

Fabrizio Cumo

Umberto Di Matteo

Sabrina Burlandi

ITACA

APPLICAZIONE CRITICA DEL PROTOCOLLO PER LA VALUTAZIONE
DELLA SOSTENIBILITÀ ENERGETICA E AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

CASI DI STUDIO IN EDILIZIA RESIDENZIALE E TERZIARIA



GANGEMI  EDITORE

©

Proprietà letteraria riservata
Gangemi Editore spa
Piazza San Pantaleo 4, Roma
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa
pubblicazione può essere
memorizzata, fotocopiata o
comunque riprodotta senza
le dovute autorizzazioni.

*Le nostre edizioni sono disponibili
in Italia e all'estero anche in
versione ebook.*

*Our publications, both as books
and ebooks, are available in Italy
and abroad.*

ISBN 978-88-492-2483-2

ITACA

APPLICAZIONE CRITICA DEL PROTOCOLLO PER LA VALUTAZIONE
DELLA SOSTENIBILITÀ ENERGETICA E AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

CASI DI STUDIO IN EDILIZIA RESIDENZIALE E TERZIARIA

ITACA

APPLICAZIONE CRITICA DEL PROTOCOLLO PER LA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ ENERGETICA E AMBIENTALE DEGLI EDIFICI
CASI DI STUDIO IN EDILIZIA RESIDENZIALE E TERZIARIA

a cura di: Fabrizio Cumo, Umberto Di Matteo, Sabrina Burlandi

Riconoscimenti

L'arch. Alessandra Ricci ha curato la stesura dei capitoli 2, 3 e 5.

L'arch. Elisa Pennacchi ha curato la stesura del capitolo 6.

Il caso di studio riportato nel capitolo 5 fa riferimento ad un progetto architettonico elaborato dall'allievo Michele D'Ambrogio durante il corso di composizione architettonica della facoltà di "Scienze geo-cartografiche, estimative ed edilizie" dell'Università degli Studi Guglielmo Marconi nell'anno accademico 2010-11, tenuto dalla la Prof.ssa Sabrina Burlandi

Si ringrazia la dott.ssa Annarita Manco per la dedizione profusa nella revisione del testo.

Sommario

Prefazione	7
1 Lo sviluppo sostenibile	9
1.1 Sostenibilità e sviluppo sostenibile.....	9
1.2 Il Protocollo di Kyoto.....	12
1.3 L'Agenda 21.....	15
1.4 Il Patto dei Sindaci.....	17
2 Progettare la sostenibilità	21
2.1 Introduzione.....	21
2.2 Il contesto ambientale.....	22
2.2.1 <i>Analisi del microclima</i>	22
2.2.2 <i>Fonti energetiche rinnovabili</i>	24
2.2.3 <i>Clima acustico</i>	24
2.3 L'involucro edilizio.....	24
2.3.1 <i>La norma UNI 8290</i>	24
2.4 Prestazione energetica dell'edificio.....	32
2.4.1 <i>Forma dell'edificio</i>	37
2.4.2 <i>Orientamento dell'edificio</i>	37
2.5 Gli impianti tecnologici.....	38
2.5.1 <i>Sistemi impiantistici per la climatizzazione</i>	38
2.5.2 <i>Sistemi impiantistici a fonti rinnovabili</i>	40
2.6 Brevi considerazione finali.....	43
3 La valutazione della sostenibilità ambientale	45
3.1 Introduzione.....	45
3.2 Il metodo BREEAM.....	46
3.3 Il marchio CasaClima.....	47
3.4 Il sistema HQE.....	48
3.5 Swan Ecolabelling – Nordic Ecolabelling for Small houses.....	50
3.6 Il metodo LEED.....	51
3.7 Il metodo GBC.....	53
3.8 Il metodo CASBEE.....	54
3.9 Lo standard Passivhaus.....	55
3.10 Il marchio Minergie®.....	57
3.11 Il metodo Built Green.....	58
3.12 Il metodo Nabers.....	59
3.13 Il metodo HK-BEAM.....	59
4 Il protocollo Itaca	61
4.1 La certificazione energetica: ITACA.....	61
4.2 Il Protocollo Itaca.....	63
4.3 La struttura del protocollo ITACA.....	65
4.3.1 <i>La scala di valutazione</i>	69
4.4 L'evoluzione del protocollo ITACA.....	70
4.5 Il protocollo Itaca sintetico.....	72

