenti a seconda che si tratti di edifici singoli o edifici condominiali.

Per quanto concerne la metodologia di calcolo per valutare la performance energetica degli edifici, l'EPBD considera i consumi per riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione e (principalmente in edifici non residenziali) illuminazione. In molti casi sono considerati i consumi per ventilazione e climatizzazione per edifici residenziali, ma solo pochi includono i consumi per gli apparecchi elettrici (Austria) o per scale mobili e ascensori in edifici terziari (Italia).

IL QUADRO NORMATIVO ITALIANO

Il recepimento italiano della Direttiva 2002/91/CE è avvenuto con il D.Lgs. 192/2005, successivamente aggiornato con il D.Lgs. 311/2006. Questi decreti hanno costituito un quadro normativo all'interno del quale le Regioni hanno avuto la possibilità di sviluppare un proprio regolamento. Il D.P.R. 59/2009 ha definito invece i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria, indicando univocamente le procedure di calcolo nazionali. Il D.M. 26/6/2009 ha reso invece obbligatoria la certificazione energetica su tutto il territorio nazionale. Nel 2013 il D.L. 63/2013 recepisce la Direttiva 2010/31/UE, mentre il 15/7/2015 sono stati pubblicati sulla Gazzetta Ufficiale n. 162 i tre decreti ministeriali del 26 Giugno 2015: "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici" (requisiti minimi), "Schemi e modalità di rifacimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici" (relazioni tecniche) e, infine, "Adeguamento del Decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".

Tra le novità apportate da tali decreti vi è la considerazione di nuovi servizi nel calcolo della prestazione energetica degli edifici, quali la climatizzazione estiva e la ventilazione meccanica e, per edifici terziari, anche l'illuminazione ed il trasporto (scale mobili e ascensori). Vengono inoltre definiti più indicatori della prestazione energetica di un edificio. Per quanto concerne l'energia primaria non si tratta più solamente la componente non rinnovabile, ma sono considerate anche l'energia primaria rinnovabile e l'energia primaria totale (somma di rinnovabile e non rinnovabile). L'indicatore dell'energia primaria totale viene utilizzato per le verifiche di legge mentre l'indicatore dell'energia primaria non rinnovabile serve per l'attribuzione della classe energetica dell'edificio. Di assoluto rilievo è inoltre la definizione di edifici nZEB. Il nuovo Decreto stabilisce che un edificio nZEB, nuovo o esistente, deve rispettare tutti

nZEB PARTENZA E ... ARRIVO

nZEB

nearly Zero Energy Buildings, edifici ad altissima prestazione energetica il cui fabbisogno energetico deve essere coperto in misura significativa da energia proveniente da fonti rinnovabili.

Direttiva 2010/31/UE - Energy Performance of Buildings Directive, EPBD Direttiva 2012/27/UE - Energy Efficiency Directive

Forniscono un quadro generale di obiettivi in termini di performance degli edifici ed efficienza energetica, affidando la definizione delle modalità per il loro raggiungimento ed attuazione direttamente agli stati membri.

Chi è arrivato per primo

Nella regione di Bruxelles i requisiti per gli nZEB sono stati definiti nel 2011 e progressivamente divenuti obbligatori a partire dal 2015.

E chi vuol fare il primo della classe

Pochi stati membri hanno dichiarato obiettivi che vanno al di là dei semplici requisiti degli nZEB, ad esempio Paesi Bassi (Zero Energy Buildings), Danimarca e Francia (*Positive Energy Buildings*) e Regno Unito (*Zero Carbon Buildings*).

Indicatori principali

Consumo di energia primaria
Emissioni di anidride carbonica

Indicatore complementare

Emissioni di anidride carbonica

Elementi considerati per valutare la performance energetica

EPBD considera i consumi per riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, ventilazione e (principalmente in edifici non residenziali) illuminazione. In molti casi sono considerati i consumi per ventilazione e climatizzazione per edifici residenziali, ma solo pochi includono i consumi per gli apparecchi elettrici o per scale mobili e ascensori in edifici terziari.



Milestone per il raggiungimento dell'obiettivo nearly Zero Energy Building.
Fonte: Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

i requisiti previsti dal 1/1/2019 per gli edifici pubblici e dal 1/1/2021 per tutti gli altri edifici e, contemporaneamente, gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti dal D.Lgs. 28/2011. In sostanza, viene definito nZEB un edificio che ha caratteristiche di performance migliori rispetto all'edificio di riferimento. A tal riguardo è opportuno osservare che la nuova classificazione è impostata su una scala energetica che è costruita proprio con il meccanismo dell'edificio di riferimento, cioè la scala non ha più valori fissi ma varia da edificio ad edificio, indicando non la prestazione energetica rispetto ad un valore assoluto, ma rispetto a quelle che potrebbero essere le prestazioni di un edificio identico in termini di geometria e contesto costruito con materiali e tecnologie energeticamente performanti.

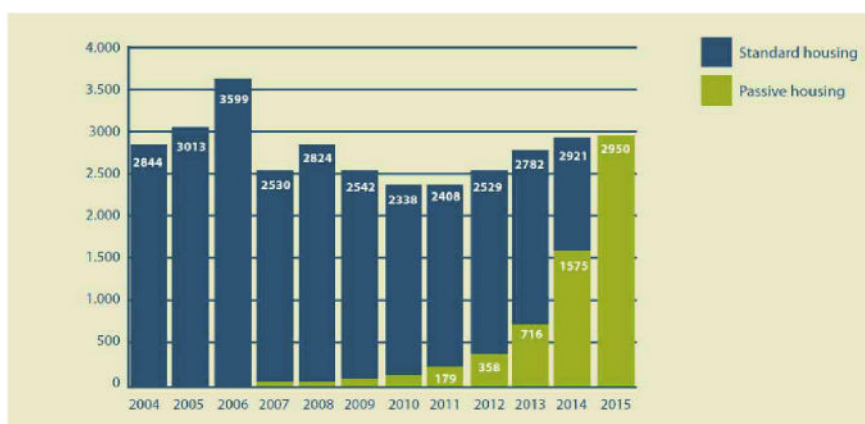
Con edificio di riferimento o target si intende pertanto un edificio identico a quello in esame in termini di geometria (sagoma, volume, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati conformemente all'Appendice all'allegato 1 del Decreto 26/06/2015.

