

Passivhaus: requisiti e procedura di certificazione

Marco Filippi

DI COSA PARLIAMO QUANDO PARLIAMO DI PASSIVHAUS

Con il termine Passivhaus intendiamo una ben determinata tipologia di edifici, progettati e realizzati secondo il protocollo messo a punto dall'International Passive House Institute (PHI) di Darmstadt. Il fondatore del PHI, Wolfgang Feist, può essere considerato l'ideatore della Passivhaus, in quanto agli inizi degli anni '90 operò una sintesi delle varie esperienze in ambito di edifici iperisolati ed edifici ad utilizzo passivo dell'energia, e per la prima volta compilò un elenco di criteri tramite i quali si può parlare di "edificio passivo".

La definizione *funzionale* è la seguente: "un edificio è passivo quando le prestazioni termiche dell'involucro edilizio – sia invernali che estive – sono tali da minimizzare il fabbisogno energetico, e da rendere possibile mantenere il comfort termoigrometrico interno tramite la sola aria di mandata della ventilazione meccanica, con una portata non superiore a quella necessaria per il corretto ricambio d'aria igienico".

Tale definizione individua una precisa categoria di edifici, caratterizzati da una minima richiesta di potenza per l'impianto di climatizzazione (presente in una Passivhaus) cui consegue un bassissimo fabbisogno energetico.

Il protocollo Passivhaus ha molti punti in comune con altri protocolli, quali ad esempio CasaClima. È però improprio considerare *passivo* un edificio non progettato secondo il protocollo del PHI. Fulcro del protocollo è il software PHPP (Passive House Planning Package), che permette di eseguire il calcolo energetico e la verifica di tutti i requisiti di certificabilità Passivhaus.

HA ANCORA SENSO LA PASSIVHAUS NELL'ERA DEGLI NZEB?

Gli edifici ad energia quasi zero (Near Zero Energy Buildings, NZEB secondo l'acronimo inglese) sono stati introdotti in Europa con una specifica Direttiva nel 2010, e sono stati pienamente definiti in Italia con il D.M. 26.06.2015. Si potrebbe pensare che il concetto Passivhaus, sicuramente innovativo quando si proponeva come fattore 10 rispetto ai valori contenuti nella vecchia Legge 10/1991, cioè 1/10 del fabbisogno, sia ora superato dagli edifici NZEB. In realtà gli NZEB, per lo meno in Italia, possono essere realizzati con un isolamento termico modesto, non necessariamente ottimale, e con un ampio ricorso a fonti energetiche rinnovabili. Inoltre, la legislazione non ha introdotto criteri di comfort degli

ambienti interni, come ad esempio l'assenza di spifferi e la qualità dell'aria, né ha introdotto l'obbligo di un controllo qualità di progetto e di realizzazione in opera, che invece sono tutti elementi salienti delle Passivhaus. Questo porta ad affermare che le Passivhaus non sono passate di moda, ma rappresentano anzi la risposta più seria che si possa dare alla richiesta europea di edifici a basso consumo energetico.

CRITERI DI CERTIFICAZIONE: NUOVI EDIFICI

Il concetto Passivhaus, originariamente nato e sviluppato attorno ad esigenze principalmente invernali, si è col tempo arricchito di esperienze e studi su climi caldi e umidi, con una evoluzione del protocollo sulla valutazione del periodo estivo.

Dal 2015, i requisiti per gli edifici Passivhaus di nuova realizzazione sono descritti nella tabella 1, rispetto alla quale valgono le seguenti considerazioni:

- Per *fabbisogno annuo di riscaldamento* si intende l'energia netta richiesta dall'involucro termico all'impianto di climatizzazione, e consta di un bilancio tra le perdite di energia per trasmissione e ventilazione e i guadagni interni e solari. Tale bilancio è esteso a tutta la stagione di riscaldamento. Analogo discorso vale per il *fabbisogno annuo di raffrescamento*, considerando tutta la stagione di raffrescamento.
- L'energia primaria considerata nel relativo indice è quella consumata dagli impianti, ossia riscaldamento, raffrescamento, deumidificazione, acqua calda sanitaria e ventilazione, oltre a quella degli elettrodomestici e dell'illuminazione. In questa valutazione, ai fini della certificazione Passivhaus, non è possibile tenere conto dell'energia prodotta da eventuali impianti fotovoltaici, che quindi non contribuiscono a mantenere l'indice di energia primaria al di sotto del limite richiesto.
- Il valore di tenuta all'aria rappresenta i ricambi d'aria orari dovuti alle infiltrazioni/esfiltrazioni in presenza di una differenza di pressione tra interno ed esterno di 50 Pa, che corrisponde all'incirca ad un vento a 30 km/h.