5	Applicazione del protocollo ITACA Caso studio – Edificio residenziale	75
5.1	Introduzione	75
5.2	Inquadramento geografico.....	76
5.3	Inquadramento urbanistico	77
5.4	Descrizione della struttura oggetto di studio.....	82
5.5	Materiali ecosostenibili impiegati.....	88
5.5.1	<i>Utilizzo di materiali riciclati e/o di recupero.....</i>	<i>89</i>
5.6	Le scelte progettuali.....	89
5.6.1	<i>Le chiusure verticali.....</i>	<i>89</i>
5.6.2	<i>Le chiusure orizzontali.....</i>	<i>92</i>
5.6.3	<i>Le strutture vetrate ad elevate prestazioni termiche e illuminotecniche.....</i>	<i>97</i>
5.7	Progetto impiantistico.....	97
5.7.1	<i>Impianto a collettori solari.....</i>	<i>97</i>
5.7.2	<i>Impianto a fonti rinnovabili.....</i>	<i>98</i>
5.7.3	<i>Impianto idrico-sanitario.....</i>	<i>99</i>
5.7.4	<i>Impianto di irrigazione.....</i>	<i>99</i>
5.8	Consumo energetico negli edifici.....	100
5.9	Strategie di gestione dei rifiuti solidi.....	100
5.10	Applicazione del protocollo ITACA 2011.....	102
6	Applicazione del protocollo ITACA Caso studio - Uffici.....	119
6.1	Introduzione	119
6.2	Inquadramento territoriale e morfologico.....	121
6.3	Progetto architettonico. Descrizione della struttura oggetto di studio	123
6.4	Tecnologie ecosostenibili impiegate. Utilizzo di materiale naturale, riciclabile, smontabile e a basso consumo energetico: strutture e rivestimenti in legno	125
6.5	Scelte progettuali.....	126
6.5.1	<i>Le strutture di elevazione e le chiusure verticali.....</i>	<i>126</i>
6.5.2	<i>Le chiusure orizzontali (inferiore e superiore)</i>	<i>128</i>
6.5.3	<i>Le strutture vetrate ad elevate prestazioni termiche e illuminotecniche.....</i>	<i>133</i>
6.5.4	<i>Le strutture di fondazione</i>	<i>135</i>
6.6	Progetto impiantistico.....	136
6.6.1	<i>Impianto idrico-sanitario.....</i>	<i>136</i>
6.6.2	<i>Recupero acque piovane e riuso delle acque grigie.....</i>	<i>136</i>
6.6.3	<i>Fitodepurazione</i>	<i>137</i>
6.6.4	<i>Impianto di climatizzazione e ricambio d'aria.....</i>	<i>139</i>
6.6.5	<i>Sistemi di sfruttamento dell'energia solare: collettori a concentrazione e pannelli fotovoltaici</i>	<i>140</i>
6.6.6	<i>Certificazione energetica.....</i>	<i>141</i>
6.7	Applicazione del protocollo ITACA 2011.....	142
7	Conclusioni.....	161
	Bibliografia	167
	WEBLIOGRAFIA	170

Prefazione

Prof. Franco Gugliermetti

In questo volume viene affrontato, in maniera organica e facilmente fruibile, il tema della certificazione ambientale degli edifici, che è oggi di grande attualità sia sul fronte della ricerca che su quello della vita economica del paese. L'opportunità e l'esigenza di promuovere una certificazione ambientale degli edifici nasce dall'idea di voler completare la certificazione energetica, oggi obbligatoria, con una di tipo ambientale, volontaria e complementare, che affronta problematiche legate all'impatto ambientale e alla qualità degli edifici.

Il futuro del mondo delle costruzioni si gioca sui temi legati alla sostenibilità. La capacità di rispondere efficacemente alle sfide ambientali, sociali ed economiche dei prossimi anni peserà in modo determinante su tutti gli addetti ai lavori, che avranno pertanto bisogno di adeguarsi ai nuovi paradigmi di sviluppo. Il termine «sostenibilità» è entrata di prepotenza nella coscienza collettiva alla fine del secondo millennio, diventando un elemento essenziale nella progettazione e realizzazione dei processi edilizi. Da questa consapevolezza è derivato il termine di "architettura sostenibile", che vuole rappresentare una nuova concettualizzazione dell'architettura, rivista in coerenza con il pensiero di uno sviluppo sostenibile inteso come "*meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.*"

Il settore dell'edilizia è responsabile di circa il 40% del consumo di energia e di risorse naturali a livello mondiale, ed è un settore che contribuisce per circa il 40% all'emissioni globali di CO₂ in atmosfera. Le proiezioni di crescita degli agglomerati edilizi urbani, secondo le previsioni del *World Urbanization Prospects*, portano a stimare che nel 2030 il 60% della popolazione mondiale vivrà nelle città per raggiungere il 70% nel 2050. Da questi dati è facile comprendere che l'edilizia civile, intesa come l'insieme delle tecniche edilizie e delle conoscenze finalizzate alla progettazione e realizzazione di costruzioni destinate all'uso residenziale, abbia e avrà una influenza sempre più forte e diretta sulla quotidianità. Poiché la domanda e il consumo di risorse, sulla base degli attuali trend, saranno nei prossimi anni in costante aumento, sarà necessario mettere in campo nuove competenze, sempre più integrate tra di loro, al fine di sostenere una corretta gestione del processo edilizio. Occorre

quindi perseguire, sin da oggi, gli obiettivi generali per realizzare una "crescita" coerente con i principi della sostenibilità, quali ad esempio quelli sociali ed economici dei modelli di sviluppo e delle trame insediative, e quelli ambientali dei contesti antropizzati rispetto al loro rapporto con le aree "naturali". Questi temi dovranno essere integrati nella gestione delle trasformazioni territoriali, nella pianificazione e progettazione delle aree edificate, il cui benessere deriverà dall'applicazione di modelli armoniosi di sviluppo, in grado di costituire l'armatura su cui fondare la futura società e supportare quella contemporanea.

All'interno di questo contesto va visto lo sforzo e l'attenzione che il mondo della ricerca e della produzione sta' approfondendo alle tematiche legate alla sostenibilità e qualificazione ambientale del processo edilizio, in coerenza con i requisiti imposti dal protocollo di Kyoto nei riguardi della riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra.

Gli esempi applicativi del protocollo Itaca elaborati nelle due versioni, sintetica ed estesa, e riportati nel presente volume non vogliono in alcun modo essere esaustivi, ma, provenendo dalla diretta esperienza professionale e di ricerca degli autori, intendono solo fornire un contributo alla diffusione delle tematiche della sostenibilità e del risparmio energetico in ambito edilizio. Gli argomenti trattati, peraltro, si pongono nel solco di una intensa attività di indagine ed approfondimento che vede da tempo gli autori profondamente impegnati nei confronti delle tematiche dell'innovazione e della sostenibilità, anche nella prospettiva del trasferimento dei loro risultati al mondo produttivo.