Un ulteriore parametro introdotto è il valore massimo ammissibile dell'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile. Esso è influenzato soprattutto dai componenti trasparenti e dalla presenza di schermature solari mobili per gli orientamenti più critici dal punto di vista degli apporti solari. L'intento è quello di controllare gli apporti solari al fine di ridurre il surriscaldamento degli

ambienti nel periodo estivo e quindi di richiedere l'installazione di un impianto di climatizzazione. E' evidente che se il progettista deve rientrare nei parametri prefissati di $A_{sol, est}/A_{sup}$ utile può agire su due variabili: dimensione dei serramenti o schermatura solare. Poiché le dimensioni dei serramenti sono anche legate e vincolate alle prescrizioni relative alle norme igienico-sanitarie di fatto diventa rilevante schermare al meglio le vetrate con esposizione Est, Sud e Ovest. Le Regioni hanno la facoltà di legiferare diversamente ma, ad esempio, la Lombardia ha recepito integralmente i valori della legislazione nazionale sopraesposti. Come è possibile notare dalla tabelle riportate negli allegati al DM, non si tratta di valori particolarmente difficili da raggiungere, soprattutto per le zone climatiche A, B e C, che però sono presenti solo in minima parte nel nostro paese (la zona A corrisponde, ad esempio, alla sola Pantelleria). Vi è una certa incidenza solo per la zona C, che interessa le zone di Napoli, Bari, Taran-

È UNA QUESTIONE DI EQUILIBRIO. TRA IL CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA E LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA RINNOVABILI

Andamento del numero di edifici con standard passive house rispetto al totale degli edifici in Bruxelles (Belgio). Si nota come dal 2015 la totalità degli edifici è costruita almeno rispettando questo standard.



to e Riviera Ligure. Il resto del Paese è quasi completamente in zona D ed E, interessando la F soprattutto zone di montagna.

In definitiva, con riferimento a quanto disposto dall'articolo 4, comma 1, lettera a), del Decreto del 26 giugno 2015, la prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate a un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per il riscaldamento, il raffrescamento, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.

In particolare, per quanto concerne la compensazione tra i fabbisogni energetici e l'energia da fonte rinnovabile prodotta e utilizzata all'interno del confine del sistema è consentito tenere conto dell'energia da fonte rinnovabile o da cogenerazione prodotta nell'ambito del confine del sistema (in situ) alle seguenti condizioni:

- solo per contribuire ai fabbisogni del medesimo vettore energetico (elettricità con elettricità, energia termica con energia termica, ecc.);

- fino a copertura totale del corrispondente fabbisogno o vettore energetico utilizzato per i servizi considerati nella prestazione energetica. L'eccedenza di energia rispetto al fabbisogno mensile, prodotta in situ e che viene esportata, non concorre alla prestazione energetica dell'edificio. L'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile non può essere conteggiata ai fini del soddisfacimento di consumi elettrici per la produzione di calore con effetto Joule. A titolo di esempio indicativo ma non esaustivo, l'energia elettrica prodotta da fonte rinnovabile in situ (per esempio, fotovoltaico) può essere conteggiata per contribuire al soddisfacimento dei fabbisogni energetici relativi ai consumi di energia elettrica per gli ausiliari di impianti di riscaldamento e ventilazione, l'alimentazione di pompe di calore elettriche, illuminazione, etc;

Nel caso di impianti di generazione da fonte rinnovabile centralizzati, ovvero che alimentino una pluralità di utenze,

oppure nel caso di impianti di generazione da fonte rinnovabile che contribuiscano per servizi diversi, per ogni intervallo di calcolo si attribuiscono quote di energia rinnovabile per ciascun servizio e per ciascuna unità immobiliare in proporzione ai rispettivi fabbisogni termici all'uscita dei sistemi di generazione ovvero ai rispettivi fabbisogni elettrici.

NZEB: QUALE DEFINIZIONE?

Nell'ambito degli nZEB, il settore delle nuove costruzioni assume particolare rilevanza a medio termine, mentre la riqualificazione degli edifici esistenti costituisce la sfida più impegnativa, essendo il cambiamento e l'adeguamento ai nuovi livelli di prestazione senz'altro più complesso e laborioso. Dal momento che lo standard "zero energy" è richiesto anche per edifici esistenti in caso di consistenti ristrutturazioni o riqualificazioni di intero immobile, è indispensabile che le soluzioni che ben si prestano per l'impiego in edifici di nuova



Situazione delle definizioni nZEB per edifici di nuova costruzione. In blu gli stati che hanno una definizione contenuta in documenti ufficiali, in azzurro gli stati con una definizione in via di approvazione e in grigio gli stati con una definizione in via di sviluppo.

Fonte: Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile Asol,est/Asup utile.

Fonte: Decreti 26 giugno 2015

Categoria edificio	Tutte le zone climatiche
1 Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonchè per la categoria E.1 (3)	$\leq 0,030$
2 Tutti gli altri edifici	$\leq 0,040$

Nazione	Stato della definizione	Riferimenti principali	Anno di obbligatorietà		Obiettivi della definizione EPBD
			Pubblico	Privato	
Austria	•	<i>OIB Guidelines 6</i>	01/01/2019	01/01/20121	•
Danimarca	•	<i>Building regulations 2010</i>	01/01/2019	01/01/20121	•
Francia	Definizione di <i>Positive Energy Building</i> in fase di sviluppo	<i>Thermal regulation 2012</i>	28/10/2011	01/01/2013	•
Germania	In fase di sviluppo	<i>KfW Efficiency House, National nZEB plan</i>	01/01/2019	01/01/20121	•
Italia	•	DM 26 giugno 2015	01/01/2019	01/01/20121	•
Paesi Bassi	•	National nZEB plan	01/01/2019	01/01/20121	•
Polonia	In fase di sviluppo	<i>Consolidated report to EC</i>	01/01/2019	01/01/20121	•
Spagna	In fase di sviluppo	Decree 235/2013	01/01/2019	01/01/20121	•
Svezia	In fase di sviluppo	<i>National nZEB plan</i>	01/01/2019	01/01/20121	•
Regno Unito	•	<i>National nZEB plan (Zero Carbon Hub)</i>	01/01/2018 (from 2016 for residential buildings)	01/01/2019 (from 2016 for residential buildings)	•

Situazione del recepimento della EPBD nei principali stati europei (Aprile 2015). Altri indicatori: CO₂ – emissioni di anidride carbonica; EP – prestazioni dell’involucro; OH – Indicatori di surriscaldamento; TS – prestazioni degli impianti.
* in relazione al contesto e all’edificio di riferimento; ** massimo consumo di energia primaria espresso come percentuale del consumo di energia primaria dell’edificio di riferimento.
Fonte: Buildings Performance Institute Europe (BPIE)

costruzione possano essere trasferite ed utilizzate, con le opportune variazioni o modifiche del caso, anche negli interventi di recupero.