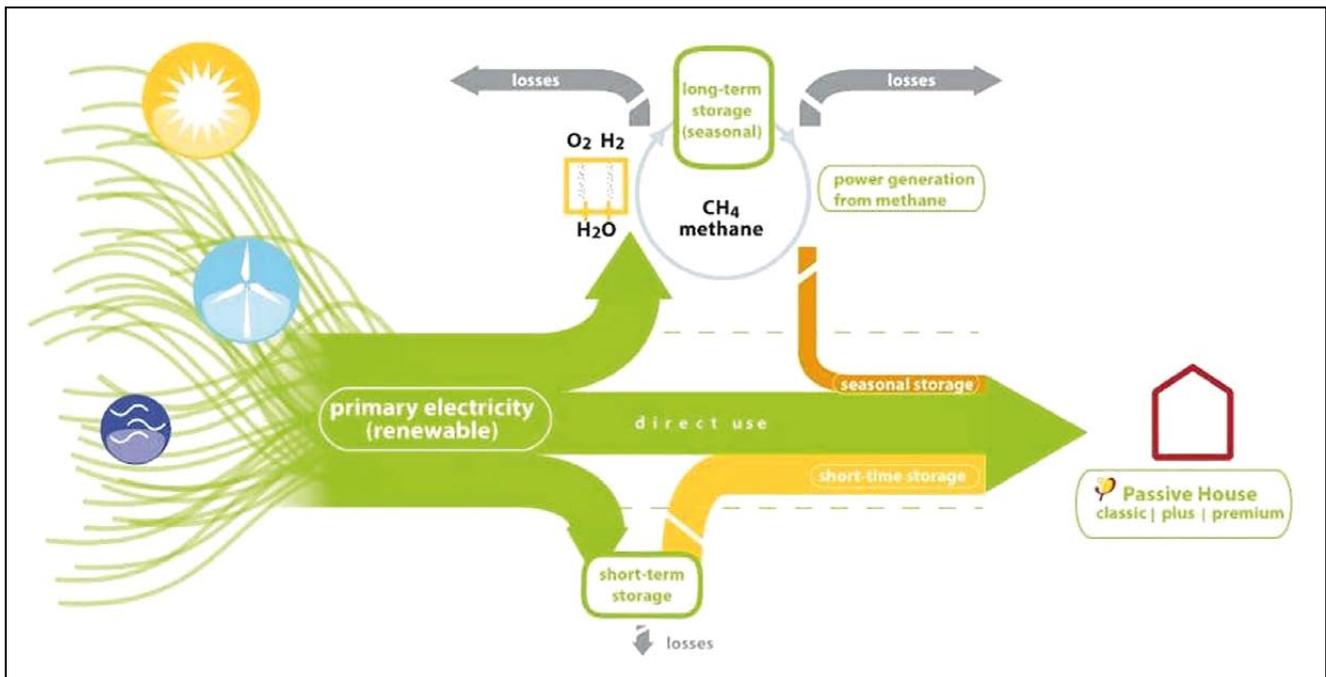
LE CLASSI ED IL CONCETTO DI ENERGIA PRIMARIA RINNOVABILE

La più importante modifica al protocollo Passivhaus, introdotta con la versione 9 del PHPP, è stata sicuramente l'introduzione del concetto di Energia Primaria Rinnovabile (EPR), e la relativa possibilità di certificare un edificio Passivhaus secondo tre classi – "Classic", "Plus" e "Premium" – a seconda del rispetto sia di criteri sull'EPR che di criteri sulla produzione di energia da fonti rinnovabili.