Per la completezza e l'estensione dei temi trattati si può affermare che il presente volume rappresenta "lo stato dell'arte" della ricerca nel campo della certificazione ambientale degli edifici, mentre per il taglio espositivo adottato dagli autori può risultare di interesse anche per i professionisti che si vogliono accostare ad una problematica interessante, ma complessa, quale la sostenibilità ambientale degli edifici..

6

Applicazione del protocollo ITACA Caso studio - *Uffici*

Contenuto: Il presente capitolo riguarda l'applicazione del Protocollo Itaca nazionale 2011 ad una struttura di nuova costruzione, destinata ad uffici, posta in un'area fortemente urbanizzata di Roma Capitale, che necessita di interventi di valorizzazione e riqualificazione del territorio. Di seguito, verranno pertanto illustrate le scelte progettuali individuate, al fine di integrare esigenze di impianti tecnologici ad elevata efficienza e sostenibilità ambientale.

6.1 *Introduzione*

Per valutare la sostenibilità ambientale ed energetica di un edificio è possibile applicare le linee guida del Protocollo Itaca nazionale 2011 per uffici, sviluppato in conformità alle "Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica" e prevalentemente per la parte impiantistica alle norme tecniche UNI-TS 11300-1-2-3:2008.

Il protocollo è strutturato come processo di valutazione attraverso un certo numero di indicatori di prestazione, in relazione a singoli requisiti. L'utilizzo di tale strumento fornisce a tecnici, progettisti, Amministrazioni comunali e imprenditori i mezzi per attuare politiche energetico-ambientali a livello locale, permettendo di raggiungere elevati standard di sostenibilità ambientale.

A tale scopo, si è deciso di prendere in esame il progetto per una gestione sostenibile delle attività umane, realizzato dal DIAEE dell'Università Sapienza di Roma, in attuazione di una convenzione con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ed in collaborazione con Roma Capitale.



Fig. 6.1 Particolare dell'interno di una delle sale polivalenti

La normativa in materia di rendimento energetico degli edifici (D.Lgs. 192/05 e D.Lgs. 311/06), imponendo valori limite alle prestazioni energetiche d'involucro, ha contribuito a far sì che fossero sviluppate soluzioni tecniche in grado di rispondere ai requisiti dettati dalla legge. L'approccio progettuale nel caso studio oggetto di analisi, è stato quello di implementare un processo edilizio che tenesse conto in tutte le sue fasi - progettazione, esecuzione e gestione - della sostenibilità ambientale.

Il progetto è stato impostato con il fine di individuare le migliori soluzioni, relative alle componenti dell'involucro edilizio, che meglio si integrassero alle esigenze di impianti tecnologici ad elevata efficienza. Pertanto, particolare attenzione è stata rivolta all'individuazione di "nuove" stratigrafie d'involucro che fornissero elevate prestazioni, sia dal punto di vista termo-fisico che da quello della sostenibilità dei materiali e tecnologie adottate.

Obiettivo non secondario è stato anche quello di testare sul campo gli effetti congiunti di soluzioni e componenti (e.g. tetto verde, materiali ecocompatibili quali il legno, freno al vapore piuttosto che barriera al vapore, etc.), delle quali, singolarmente, se ne conoscono vantaggi ma che, raramente, sono stati oggetto di analisi e studio in unico edificio. Particolare attenzione è stata posta sulle ricadute che un processo edilizio siffatto, con elevata sostenibilità ambientale ed elevata efficienza energetica, può avere sul benessere termo-igrometrico degli spazi interni.

È stato possibile realizzare l'intervento e le successive fasi di ricerca, all'interno di Roma Capitale, in un contesto fortemente urbanizzato, da valorizzare e riqualificare attraverso una struttura di nuova costruzione destinata ad uffici, per una società che si occupa di formazione professionale.

6.2 Inquadramento territoriale e morfologico

L'area oggetto d'intervento ricade all'interno del XII Municipio Roma Capitale, in località Tor de Cenci, nelle immediate vicinanze della S.S. Pontina, in via degli Eroi di Rodi, posta ad una quota di 46 m s.l.m.. L'area densamente urbanizzata e pianeggiante confina a nord con la zona del Torrino, ad est con la zona di Vallerano, a sud con la zona di Castel Porziano e a nord-ovest con la zona di Mezzocammino.

Il lotto è catastalmente individuabile al foglio 1150 particella 2533, con una superficie di circa 5.000 m², con un'area verde di 4.300 m²; l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio, ovvero l'area del lotto al netto dell'impronta dell'edificio, è di 4300 m² (di cui 4000 di prato in piena terra e 300 di pavimentazione continua).

Secondo prescrizioni del PRG ricade nei "Sistemi dei servizi e delle infrastrutture", in particolare: Verde pubblico e servizi pubblici di livello locale. Dal PTPR sistemi ed ambiti del paesaggio ricade in "Paesaggi", in particolare: Paesaggio degli insediamenti urbani.

Spinaceto nato all'inizio degli anni '70 come "quartiere dormitorio", è poi rinato come zona commerciale, e dista 1 km dal Grande Raccordo Anulare e meno di 5 dall'Eur. La zona è servita da un sistema di trasporto pubblico gestito dall'ATAC (n. 705, 706, 708, 078, 21).

L'area oggetto d'intervento è situata a poche centinaia di metri da strutture di servizio (ufficio postale a 400 m, farmacia a 260 m) e di commercio (ristoranti a 300 m, edicola a 350 m) e a circa 20 m dall'area di raccolta di carta, plastica e rifiuti speciali.