Come anticipato, stando alle direttive europee sopracitate, un edificio può essere considerato nZEB se il suo fabbisogno energetico è sufficientemente basso da comportare un bilancio netto annuale consumo/generazione nullo grazie all’uso di fonti energetiche rinnovabili. Affinché ciò si possa realizzare, le condizioni imprescindibili sono una domanda di energia per il suo esercizio ridotta e una contemporanea produzione in sito di energia da fonti rinnovabili. Sebbene in linea teorica il concetto appaia estremamente semplice ed intuitivo, rimangono tuttora aperti molti aspetti, quali ad esempio i limiti (“system boundary”) rispetto ai quali calcolare il bilancio energetico di un edificio. Tale problematica concerne la “provenienza” della produzione

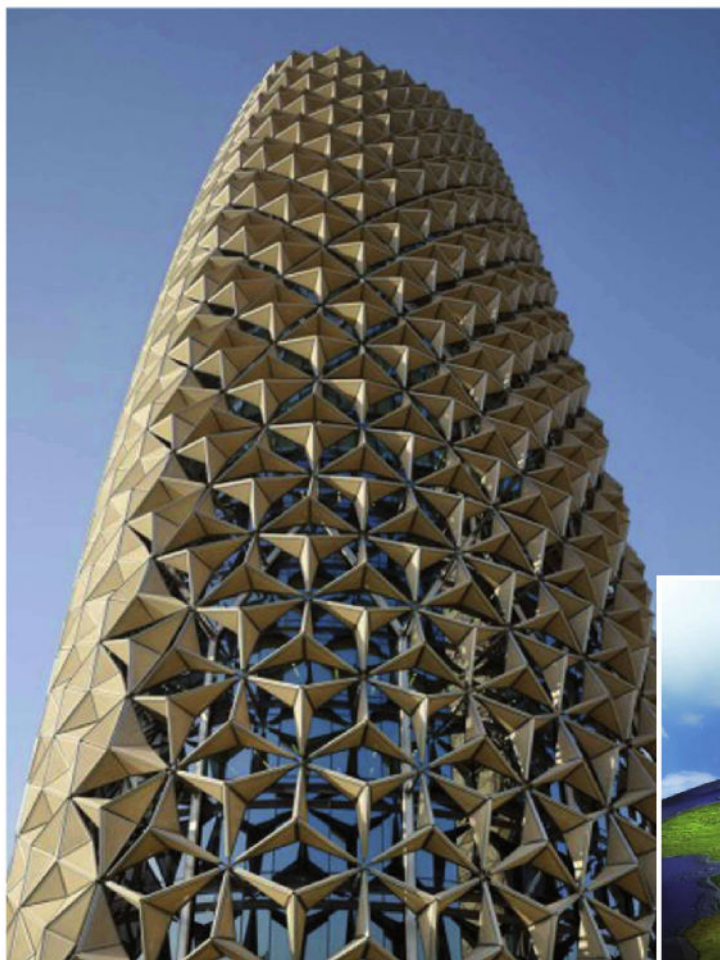
energetica da fonti rinnovabili o delle risorse rinnovabili stesse (ad esempio la biomassa): è cioè possibile considerare ai fini della valutazione dei consumi di un edificio eventuali centrali di conversione energetica basate su fonti rinnovabili (idroelettrico, eolico, etc.), anche presenti “on-site”, ma non strettamente appartenenti all’edificio? La definizione di nZEB contenuta nella Direttiva 31/2010/UE prevede espressamente tale possibilità (cit. art. 2: “...compresa l’energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze”), senza tuttavia definire con particolare chiarezza e in modo univoco i limiti e/o l’estensione dell’area da considerare. Non è altresì del tutto definito se un nZEB debba fornirsi di energia esclusivamente da fonti rinnovabili e scambiare con le infrastrutture energetiche territoriali (a cui è solitamente connesso) eventuali esuberanti o mancanze, oppure possa ricorrere a fonti fossili ma in misura tale

Indicatori numerici	Energia primaria massima [kWh/mqa]		Percentuale di energia rinnovabile	Altri indicatori
	Residenziale	Non residenziale		
•	160	170 (from 2021)	Minima percentuale proposta nella bozza delle OIB guidelines	EP, CO ₂
•	20	25	Qualitativa	EP, OH, TS
•	40-65*	70-110*	Quantitativa	EP, OH, TS
In fase di sviluppo	40% PE**	-	Minima percentuale nei vigenti requisiti per tutti gli edifici	EP
•	In relazione a area climatica ed edificio di riferimento In relazione a area climatica ed edificio di riferimento		Quantitativa	EP, TS
•	Inclusi nel calcolo. Gli edifici devono raggiungere il coefficiente di performance energetica = 0		Non disponibile	EP
In fase di sviluppo	60-75*	45-70*	Non disponibile	-
In fase di sviluppo	Inclusi nel calcolo. E' previsto che gli edifici dovranno raggiungere la classe A.		Minima percentuale nei vigenti requisiti per tutti gli edifici	CO ₂
In fase di sviluppo	30-75*	30-105*	Non disponibile	-
•	44*	Non disponibile	Qualitativa	CO ₂ , EP, TS

che l'approvvigionamento energetico da fonti rinnovabili bilanci sia l'apporto della rete che il consumo della risorsa fossile stessa. In definitiva, pur essendo il concetto di nZEB molto semplice ed immediato, esso racchiude in sé una serie di sfaccettature e dettagli che, all'atto pratico, ne rendono complessa la sua applicazione.