L'EPR considera uno scenario energetico generale in cui il 100% dell'energia provenga da fonti rinnovabili. La produzione di energia da fonti rinnovabili risente pesantemente delle condizioni meteorologiche (ad esempio, l'eolico funziona solo con determinate intensità di vento) e stagionali (ad esempio, la resa del fotovoltaico è molto minore nella stagione invernale). Per questo motivo vi è la necessità di stoccare parte dell'energia nel tempo, per poterla usare quando la fonte rinnovabile è meno disponibile. Gli stoccaggi possono essere di breve periodo (ad esempio le batterie al litio o i bacini a monte di una condotta idroelettrica) o di lungo periodo. In quest'ultimo caso, il modello energetico si basa sulla generazione di metano sintetico sfruttando energia da fonte rinnovabile, attraverso un processo chimico che ha come reagenti l'anidride carbonica (CO₂) e l'idrogeno (H₂). La conversione energetica comporta perdite di energia, ragion per cui si introducono dei fattori EPR, pari al rapporto energia approvvigionata/energia effettivamente consumata. I fattori EPR variano a seconda dei dati climatici locali e sono diversi per i vari utilizzi di energia nel singolo progetto: riscaldamento, raffrescamento, deumidificazione, acqua calda sanitaria e altri. Si può capire come – almeno per le località italiane – il fattore EPR più alto sia quello per il riscaldamento: in inverno c'è scarsa produzione da fonti rinnovabili, per cui si dovrà ricorrere agli stoccaggi di lungo termine e dunque – a causa delle perdite – si consumerà più energia rinnovabile per unità di energia utilizzata rispetto alla stagione estiva, dove si ha invece maggiore contemporaneità tra produzione ed utilizzo con conseguente minor ricorso agli stoccaggi.

PARAMETRO	REQUISITO
Fabbisogno termico annuo per riscaldamento	≤ 15 kWh/m ² a
Carico termico	≤ 10 W/m ² (in alternativa a quanto sopra)
Fabbisogno frigorifero annuo per raffrescamento	≤ 15 kWh/m ² a + deumidificazione (in presenza di impianto di raffrescamento)
Fabbisogno frigorifero annuo per raffrescamento e carico frigorifero estivo (criterio alternativo al precedente)	Energia utile estiva ≤ valore che dipende dai dati climatici Carico termico invernale ≤ 10 W/m ² + (carichi interni – 2,1) W/m ²
% ore surriscaldate	10% (in assenza di impianto di raffrescamento)
Ore con umidità > 12 g/kg (ossia 25°C / 50%UR)	≤ 20% in assenza di impianto ≤ 10% in presenza di impianto
Tenuta all'aria n ₅₀	≤ 0,60 h ⁻¹
Energia primaria	≤ 120 kWh/m ² a

Tabella 1. Requisiti Passivhaus attuali.



Schema che rappresenta il flusso dell'Energia Primaria Rinnovabile (fonte: Passivhaus Institut).

Lo schema riportato sopra esemplifica il percorso dell'energia nel modello EPR, dalla produzione all'utilizzo all'interno della Passivhaus:

Sulla base dell'EPR gli edifici passivi si dividono in tre classi:

- Passivhaus Classic, con $EPR \leq 60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$;
- Passivhaus Plus, con $EPR \leq 45 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ e contestuale produzione di energia da fonti rinnovabili $\geq 60 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (dove l'area di riferimento è l'area proiettata dall'involucro termico a livello del terreno);
- Passivhaus Premium, con $EPR \leq 30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ e contestuale produzione di energia da fonti rinnovabili $\geq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Questi limiti sono "flessibili": è ammesso uno sfioramento nell'EPR (fino ad un massimo di $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$) se compensato da una maggiore produzione di energia da fonti rinnovabili. Vale anche il viceversa: se l'edificio ha un fabbisogno di energia molto basso, allora può essere ridotta la quota di fonti rinnovabili.

Le tre classi di Passivhaus si differenziano esclusivamente per i requisiti dell'energia primaria: tutti i requisiti relativi alla qualità dell'involucro sono i medesimi, riassunti in tabella 1. Il concetto Passivhaus, al di là di aggiustamenti implementati nel corso degli anni, è rimasto il medesimo di quello ideato quasi 30 anni fa. Questo dimostra la solidità del metodo, e permette dei confronti oggettivi tra edifici realizzati in tempi diversi.

ENERPHIT: PROTOCOLLO SPECIFICO PER LE RISTRUTTURAZIONI

Il PHI ha messo a punto un protocollo specifico per le ristrutturazioni, tema quanto mai attuale se si pensa al problema del consumo di suolo e alla vetustà del parco immobiliare,

la gran parte del quale è stata realizzata precedentemente all'introduzione della prima legge italiana sul risparmio energetico in edilizia.