La distanza media del lotto d'intervento dalle reti infrastrutturali esistenti (acquedotto a 20 m, rete elettrica a 30 m, rete fognaria a 30 m e rete gas a 20 m) è pari a 25 m. L'edificio non presenta locali adiacenti a significative sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale, inoltre, la configurazione dell'impianto minimizza le emissioni di campo magnetico a frequenza industriale.

La morfologia del territorio è quella tipica dell'Agro, ossia un alternarsi di basse colline e strette valli fluviali solcate da un fitto reticolo di corsi d'acqua che scendono dai Colli Albani. Dalla consultazione della carta geomorfologica relativa al XII Municipio, si evince che l'area di studio può essere ritenuta stabile dal punto di vista morfologico, in quanto insiste su un territorio pianeggiante, il quale non è interessato da eventi franosi e non sono presenti cavità sotterranee.



Fig. 6.2 Carta geomorfologica del XII Municipio di Roma Capitale, da PRG



Fig. 6.3 Foto aerea dell'area oggetto di studio

6.3 Progetto architettonico. Descrizione della struttura oggetto di studio

L'intervento è stato pensato per dare impulso all'applicazione delle tecniche della bioarchitettura e dei materiali della bioedilizia, al fine di ridurre al minimo l'impatto sulla salute e sull'ambiente, nonché di limitare l'utilizzo e il consumo di risorse non rinnovabili, anche attraverso l'uso di materiali riciclati.

La scelta dell'area, le caratteristiche generali dell'edificio, gli impatti sulla salute e sull'ambiente mediante una scelta ponderata di materiali da costruzione e di determinati impianti tecnologici, rendono il fabbricato un interessante oggetto di studio.

La struttura è adibita a uffici e similari, dotata di tutti i servizi e le funzionalità necessarie per rendere l'ambiente confortevole e gradevole per gli occupanti (circa 100 persone). Essa è composta complessivamente da tre blocchi, il più grande dei quali si sviluppa interamente a piano terra, mentre i restanti su due livelli.

Il blocco 1, avente una superficie di circa 400 m², è composto da un'aula didattica (A1) di circa 200 m², da uffici (A3) per gli impiegati, di circa 100 m², e da un volume (A3) per i servizi igienici. E' presente uno spazio aperto di relazione e comunicazione fra l'aula, gli uffici e il parco. Il blocco 2 ha una superficie in pianta di 25 m²; al piano terra sono presenti i servizi igienici, mentre al primo piano è presente un ufficio.

Gli altri due edifici, distaccati dalla struttura più grande, sono entrambi di 25 m²: l'uno con al piano terra dei servizi wc per il pubblico e al primo piano un ufficio riservato all'amministrazione, a cui si accede attraverso una scala a chiocciola esterna; nel secondo è presente, al piano terra, l'ufficio che si occupa delle relazioni con il pubblico, dell'iscrizione degli utenti ai corsi offerti dalla struttura ed è punto di informazione; infine, al primo piano è collocato l'ufficio dirigenziale, con annesso wc privato.

L'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza e della copertura dell'edificio, in grado di diminuire l'effetto "isola di calore", misura circa 634 m². Il volume complessivo dei materiali, usati per realizzare l'involucro opaco e trasparente e i solai interpiano dell'edificio oggetto di studio, è 550,11 m³. Il volume dei materiali riciclati o di recupero corrisponde a 8,26 m³; il volume dei materiali provenienti da fonte rinnovabile è 30,77 m³.

L'intervento è stato realizzato all'interno di un lotto con un'area verde di 4300 m² che permette di svolgere attività ludico/ricreative. E' stato, inoltre, predisposto un parcheggio per 40 bici, con lo scopo di promuovere una mobilità sostenibile, in conformità ai principi con cui è stata progettata e realizzata l'opera.