Tali aspetti vanno inoltre considerati non come problemi a sé stanti, ma nel loro insieme. Ciò implica che anche dal punto di vista progettuale è necessaria la compresenza e la collaborazione di diverse figure professionali: architetti, impiantisti, fisici dell'edificio sono solo alcune delle figure professionali coinvolte nel processo di progettazione e costruzione. Va inoltre puntualizzato che, parlando di nZEB, ci si può riferire sia a un singolo edificio così come a un gruppo di edifici che non sono necessariamente nZEB a livello singolo bensì a

NET-ZERO ENERGY BUILDINGS SONO EDIFICI CHE, ANNUALMENTE, RISULTANO NEUTRALI OSSIA VENDONO TANTA ENERGIA ALLA RETE QUANTA NE ACQUISTANO. NON HANNO BISOGNO DI COMBUSTIBILE FOSSILE PER IL RISCALDAMENTO, IL RAFFRESCAMENTO, L'ILLUMINAZIONE, SEBBENE, TALVOLTA PRELEVINO ENERGIA DALLA RETE



EMBODIED ENERGY È L'ENERGIA CONTENUTA NEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI CIOÈ QUELLA CHE È STATA NECESSARIA PER PRODURRE, TRASPORTARE AL LUOGO DI UTILIZZO E SMALTIRE L'ELEMENTO STESSO. QUESTO TIPO DI APPROCCIO PORTA A UN TIPO DI BILANCIO SU TUTTO L'ARCO DI VITA DELL'EDIFICIO

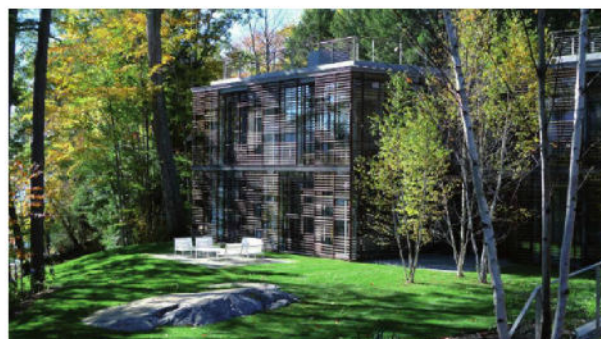


Esempio di schermatura solare dinamica (Torri Al Bahr, Abu Dhabi).

Le fonti rinnovabili hanno un ruolo chiave per il raggiungimento dell'obiettivo nZEB.

In un nZEB l'inserimento dell'edificio nel contesto ambientale è di fondamentale importanza.

Fonte: www.rinnovabili.it



livello complessivo. Se si passa a una scala di intervento superiore rispetto a quella del singolo edificio, e soprattutto in aree ad alta densità abitativa, un intervento (di nuova costruzione o di riqualificazione) dovrebbe essere pianificato ed integrato a livello di quartiere ("Zero Energy District"). Un buon esempio in tal senso è l'ormai noto quartiere a zero emissioni di anidride carbonica BedZED a Sutton, Londra così come il quartiere Bo01 a Malmö.

Nell'acronimo nZEB compare il termine *energy* e ciò evidenzia il fatto che è proprio l'energia il punto chiave della questione. Ma quale energia va considerata? Esistono diverse e discordanti opinioni in merito: si tratta di energia primaria, energia finale, emissioni di CO₂, costi energetici o *exergìa* (che rappresenta il massimo lavoro meccanico che può essere estratto da un sistema quando lo si porta in equilibrio con l'ambiente di riferimento - che si ipotizza mantenga temperatura, pressione, composizione chimica costante durante il processo. L'*exergìa* dipende dallo stato

del sistema ma anche dalla definizione delle caratteristiche dell'ambiente di riferimento; per questo si dice che l'*exergia* è una variabile di stato di tipo "estrinseco")?

Ad oggi non esiste ancora una risposta condivisa alla domanda.

A tal riguardo, come anche sottolineato da alcuni ricercatori (ad esempio Kilkis, 2007), parlando di "zero" bisognerebbe riferirsi sia alla quantità ma anche alla qualità dell'energia in gioco: più che un bilancio di energia è indispensabile realizzare un bilancio di exergia, ossia considerare anche la produzione di CO₂ che si verifica nel caso di bilancio exergetico negativo.

In un report per l'*International Energy Agency* (Lausten, 2008), si evidenzia che, a differenza dello standard *Passive House*, non esiste ancora una metodologia precisa che indichi come ottenere uno nZEB: in linea teorica, infatti, questo potrebbe essere anche un edificio tradizionale alimentato da un gran numero di collettori solari e pannelli fotovoltaici. Se nell'arco dell'anno questi sistemi producono più energia di quella usata dall'edificio questo è considerabile come un *Net Zero Energy Building*. Focalizzando l'attenzione sul significato di "zero", Lausten fornisce le due seguenti definizioni:

- *Net-Zero Energy Building*: edifici che annualmente risultano neutrali ossia vendono tanta energia alla rete quanta ne acquistano. Non hanno quindi bisogno di combustibile fossile per il riscaldamento, il raffrescamento, l'illuminazione, sebbene talvolta prelevino

	Classe A4	≤ 0,40 EP _{gl,nren,standard}
0,40 EP _{gl,nren,standard} <	Classe A3	≤ 0,60 EP _{gl,nren,standard}
0,60 EP _{gl,nren,standard} <	Classe A2	≤ 0,80 EP _{gl,nren,standard}
0,80 EP _{gl,nren,standard} <	Classe A1	≤ 1,00 EP _{gl,nren,standard}
1,00 EP _{gl,nren,standard} <	Classe B	≤ 1,20 EP _{gl,nren,standard}
1,20 EP _{gl,nren,standard} <	Classe C	≤ 1,50 EP _{gl,nren,standard}
1,50 EP _{gl,nren,standard} <	Classe D	≤ 2,00 EP _{gl,nren,standard}
2,00 EP _{gl,nren,standard} <	Classe E	≤ 2,60 EP _{gl,nren,standard}
2,60 EP _{gl,nren,standard} <	Classe F	≤ 3,50 EP _{gl,nren,standard}
	Classe G	> 3,50 EP _{gl,nren,standard}

energia dalla rete.

- *Zero Carbon Building*: edifici che annualmente non utilizzano energia proveniente da fonti che generano emissioni di anidride carbonica. Essi nell'arco dell'anno sono da considerarsi carbon neutral o carbon positive nel senso che producono una quantità di energia priva di emissioni di CO₂ sufficiente per il loro funzionamento. Questi edifici si differenziano dai precedenti perché possono usare l'elettricità prodotta da fonti prive di emissioni di CO₂ come l'eolico, il fotovoltaico che non sono integrate nell'edificio o nel lotto di costruzione.