In un progetto di ristrutturazione si devono affrontare maggiori difficoltà date da: esposizione, ombreggiamenti, ponti termici, spessori a disposizione, vincoli culturali/paesaggistici e così via. Il protocollo EnerPHit considera queste cause limitanti e perciò presenta – per il solo riscaldamento – limiti di fabbisogno energetico lievemente più alti. Questi valori sono riportati nella tabella 2 suddivisi per le diverse zone climatiche. Oltre a ciò, sempre in considerazione della situazione più difficile rappresentata dalle ristrutturazioni rispetto alle nuove costruzioni, il valore massimo per la tenuta all'aria dell'edificio è fissato a $1,0 \text{ h}^{-1}$ (anziché $0,6 \text{ h}^{-1}$).

I valori limite per l'EPR sono simili a quelli del protocollo Passivhaus, solo lievemente più alti.

ZONA CLIMATICA	FABBISOGNO TERMICO ANNUO PER RISCALDAMENTO	FABBISOGNO FRIGORIFERO ANNUO PER RAFFRESCAMENTO
artico	35 kWh/m ² a	come protocollo PHI per i nuovi edifici
freddo	30 kWh/m ² a	
fresco-temperato	25 kWh/m ² a	
caldo-temperato	20 kWh/m ² a	
caldo	15 kWh/m ² a	
molto caldo	–	
torrido	–	

Tabella 2. Requisiti EnerPHit sull'involucro. Per l'Italia si consideri il fresco-temperato ed il caldo-temperato.



Due fasi di cantiere relative alla posa dell'isolamento termico.

In alternativa, è possibile certificare un edificio con il protocollo EnerPHit con il metodo di verifica *per componenti*. In questo caso vi sono requisiti per le trasmittanze termiche massime ammissibili e per il grado di efficienza del recuperatore di calore, oltre al requisito sulla tenuta all'aria e sull'EPR (uguali al protocollo EnerPHit già spiegato sopra). Per brevità non si riportano qui il dettaglio di tutti i requisiti, che sono comunque liberamente scaricabili dal sito www.passivehouse.com.

Molto interessante nella certificazione EnerPHit è l'approccio "step by step" (passo a passo). Questo approccio considera il caso più comune, ossia quello in cui si procede a piccoli interventi in tempi diversi, invece che ad una ristrutturazione integrale. In questo caso si procede ad una "precertificazione" sulla base del progetto completo di tutti gli interventi, anche se questi non avverranno contemporaneamente. La certificazione vera e propria verrà rilasciata al completamento dell'ultimo degli interventi previsti. Il vantaggio di questo approccio è che obbliga il progettista a guardare oltre al singolo intervento parziale: nell'esempio del cambio serramenti seguito da isolamento a cappotto, il nodo finestra dovrà già essere predisposto per la successiva coibentazione, che avverrà magari un paio d'anni più tardi.

CRITERIO DI COMFORT E CRITERIO DI IGIENE

Accanto al rispetto dei criteri energetici di cui si è discusso nei precedenti paragrafi, il protocollo Passivhaus richiede la verifica che, nella stagione di riscaldamento, non vi siano aree fredde sulla superficie interna dell'involucro termico. Questo serve ad evitare fenomeni di asimmetria radiante che potrebbero pregiudicare il comfort termico (Criterio di Comfort) ed a verificare l'assenza di formazione di condensa o muffa (Criterio di Igiene). La verifica del Criterio di Comfort si traduce in una verifica sulla trasmittanza termica degli elementi disperdenti opachi e trasparenti. La trasmittanza limite dipende dal clima locale: tanto più questo è rigido, tanto più bassa sarà la trasmittanza limite accettabile del componente in questione. In genere, per una Passivhaus non è un problema ottemperare al requisito per le superfici opache, mentre può essere più complicato per i serramenti.