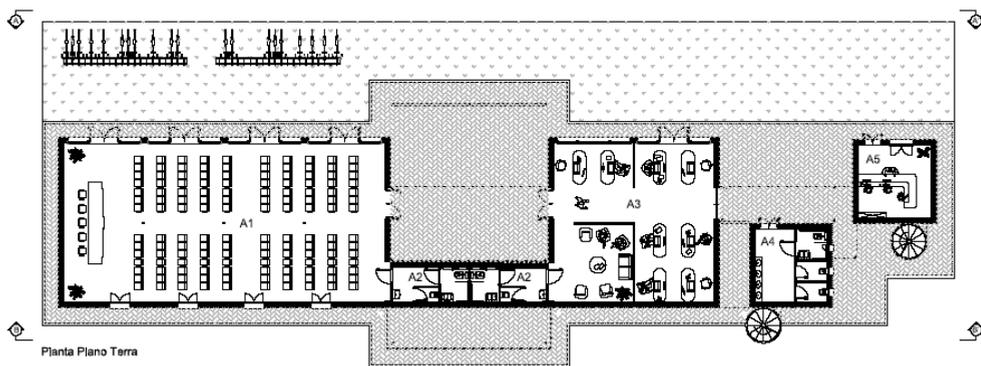


Fig. 6.4 Pianta del piano terra

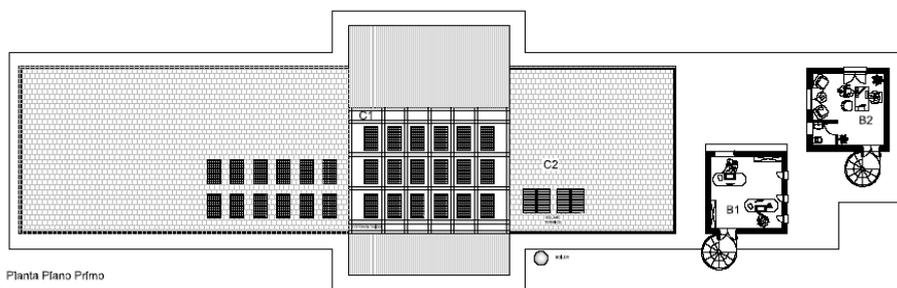


Fig. 6.5 Pianta del primo piano

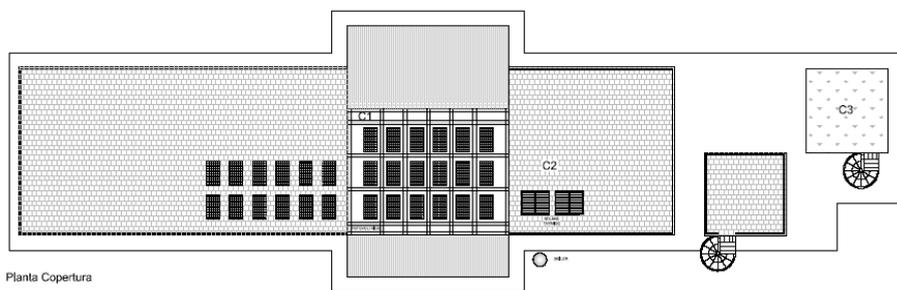
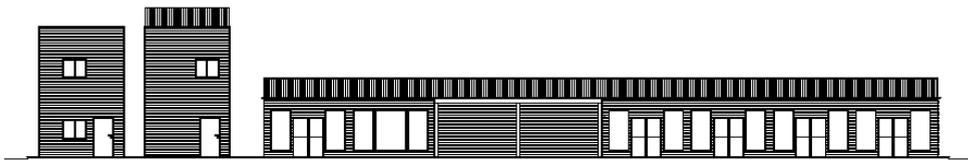
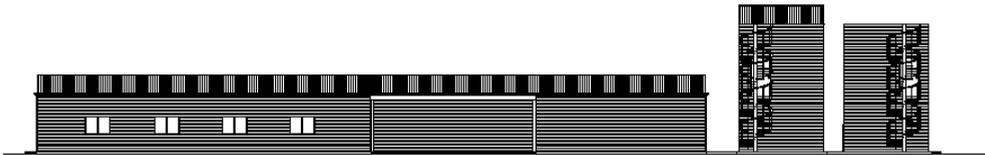


Fig. 6.6 Pianta delle coperture



Prospetto A-A'

Fig. 6.7 Prospetto Nord



Prospetto B-B'

Fig. 6.8 Prospetto Sud

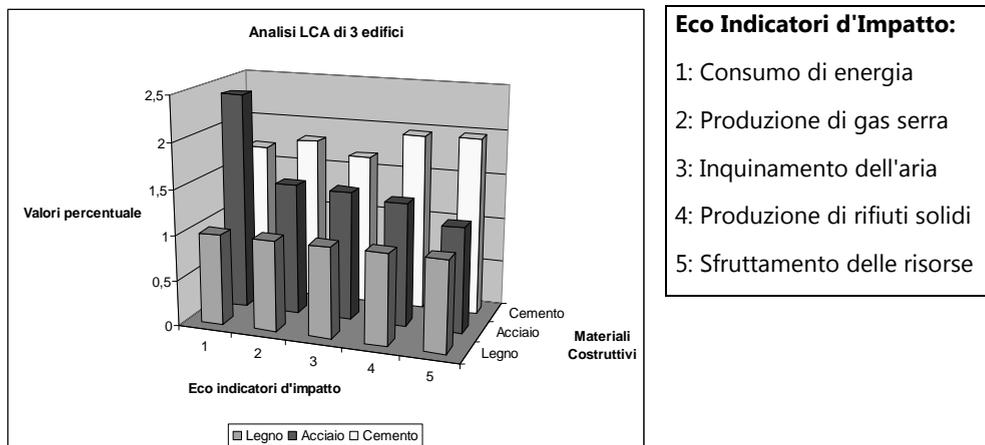
6.4 Tecnologie ecosostenibili impiegate. Utilizzo di materiale naturale, riciclabile, smontabile e a basso consumo energetico: strutture e rivestimenti in legno

Il legno è un materiale molto usato nell'edilizia, per le sue proprietà di resistenza e per l'efficienza prestazionale che, ai fini strutturali, ha qualità simili a quelle dell'acciaio. È un materiale energeticamente economico, perché il suo ciclo di produzione ottimizza l'uso di una risorsa naturale di per sé povera, offrendo elementi altrimenti non utilizzabili in natura e limitati solo dalle dimensioni di trasporto. Il legno strutturale è anche affidabile, innovativo e di aspetto gradevole. È affidabile, perché l'intero processo produttivo segue una prassi normata e continuamente monitorata e ha caratteristiche intrinseche di stabilità. Il risultato finale è un prodotto delle prestazioni definite e certificate.

È innovativo, perché le tecniche di progettazione, lavorazione, assemblaggio e giunzione sono in continua evoluzione e offrono sempre nuove possibilità, sia in termini di fattibilità che di contenimento dei costi. È di aspetto gradevole, perché il materiale viene selezionato anche sotto l'aspetto estetico per essere presentato, in tutta la sua naturalezza, compatto e privo di difetti. Tra i suoi tanti vantaggi possiamo annoverare anche il fatto che sia un buon isolante termico (perciò fonte di risparmio energetico), elettrico ed acustico; un materiale igroscopico, in grado quindi di assorbire le variazioni di umidità dell'ambiente evitando la formazione di muffe e microorganismi; un materiale organico, composto da circa il 50% di carbonio, 42% di ossigeno, 6% di idrogeno, 1% di azoto e 1% di elementi diversi.