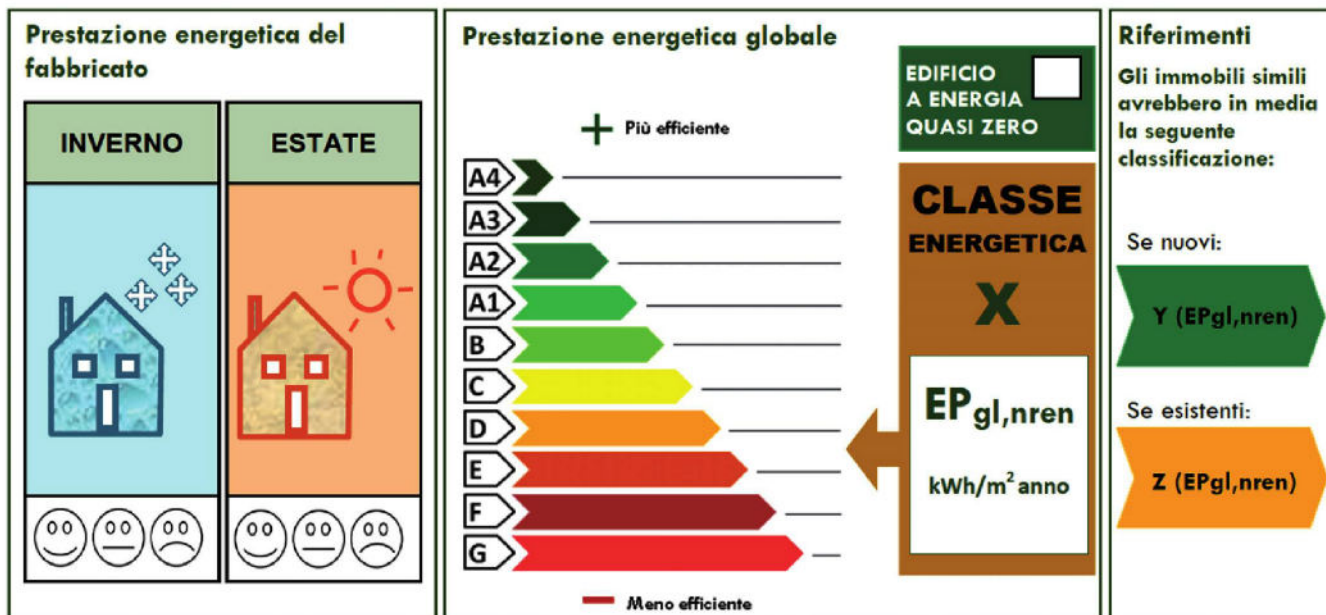
Da questi primi esempi deriva come sia ancora lontano il momento in cui si potrà avere una visione unica su questo

Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile.

Fonte: Decreti 26 giugno 2015

Schema nuovo attestato di prestazione energetica (APE).

Fonte: Decreti 26 giugno 2015



	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura	Strutture opache orizzontali di pavimento	Chiusure tecniche trasparenti e opache	Strutture opache verticali e orizzontali di separazione tra unità confinanti
A e B	0,43	0,35	0,44	3,00	0,8
C	0,34	0,33	0,38	2,30	0,8
D	0,29	0,26	0,29	1,80	0,8
E	0,26	0,22	0,26	1,40	0,8
F	0,24	0,20	0,24	1,10	0,8

Valori di trasmittanza limite [W/mqK]
Fonte: Decreti 26 giugno 2015

L'EPBD CONSIDERA I CONSUMI PER RISCALDAMENTO, PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA, VENTILAZIONE E (IN EDIFICI NON RESIDENZIALI) ILLUMINAZIONE. IN MOLTI CASI SONO CONSIDERATI I CONSUMI PER VENTILAZIONE E CLIMATIZZAZIONE PER EDIFICI RESIDENZIALI

tema. Va sottolineato come, nella pratica comune, quando si parla di energia consumata o prodotta dall'edificio, si fa tipicamente riferimento all'energia primaria. Questo indicatore, consente di confrontare e sommare più flussi o vettori energetici di natura differente relazionando grandezze solo dimensionalmente simili. I fattori di conversione non sono normati a livello internazionale ma ogni paese li definisce e applica in modo differente, provocando un ulteriore nodo nell'ottica di un'accezione comune del termine nZEB.

Gli nZEB possono essere ulteriormente classificati in base alla connessione alle reti energetiche pubbliche in:

- *grid connected*: sono edifici connessi a una rete energetica (elettrica o termica) in grado di produrre, tramite le fonti rinnovabili ivi installate, l'energia necessaria al loro funzionamento; in caso di produzione eccedente di venderla alla rete e, in caso di necessità, di acquistarla da quest'ultima;
- *off grid*: sono edifici autonomi non connessi con alcuna rete energetica che necessitano dell'installazione di sistemi di accumulo dell'energia, quali batterie per l'energia elettrica o bollitori per quella termica.

La letteratura predilige studi sugli edifici connessi in rete specificando come i sistemi di accumulo dell'energia per gli nZEB autonomi abbiano ad oggi rendimenti bassi e costi ancora elevati. Viene comunque evidenziato come, anche nel caso di nZEB connessi alla rete, esistano ulteriori problematiche: infatti, oltre ad avere la necessità in primis di una rete in grado sia di ricevere che di fornire energia, la produzione energetica discontinua, caratteristica delle fonti energetiche rinnovabili, può causare

scompensi alla rete stessa in caso di generazione diffusa.

Sempre nell'ambito dei confini fisici del sistema va considerato il limite entro cui installare le fonti rinnovabili. Infatti la definizione di nZEB data dall'EPBD parla di fonti rinnovabili installate in sito o nelle vicinanze dell'edificio, intendendo così non solo quelle installate nell'impronta del fabbricato.

Questo punto che potrebbe risultare di interesse marginale è invece essenziale nell'ottica di una futura definizione condivisa di nZEB: infatti se in tale termine si racchiudono gli edifici le cui fonti rinnovabili sono installate nelle vicinanze, ciò porterebbe a vantaggi per edifici realizzati in nuove aree urbane dove lo spazio per l'installazione di tali sistemi è di norma maggiore, mentre sarebbero in un certo senso penalizzati gli edifici in ambito cittadino che spesso, come unica superficie disponibile per l'installazione di fonti rinnovabili hanno potenzialmente poco più che la superficie dell'edificio stesso.

Dal punto di vista dell'utilizzo di tecnologie ad alta efficienza e soluzioni per lo sfruttamento di fonte rinnovabili, esse devono preferibilmente:

- minimizzare l'impatto ambientale incoraggiando la progettazione di edifici energeticamente efficienti e riducendo le perdite di trasporto e conversione;
- essere disponibili per tutta la vita dell'edificio;
- essere ampiamente disponibili e replicabili per i futuri nZEB.