Il Criterio di Igiene si traduce nella verifica del rispetto di un valore minimo ammissibile del fattore di temperatura (valore f_{Rsi}), calcolato grazie ad una modellazione del ponte termico agli elementi finiti. L' f_{Rsi} è definito come $(T_{si} - T_e) / (T_i - T_e)$, dove T_{si} è la temperatura puntuale sulla superficie interna; T_i è la temperatura dell'ambiente interno e T_e la temperatura di progetto esterna. La verifica dell' f_{Rsi} è più stringente rispetto alla verifica di muffa e condensa richiesta dal D.M. 26.06.2015, in quanto viene fatta considerando il 50% di umidità relativa interna, mentre la verifica di legge in Italia, in presenza di ventilazione meccanica, permette valori di umidità relativa più bassi.

La tabella 3 riporta i valori minimi ammissibili per l' f_{Rsi} , a seconda della zona climatica.

ASPETTI SALIENTI DEL PROTOCOLLO PASSIVHAUS

Quando si approccia la progettazione secondo il protocollo Passivhaus, specialmente la prima volta, sorgono spontaneamente alcuni quesiti. Di seguito vengono riassunte le domande più frequenti in merito alla progettazione Passivhaus.

- **Dati climatici.** A partire dalla versione 9 del PHPP, il PHI richiede che nel calcolo per la certificazione sia utilizzato un set di dati climatici validato dal PHI stesso. Il PHPP

ZONA CLIMATICA	f_{Rsi}
artico	$\geq 0,80$
freddo	$\geq 0,75$
fresco-temperato	$\geq 0,70$
caldo-temperato	$\geq 0,65$
caldo	$\geq 0,55$
molto caldo	–
torrido	–

Tabella 3. Fattori di temperatura f_{Rsi} minimi per il criterio di igiene. Per l'Italia si consideri il fresco-temperato ed il caldo-temperato.



Case Sabin a Pieve di Soligo (TV), uno dei primi esempi in Italia di edificio plurifamiliare in standard Passivhaus.

contiene già una serie di dati validati, che si riconoscono dalla presenza di una stringa alfanumerica, ad esempio "IT-0019a-Venezia" identifica il set di dati validati per Venezia. Per la certificazione, dunque, ci si rifà a dati esistenti, ma solo se effettivamente rappresentativi del clima locale. Normalmente questa verifica viene demandata al certificatore: nel caso in cui nessuno dei dati validati disponibili rappresenti correttamente il clima locale, il PHI provvederà all'emissione di un nuovo set, che renderà poi disponibile a tutta la comunità di progettisti Passivhaus.

Diversa cosa è invece la progettazione con protocollo Passivhaus. In questo caso il progettista è invitato a considerare più fonti e utilizzare gli opportuni fattori di sicurezza per il dimensionamento degli impianti. Fonti attendibili per i dati climatici sono Meteonorm, Passipedia, Weather Underground, l'ARPA e – se disponibili – le stazioni meteo in prossimità del cantiere.

- **La conducibilità termica dei materiali isolanti.**

La conducibilità termica da usare in PHPP è quella di progetto, calcolata secondo le norme EN 10456 e UNI 10351 (così come per qualsiasi altro calcolo termotecnico in Italia). Le correzioni del valore della conducibilità termica dichiarata (λ_D) espresso nella marcatura CE sono eventuali e non obbligatorie: sono previste infatti per condizioni di umidità e temperatura differenti da quelle convenzionali di riferimento. È consigliabile comunque peggiorare il valore λ del 5-10% per tenere conto del cantiere. Va inoltre considerato che l'accettazione dei materiali in cantiere, lo stoccaggio, la movimentazione e la posa sono importanti almeno quanto il λ di progetto.

- **I ponti termici.** Il dubbio principale riguarda quanti e quali ponti termici considerare. In effetti, in un qualsiasi edificio si possono scovare decine di ponti termici: ha senso calcolarli tutti?

Il criterio principale deve essere il buonsenso, anche tenendo in considerazione che la responsabilità di eventuali difetti (ad esempio "performance gap" o problemi di muffa) è in capo

al progettista. In caso di dubbio o quando si studia un nodo per la prima volta, è sempre consigliabile eseguire il calcolo del ponte termico. Quando si ha a che fare con nodi simili a nodi già studiati, se le differenze sono esigue, non serve ricalcolare il dettaglio; infine, se il nodo è simile a un dettaglio presente in un abaco, si può utilizzare il valore dell'abaco. Nel PHPP c'è un foglio denominato *Superfici* dove vanno inseriti i ponti termici dei componenti opachi (compreso il portoncino), con riferimento ai seguenti casi:

- ponti termici calcolati;
- ponti termici non calcolati ma analoghi ad altri calcolati per altri lavori;
- ponti termici non calcolati ma desumibili da abachi.