I materiali come legno, fibre di legno o sughero risultano confortevoli già a temperatura ambiente, mentre, quelli come il cemento o la pietra diventano termicamente confortevoli soltanto con temperature superficiali intorno ai 30°C. Nel settore della prefabbricazione è sicuramente il materiale più utilizzato e diffuso; il grado di prefabbricazione può essere adeguato alle esigenze individuali: nella struttura presa in esame, le pareti verticali

perimetrali e gli infissi sono stati realizzati in stabilimento, garantendo un montaggio e uno smontaggio rapido e sicuro. Infatti, anche il più moderno ed affidabile strumento di valutazione delle performance energetico-ambientali dei materiali edilizi, l'analisi del ciclo di vita, evidenzia quanto il legno sia di gran lunga il materiale a maggiore sostenibilità ambientale.



Eco Indicatori d'Impatto:

- 1: Consumo di energia
- 2: Produzione di gas serra
- 3: Inquinamento dell'aria
- 4: Produzione di rifiuti solidi
- 5: Sfruttamento delle risorse

Fig. 9 Materiali messi a confronto attraverso l'analisi LCA

6.5 Scelte progettuali

Le scelte tecnologiche del manufatto edilizio del progetto sono scandite in base alle unità tecnologiche e classi di elementi tecnici, così come definite dalla normativa UNI 8290:

- Le strutture di elevazione e le chiusure verticali;
- Le chiusure orizzontali (inferiore e superiore);
- Le strutture vetrate ad elevate prestazioni termiche ed illuminotecniche;
- Le strutture di fondazione.

6.5.1 Le strutture di elevazione e le chiusure verticali

La tecnologia selezionata prevede un sistema costruttivo continuo in legno. La scelta è stata indirizzata su un sistema di ultima generazione che permetta di utilizzare un sistema costruttivo, costituito da un materiale naturale (il legno), che possa garantire alte caratteristiche di resistenza sismica e prestazioni termo-igrometriche in regola con le attuali normative che disciplinano la progettazione di edifici a basso consumo energetico (D. Lgs. 192/05 e 311/06).

Quale valore aggiunto nella stratigrafia, si è ritenuto di operare una scelta di materiali e un "ordine", nella composizione della parete, tale da ottenere una parete "traspirante". Tale tecnologia è costituita da elementi rigidi di chiusura: pannelli in legno lamellare.

L'87,15% della superficie delle pareti perimetrali esterne è realizzato garantendo facilità di smontaggio, riuso e riciclo degli elementi.

Le chiusure verticali esterne sono composte, di conseguenza, dai seguenti strati funzionali come evidenziato in figura 6.10:

1. Tavolato in legno faccia vista;
2. Pannello prefabbricato in legno sp. 90 mm, telo permeabile al vapore;
3. Pannello in fibra di legno, densità 160 kg/m^3 , sp. 100 mm;
4. Pannello in fibra di legno, densità 190 kg/m^3 , sp. 60 mm;
5. Scandole in legno di rivestimento, sp. 50 mm (14 Kg/m^2).

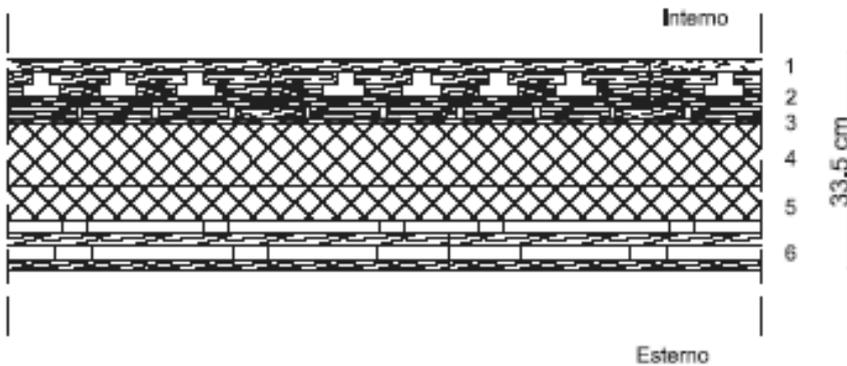


Fig. 6.10 Stratigrafia delle chiusure verticali esterne

Le chiusure verticali interne sono realizzate tramite assemblaggio a secco, con una struttura in legno massello di prima qualità, dello spessore di 9 cm; il 100% della superficie delle pareti interne verticali è realizzato mediante strategie che facilitano lo smontaggio, il riuso e il riciclo dei componenti. Il rivestimento è realizzato con tavolato di legno faccia vista.



Fig. 6.11 Fase di montaggio delle chiusure verticali esterne

6.5.2 Le chiusure orizzontali (inferiore e superiore)

La copertura prevede due tipologie diverse: una copertura a verde intensivo (C3), e una calpestabile (C2). I tetti verdi sono giardini veri e propri, completi di alberi che si possono realizzare oggi in tutta sicurezza, anche sulle sommità degli edifici, soprattutto in ambito urbano: sulle coperture di palazzi privati, garage, parcheggi, hotel, aziende e officine, capannoni, centri fieristici, cliniche, impianti sportivi.

Il cosiddetto verde pensile non ha solo un ruolo estetico, di miglioramento dell'inserimento paesaggistico dell'edificio e della qualità del linguaggio architettonico, ma può svolgere importanti funzioni di utilità diretta, con ricadute economiche quantificabili.

Il verde pensile si distingue in due principali tipologie di inverdimento: quello estensivo e quello intensivo, che si distinguono per costi di costruzione, oneri di manutenzione e prestazioni globali. Il primo utilizza specie vegetali capaci di adattarsi all'ambiente in cui sono poste, senza che siano necessari interventi di manutenzione. Il secondo richiede interventi di media e alta intensità e, inoltre, necessita di sofisticati impianti di fertirrigazione.