Questa gerarchia predilige, quindi, fonti rinnovabili che siano disponibili entro l'impronta dell'edificio e nel sito di costruzione ed è riassunta nella tabella sottostante. Per quanto riguarda, invece, i limiti di bilancio, questi definiscono

quali tipi di carichi energetici considerare. I consumi di esercizio e gestione che si possono includere sono quelli dovuti al riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione fissa e consumi elettrici. Per avere una visione più generale dei consumi energetici dell'edificio si potrebbe, però, anche considerare l'"*Embodied Energy*" ossia l'energia contenuta negli elementi costruttivi intendendo l'energia che è stata necessaria per produrre, trasportare al luogo di utilizzo e smaltire l'elemento stesso: questo tipo di approccio porta a un tipo di bilancio su tutto l'arco di vita dell'edificio.

Anche per quanto riguarda il periodo su cui calcolare il bilancio energetico dell'edificio sono possibili differenti approcci. Il calcolo può infatti essere effettuato considerando un intervallo mensile, stagionale o annuale o estendersi alla fase d'uso dell'edificio (solitamente considerata pari a 50 anni) o ancora arrivare a considerare l'intero ciclo di vita dell'edificio stesso. Convenzionalmente il bilancio viene calcolato su base annua in quanto questo periodo consente di coprire tutte le variazioni climatiche stagionali. Bilanci effettuati su periodi più brevi, quali una singola stagione o un mese specifico, risultano più vincolanti in quanto verrebbero sovradimensionati i sistemi di generazione da fonti rinnovabili, mentre quelli effettuati su periodi più lunghi sarebbero preferibili per il calcolo del bilancio sul ciclo di vita completo dell'edificio.

Per quanto sopra esposto non c'è da stupirsi nello scoprire che siano presenti numerose definizioni ciascuna delle quali con una differente sfumatura atta ad evidenziarne i punti principali:

- ZEB: con il termine "Edificio ad Energia Zero" o, secondo la dicitura anglosassone "*Zero Energy Building*" (ZEB) si indica una costruzione con destinazione d'uso residenziale o commerciale che ha una richiesta energetica annua contenuta e comunque inferiore o uguale alla quantità di energia che produce da fonti rinnovabili;

- NZEB: con il termine "*Net Zero Energy Building*" si indica un edificio in cui il bilancio energetico netto tra l'energia consumata dall'edificio e quella da lui prodotta è pari a zero. Una rappresentazione grafica di questo concetto è possibile in un grafico in cui l'ascissa rappresenta la domanda energetica dell'edificio, mentre l'ordinata rappresenta la fornitura energetica, entrambe opportunamente pesate con i fattori di conversione. La bisettrice del quadrante rappresenta l'equilibrio e, considerando un edificio di riferimento nuovo o esistente, che abbia i minimi requisiti di efficienza energetica, il cammino per arrivare a un NZEB si compone di una fase di riduzione della domanda tramite misure di efficienza energetica (*energy efficiency*) e di una fase di generazione di energia elettrica o termica (*energy supply*).

E' intuitivo realizzare come esista una stretta relazione tra scelte di efficienza energetica e di generazione di energia.

SOLO POCHI PAESI INCLUDONO I CONSUMI PER GLI APPARECCHI ELETTRICI (AUSTRIA) O PER SCALE MOBILI E ASCENSORI IN EDIFICI TERZIARI (ITALIA)

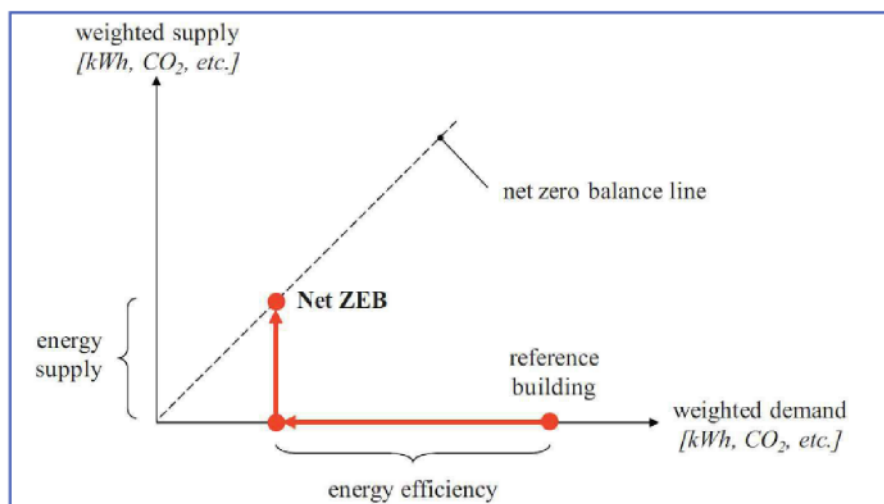
Tipicamente, viste le spesso limitate possibilità di generazione di energia nel sito, risultano adottate più frequentemente le misure volte al miglioramento dell'efficienza energetica, quali accurato studio della geometria dell'edificio, impiego di opportune soluzioni di chiusura, attenzione nella progettazione e realizzazione dei dettagli costruttivi, impiego di soluzioni impiantistiche ad alta efficienza, etc.;

- nZEB: questi edifici si possono suddividere tra quelli che già in fase di progettazione non raggiungono completamente l'obiettivo ZEB o NZEB e quelli che, pur essendo stati progettati e costruiti con tali obiettivi, per cause esterne in uno specifico anno o periodo non li raggiungono. Infatti, qualsiasi edificio NZEB può essere "declassato" a nZEB a causa di condizioni climatiche avverse che provocano carichi termici anomali negli ambienti, e che possono ridurre la produzione di energia elettrica/termica da fonti solari o eoliche. Per definire NZEB un edificio le sue performance devono essere monitorate, misurate e valutate ogni anno;

- LC-ZEB: "*Life Cycle Zero Energy Building*", ossia un edificio il cui consumo di energia primaria sommato a quelli necessari per la produzione di materiali ed elementi, costruzione e smaltimento, è minore o uguale all'energia prodotta da fonti rinnovabili nell'arco della vita dell'edificio stesso;

- *Zero Carbon Building*: si tratta di un edificio che annualmente ha impronta ecologica pari a zero, ossia il totale netto delle emissioni di anidride carbonica provenienti dall'energia consumata direttamente o indirettamente risulta essere pari a zero. L'impronta ecologica dell'edificio è espressa in tonnellate di CO₂ equivalente (CO₂E) e si ottiene come somma delle emissioni di anidride

Opzione Numero	Opzioni di fornitura energetica	Esempi
0	Riduzione del consumo energetico tramite l'utilizzo di tecnologie a basso consumo energetico	Illuminazione naturale, sistemi HVAC ad alta efficienza, ventilazione naturale, free cooling, raffrescamento evaporativo, etc.
Risorse disponibili nel sito		
1	Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili disponibili nell'impronta dell'edificio	Fotovoltaico, collettori solari termici, pale eoliche installate sull'edificio, etc.
2	Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili disponibili nell'area di proprietà dell'edificio	Fotovoltaico, collettori solari termici, pale eoliche installate in sito ma non sull'edificio, idroelettrico a basso impatto, etc.
Risorse disponibili fuori dal sito		
3	Utilizzo di fonti energetiche rinnovabili disponibili fuori dal sito per produrre energia in sito	Biomassa, pellet, etanolo o biodiesel che possono essere importati nel sito, rifiuti del sito utilizzati per produrre energia elettrica e termica, etc.
4	Acquisto di energia rinnovabile fuori dal sito	Campi eolici, fotovoltaico, crediti di emissione o altre opzioni di acquisto di risorse verdi, etc.