Vanno inseriti tutti i ponti termici con trasmittanza termica lineica uguale o maggiore a 0,01 W/mK. Quelli inferiori a 0,01 W/mK possono essere inseriti, a discrezione del progettista.

In una Passivhaus con nodi ben risolti i seguenti ponti termici sono tipicamente negativi:

- attacco a terra delle murature;
- nodo parete/copertura;



Test di tenuta all'aria in corso d'opera e verifica delle infiltrazioni puntuali con l'ausilio di un anemometro.



Sigillatura del nodo tra parete e finestra.

- angolo tra pareti;
mentre sono tipicamente trascurabili:
- pilastro;
- cordolo interpiano.

Discorso a parte meritano i ponti termici puntuali: normalmente non serve calcolarli, se in numero trascurabile. Eventualmente, la norma EN 6946 prevede un calcolo semplificato del ponte termico dovuto a fissaggi metallici puntuali che interrompono lo strato coibente; in caso di dubbio è però necessario eseguire un calcolo del ponte termico 3D.

Infine, l'approccio dovrà essere più rigoroso in caso di isolamento dall'interno (progetti EnerPHit).

IL VALORE AGGIUNTO DELLA CERTIFICAZIONE

Una Passivhaus può dirsi tale anche se non è certificata, purché – come già detto – si sia seguito il protocollo PHI ed effettuate le verifiche energetiche con il PHPP. Ma allora, quali sono i vantaggi della certificazione?

In primo luogo, la certificazione è un sigillo di qualità, perché l'iter riprende alcuni tratti tipici dei sistemi di gestione per la qualità (come per esempio la norma ISO 9001), quale il controllo di parte terza.

In secondo, fornisce una validazione dell'operato del progettista sia nei confronti del cliente che nei confronti del progettista stesso, che tramite l'interscambio di informazioni con il certificatore può confermare o migliorare il proprio approccio alla progettazione di edifici passivi.

Non da ultimo, la certificazione permette di far conoscere l'edificio grazie al database internazionale. Far crescere la comunità di interessati alle Passivhaus significa anche sviluppare la domanda di edifici "ecologici", dove questo termine – usato con la massima cautela – è giustificato dal fatto che una Passivhaus spreca pochissima energia in tutta la fase di vita utile dell'edificio.

IG PASSIVHAUS Friuli Venezia Giulia

Passivhaus significa competenze progettuali, attenzione ai dettagli, accuratezza nell'esecuzione e garanzia di professionalità da parte di consulenti, progettisti, tecnici, imprese e maestranze.

L'associazione IG Passivhaus FVG (IGP FVG) vuole contribuire a livello territoriale a diffondere questo sapere e a promuovere i necessari criteri di qualità.

Questo fascicolo fa parte di una raccolta di approfondimenti tecnici curata da IGP FVG con il coordinamento di APE FVG, suddivisi nelle seguenti aree tematiche:

1. Principi e comfort
2. Involucro opaco
3. Serramenti
4. Ponti termici
5. Tenuta all'aria
6. Impianti

I contenuti sono di proprietà degli autori, sono sviluppati in autonomia e non necessariamente rispecchiano la posizione del Passivhaus Institut, o di altri enti che rappresentano lo standard Passivhaus.

È vietato l'uso del presente materiale, da parte di chiunque, per scopi di carattere commerciale o per finalità estranee a quelle di IGP FVG e di APE FVG.

Testo e immagini:
ing. Marco Filippi

certificatore accreditato presso il Passive House Institute di Darmstadt, libero professionista e componente del team di Energy Plus Project, ha partecipato alla progettazione del primo edificio realizzato secondo il protocollo Passivhaus in clima desertico



Publicazione:
dicembre 2018



APE Agenzia Per l'Energia
del Friuli Venezia Giulia
www.ape.fvg.it

Coordinamento e impaginazione grafica:
Agenzia per l'Energia del Friuli Venezia Giulia
via Santa Lucia, 19
33013 Gemona del Friuli (UD)
tel. + 39 0432 980 322
info@ape.fvg.it