I tetti verdi e, più in generale, il verde pensile (quindi anche pareti rinverdite) sono un valido strumento per raggiungere obiettivi di compensazione, mitigazione e miglioramento ambientale, anche su scala territoriale.

I Vantaggi sono:

Ambientali:

- Miglioramento del microclima, mitiga le temperature riducendo il fenomeno dell'isola di calore;
- Influsso positivo sul clima degli ambienti interni;
- Nuovi spazi fruibili per gli uomini e nuovi habitat per piante ed animali;
- Ritenzione idrica (anche del 70-90%) e conseguente alleggerimento del carico sulla rete di canalizzazione delle acque bianche. Possibile recupero dell'acqua piovana per usi irrigui;
- Protezione dal rumore attraverso minore riflessione ed insonorizzazione delle superfici sommitali;
- Riduzione dell'inquinamento da polveri e sostanze nocive; Filtraggio delle polveri (10-20% in meno) e fissaggio di sostanze nutritive dall'aria e dalle piogge.

Economici e di migliore qualità della vita:

- Durata maggiore dell'impermeabilizzazione e delle coperture attraverso la protezione dagli agenti atmosferici e riduzione delle escursioni termiche;
- Migliore isolamento termico delle coperture e quindi risparmio energetico, funzionamento più economico degli impianti di climatizzazione, migliore utilizzazione degli immobili;
- Miglioramento della qualità di abitazione e di vita;
- Maggiore isolamento acustico;
- Abbattimento dei costi per lo smaltimento delle acque meteoriche;
- Migliori caratteristiche termoisolanti, con conseguente risparmio sul riscaldamento d'inverno e sul condizionamento d'estate;

- Aumento di valore degli immobili.

La Struttura tipo di un tetto verde è costituita da:

1. Strato isolante, barriera al vapore;
2. Strato impermeabilizzante;
3. Strato drenante;
4. Strato filtrante;
5. Substrato terroso sottile;
6. Inverdimento vegetale estensivo.

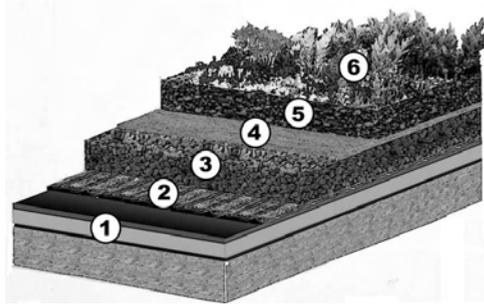


Fig. 6.12 Stratigrafia del tetto verde

Nelle città non ci sono sufficienti aree verdi e quindi può essere decisivo l'inverdimento dei tetti, per contribuire al miglioramento del clima. Le superfici verdi contribuiscono a creare condizioni climatiche migliori, rispetto alle soluzioni di copertura "tradizionali": l'aria è più umida e pulita, la vegetazione rinfresca l'aria attraverso l'evaporazione, produce ossigeno e fissa le polveri. Durante le piogge, il tetto verde funziona come una spugna provocando una forte riduzione del deflusso, permettendo la regimentazione delle acque. Una gran quantità di questi tetti verdi, accumulando acqua, può contribuire a diminuire sensibilmente il carico della rete di drenaggio delle città. Possono essere risparmiati gli oneri per costose opere, per l'accumulo e la regolazione idrica. Il verde pensile porta vantaggi anche ai proprietari degli edifici. Un tetto verde fornisce anche isolamento termico aggiuntivo. Le intemperie non hanno nessuna azione diretta sull'impermeabilizzazione e sulla struttura delle coperture e sono protette anche dai danni causati dal forte irraggiamento o da agenti meteorici estremi (gelo e/o grandine). Esso garantisce un isolamento termico nelle giornate più calde, in quanto mantiene temperature costanti tra i 25° e i 28°.



Fig. 6.13 Esempio di tetto verde

L'intervento realizzato è finalizzato alla sperimentazione delle proprietà isolanti e raffrescanti del tetto verde. Per verificare, quindi, le reali prestazioni del tetto verde è stato deciso di semplificare la struttura tipo, eliminando l'isolamento termico e la barriera al vapore. Il progetto prevede un'area di 25 m² di tetto verde. Lo spessore della copertura "C3" è contenuto nei 35 cm, per un peso massimo di 450 kg/m², con inclinazione contenuta nei 5° (ossia necessaria solo alla predisposizione delle pendenze per il deflusso dell'acqua piovana). La stratigrafia del tetto verde è costituita da:

1. Rivestimento esterno: tappeto erboso polifitico;
2. Strato drenante: substrato con capacità di ritenzione idrica, permeabilità e volume poroso costituito da prodotti minerali (lapilli vulcanici, pomice, ardesia espansa) in granulometrie assortite;
3. Strato filtrante: tessuto in fibre sintetiche, atto ad impedire il passaggio di particelle fini;
4. Supporto drenante: strato con capacità di smaltimento delle acque meteoriche, ad alta densità per drenaggio ed accumulo idrico;
5. Strato antiradice: membrana antiradice;
6. Strato protettivo: tessuto protettivo e di accumulo in fibre sintetiche;
7. Strato impermeabile: guaina;
8. Strato isolante: isolamento termico in lana di roccia;
9. Supporto portante: pannelli OSB (8Kg/m²).