Concetto di bilancio in un Net ZEB. Fonte: Sartori et al., "Net zero energy building: A consistent definition framework", Energy and Buildings, 2012.

carbonica dal consumo diretto di combustibili fossili per il consumo energetico e il trasporto e delle emissioni indirette dovute al processo di lavorazione di prodotti utilizzati nell'edificio (realizzazione di automobili, arredi, etc.).

NZEB: LA GESTIONE DA PARTE DEGLI UTENTI

La progettazione di un edificio ad energia quasi zero è di per sé non particolarmente complessa e già sono diffuse linee guida a questo riguardo.

La verifica e la certificazione dello status ZEB dopo la realizzazione dell'opera è invece un aspetto più delicato. In questo senso assumono fondamentale importanza, oltre che le verifiche e i test di collaudo delle prestazioni energetiche, anche l'accettazione dei materiali in cantiere da parte della direzione lavori in fase di costruzione dell'opera. A fronte di un buon progetto che prevede il raggiungimento di determinate prestazioni per i vari elementi tecnici componenti l'edificio, occorre che la Direzione Lavori controlli e guidi il costruttore a fornire materiali che rispettino le specifiche richieste non solo formalmente, ma anche in maniera sostanziale. A tal proposito, è fondamentale saper leggere i rapporti di prova solitamente forniti con le schede tecniche dei prodotti. L'approvazione di un modello di componente costruttivo non è infatti sufficiente di per sé a garantire la bontà del materiale consegnato in cantiere, ma occorre aggiungere anche altri documenti che confermino la filiera di percorso del prodotto dal test, alla produzione in serie,

alla consegna in cantiere. Le verifiche e i test di collaudo sono per un edificio nZEB molto più approfonditi che per un edificio normale. Ad esempio vanno dal blower door test per la verifica della tenuta all'aria dell'intera struttura, alle prove di trasmittanza con termoflussimetro.

Ma il consumo di energia di uno nZEB, anche dopo un esito positivo delle verifiche post-costruzione, può essere considerato effettivamente "quasi zero"?

A tal riguardo occorre considerare il fattore legato alla modalità di utilizzo dell'edificio da parte degli utenti.

Infatti, tutti i calcoli e le simulazioni che si possono eseguire risulteranno assai di frequente disattese all'atto delle misurazioni in esercizio dell'edificio, data l'imprevedibilità del comportamento umano. Purtroppo non esiste ad oggi una sensibilità diffusa verso un corretto utilizzo degli edifici da parte degli utenti che, molto spesso, considerano le innovazioni tecnologiche introdotte utili solamente ad ottenere una qualsivoglia temperatura all'interno dell'edificio, non tenendo minimamente in considerazione l'ambiente circostante.

È significativo l'esempio di due quartieri residenziali (Janda, "Building don't use energy: people do", 2011): "Premier Garden", un quartiere nZEB, e "Cresleigh Rosewood", un quartiere simile ma con costruzioni di tipo tradizionale. Confrontando i consumi elettrici, sebbene gli abitanti del primo quartiere avessero a fine mese bollette molto più basse dei residenti nell'altro quartiere (per la presenza di produzione elettrica da fonti rinnovabili), i consumi elettrici interni

PARLANDO DI NZEB, CI SI PUÒ RIFERIRE SIA A UN SINGOLO EDIFICIO, COSÌ COME A UN GRUPPO DI EDIFICI CHE NON SONO NECESSARIAMENTE NZEB A LIVELLO SINGOLO BENSÌ A LIVELLO COMPLESSIVO. SE SI PASSA A UNA SCALA DI INTERVENTO SUPERIORE RISPETTO A QUELLA DEL SINGOLO EDIFICIO, E SOPRATTUTTO IN AREE AD ALTA DENSITÀ ABITATIVA, UN INTERVENTO (DI NUOVA COSTRUZIONE O DI RIQUALIFICAZIONE) DOVREBBE ESSERE PIANIFICATO ED INTEGRATO A LIVELLO DI QUARTIERE ("ZERO ENERGY DISTRICT")

delle abitazioni erano essenzialmente simili, sebbene nel primo caso si usassero impianti ad alta efficienza. E' innegabile il fatto che gli utenti svolgano un ruolo cruciale nel calcolo dei consumi energetici ma molto spesso trascurato dai progettisti: aprono finestre, lasciano porte aperte, regolano con temperature eccessive i termostati, ...

Numerosi sono i fattori ambientali che influenzano il comportamento degli occupanti nell'utilizzo degli impianti, comportamento che, ovviamente, influenza a sua volta il consumo energetico.

Tra questi fattori vi sono, ad esempio, la temperatura percepita, la velocità e la qualità dell'aria, l'illuminazione, l'umidità, etc.

Una ulteriore indagine è stata svolta nel 2008, in Danimarca su un campione di 15 abitazioni, al fine di monitorare il comportamento degli utenti in merito all'apertura delle finestre e alla temperatura di set point del riscaldamento. L'o-

biiettivo era quello di definire un modello di comportamento standard da poter inserire nei programmi di simulazione in modo da poter considerare il fattore umano durante la progettazione.

I parametri misurati sono stati: temperatura dell'aria interna ed esterna, umidità relativa interna agli ambienti ed esterna, illuminazione degli ambienti, concentrazione di CO2 nell'ambiente, velocità del vento, radiazione solare, stato dei serramenti (aperti/chiusi), set point delle valvole termostatiche. Per quanto concerne la temperatura di set point, i dati raccolti hanno mostrato una grande variabilità dipendente sia dalle condizioni climatiche esterne ma soprattutto dalla percezione di calore del singolo utente.

Quindi la poca sensibilità unita alla variabilità delle sensazioni umane rende molto difficoltosa la realizzazione di un modello univoco per rappresentare il comportamento umano è assai



Sopra, esempio di scenari di funzionamento dell'edificio. Fonte: www.velux.com

Sotto, esempio di prototipo di Net Zero Energy Building. Fonte: www.haskell.com



ZERO CARBON BUILDINGS SONO EDIFICI CHE NON UTILIZZANO ENERGIA PROVENIENTE DA FONTI CHE GENERANO EMISSIONI DI CO₂ NEL SENSO CHE PRODUCONO UNA QUANTITÀ DI ENERGIA PRIVA DI EMISSIONI DI CO₂ SUFFICIENTE PER IL LORO FUNZIONAMENTO. POSSONO USARE L'ELETTRICITÀ PRODOTTA DA FONTI PRIVE DI EMISSIONI DI CO₂ COME L'EOLICO, IL FOTOVOLTAICO NON INTEGRATE NELL'EDIFICIO O NEL LOTTO DI COSTRUZIONE

Home for Life, Lystrup (DK).
Fonte: www.openbuildings.com

Nella pagina a fianco: Home for Life, Lystrup (DK).
Fonte: www.velux.com

complessa. Per verificare, quindi, se i dati simulati coincidono con quelli reali o, più semplicemente, per avere un quadro completo del funzionamento dell'edificio, l'unico metodo è quello di monitorare le sue performance. Il termine monitoraggio non ha un'accezione univoca, può essere inteso come una serie di misure ad intervalli di tempo determinati che si differenzia per metodologie, tempi e parametri misurati. Nel campo energetico vengono solitamente misurati: consumi elettrici, produzione elettrica, scambio di energia con la rete, temperatura e umidità interna degli ambienti, qualità dell'aria interna, condizioni climatiche esterne, rendimenti delle apparecchiature installate.

Qualunque sia il parametro da controllare, il monitoraggio si basa sull'utilizzo di sensori collegati ad un sistema informatico in grado di raccogliere e catalogare i dati che potranno in seguito essere analizzati per ottenere un quadro del funzionamento o per regolare alcuni parametri in modo da rendere più efficiente l'edificio. L'utente può, in tempo reale, controllare il loro stato di funzionamento e i dati rilevati, dati che vengono inoltre registrati e resi in forma grafica per visualizzare le variazioni del parametro nel tempo. Questi dati possono, però, anche essere resi in una forma grafica più semplice ed intuitiva per consentire agli utenti una maggiore consapevolezza dei consumi dell'e-



dificio e per aiutarli ad interagire con lo stesso. Significativo a tal riguardo è il caso di Home for Life (AART architects, 2008), edificio residenziale situato a Lystrup in Danimarca nel quale è stato installato un efficace sistema di monitoraggio di temperatura interna, qualità dell'aria, illuminazione e umidità ambientale che, oltre ad essere d'aiuto ai proprietari, fornisce un tool interattivo in una pagina Internet dedicata ove è possibile visualizzare in tempo reale il funzionamento dell'edificio e impostare differenti scenari modificando le condizioni al contorno. Il tool consente di effettuare simulazioni scegliendo il mese e le condizioni climatiche (giornata soleggiata, nuvolosa,...) e modificando le condizioni di schermatura interna ed esterna dei serramenti. A seconda della combinazione scelta, il tool suggerisce anche possibili modifiche da apportare per avere il miglior comportamento dell'edificio. Ad esempio, in una giornata invernale di sole può suggerire di aprire le schermature delle finestre esposte a Sud per massimizzare gli apporti solari gratuiti mentre in estate suggerisce la loro chiusura per evitare il surriscaldamento degli ambienti interni. I sistemi di monitoraggio risultano quindi utili per svariati motivi ma soprattutto per identificare in maniera univoca i problemi ed evitare gli sprechi di energia. Inoltre tali sistemi risultano efficaci per dimostrare la rispondenza di un edificio al concetto

di ZEB. Quindi l'uso di sistemi di monitoraggio ben progettati e integrati nell'edificio risultano di grande aiuto sia agli addetti che agli utenti.

La semplicità dell'acronimo nZEB nasconde, come si è visto, un concetto ben più vasto e complesso che comporta una difficoltà oggettiva nella stesura di una definizione condivisa.

L'obiettivo nZEB, risposta dell'edilizia al problema ambientale, viene richiesto sempre più insistentemente dalle normative e porta con sé la necessità di poter valutare come tale un edificio senza ambiguità o discordanti interpretazioni. La sfida del prossimo futuro sarà quella di rendere il sistema di certificazione energetica e del calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici il più possibile semplice e fruibile, anche per i non addetti ai lavori.

E' opportuno infine sottolineare che l'attenzione per gli "nZEB" si è ad oggi focalizzata solo sul consumo di energia necessario per mantenere in un edificio le condizioni di comfort indoor, mentre si è trascurato l'aspetto della valutazione della quantità di energia utilizzata per la sua costruzione (sia in relazione all'involucro, sia ai sistemi impiantistici), così come per quella necessaria alla dismissione al termine della sua vita utile. La definizione di "nZEB" non prende infatti in considerazione il consumo globale di energia durante l'intero ciclo di vita dell'edificio, ma include solamente

il consumo energetico durante la sua fase di esercizio e gestione. Nel prossimo futuro una stima sull'effettiva efficienza di un "nZEB" non potrà prescindere da una valutazione globale dei consumi energetici: il contenimento dei consumi nella fase di esercizio è solo una parte di un più ampio problema energetico e di sostenibilità ambientale.

La scelta di materiali da costruzione, componenti impiantistici, etc., andrà effettuata considerando, oltre a proprietà, caratteristiche e prestazioni, anche il loro LCA (*Life Cycle Assessment*), l'impatto ambientale e la convenienza economica, al fine di riportare il problema ad uno scenario di riferimento più ampio.

A riguardo sono già state proposte modifiche alla definizione di "nZEB", quali LC-ZEB, cioè "*Life Cycle Zero Energy Building*", ovvero un edificio dove l'energia primaria utilizzata nella fase di costruzione ed esercizio e l'energia incorporata nei materiali e nei sistemi utilizzati, inclusi quelli per la generazione di energia da fonti rinnovabili, è uguale o minore rispetto all'energia generata dai sistemi per lo sfruttamento fonti rinnovabili al suo servizio nell'arco di vita dell'edificio stesso. In definitiva, la riduzione dei consumi in fase di esercizio è una strategia fondamentale verso l'efficienza energetica, ma inevitabilmente occorrerà in un prossimo futuro focalizzarsi soprattutto sul ciclo di vita complessivo degli edifici.