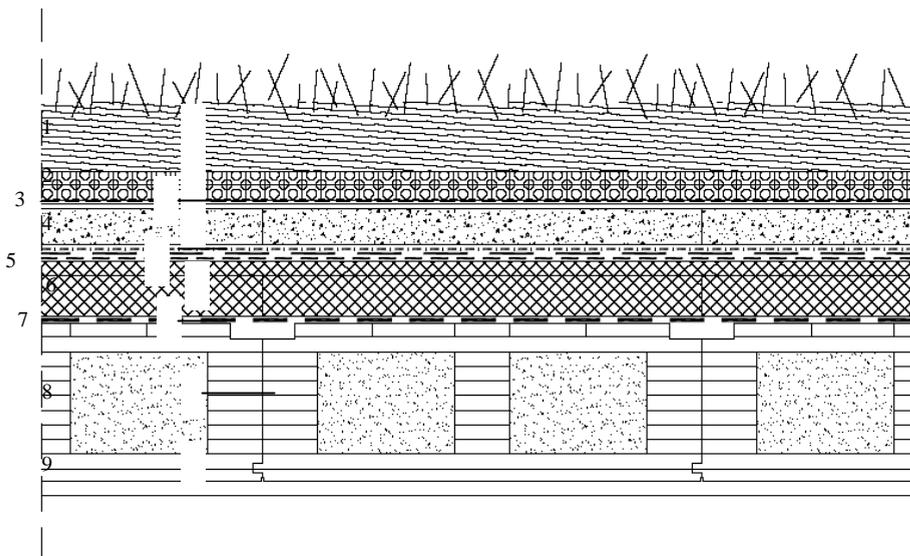


Fig. 6.14 Stratigrafia del tetto verde realizzata

Le chiusure orizzontali restanti sono state realizzate con una scelta precisa dei materiali per lo più naturali e riciclati. La pavimentazione, posta in opera fin dal processo produttivo, prevede il riutilizzo del 100% delle materie prime e delle acque utilizzate per la produzione stessa. Il rivestimento in gres porcellanato è sostenibile, ecologico ed ecocompatibile, in quanto interamente realizzato con minerali naturali tra cui quarzo, caolino, argilla, feldspato, silice e coloranti naturali. Sono sostenibili anche per quello che non contengono, vale a dire: sigillanti, cere, resine epossidiche, leganti artificiali o coloranti artificiali che potrebbero rilasciare nell'ambiente composti organici volatili nocivi (COV) dopo l'installazione. I pannelli in fibra di legno soddisfano i requisiti di natura fisico costruttiva ed ecologica, legati all'obiettivo del progetto, come l'elevata permeabilità al vapore acqueo e la capacità di accumulo del calore, il buon assorbimento del rumore da calpestio e aereo ed infine non comportano nessuna difficoltà nello smaltimento e/o riciclaggio.

La restante copertura "B" è formata dalla seguente stratigrafia:

1. Pavimentazione in ceramica riciclata montata a colla, sp. 20 mm (18Kg/m²);
2. Massetto in cls, sp. 50 mm;
3. Strato di separazione geotessile, impermeabilizzante e strato di separazione di scorrimento;
4. Pannello in fibra di legno, densità 140 kg/m³, sp. 60 mm;
5. Pannello in fibra di legno, densità 140 kg/m³, sp. 22 mm;
6. Telo permeabile al vapore;
7. Elemento prefabbricato in legno massello riempito nelle cavità con fiocchi di cellulosa;
8. Rivestimento interno con intonaco, sp. 20 mm.

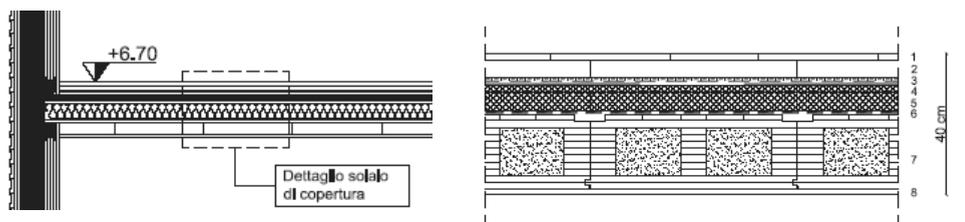


Fig. 6.15 Stratigrafia del solaio di copertura



Fig. 6.16 Realizzazione del solaio di copertura

Il solaio intermedio è costituito da:

1. Pavimentazione in ceramica riciclata montata a colla, sp. 20 mm;
2. Doppio strato di pannelli in fibrocellulosa, sp. 36 mm;
3. Pannello in fibra di legno resistente alla compressione, densità 210 kg/m^3 , sp. 20 mm;
4. Pannello in fibra di legno extra poroso per isolamento del rumore di calpestio, densità 140 kg/m^3 , sp. 30 mm;
5. Elemento prefabbricato in legno massello, riempito nelle cavità con graniglia di calcare;
6. Rivestimento interno con intonaco, sp. 20 mm.

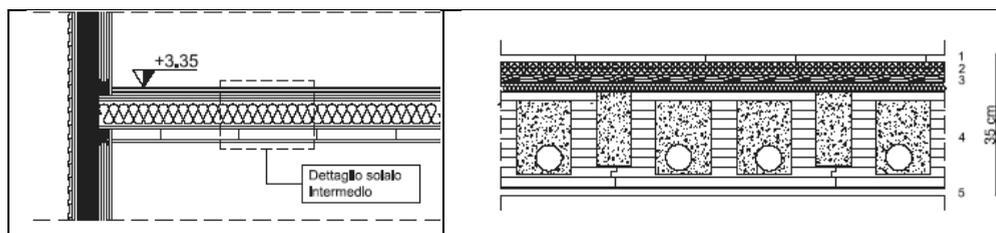


Fig. 6.17 Stratigrafia del solaio intermedio

La chiusura inferiore è costituita da:

- Strato di rivestimento: pavimentazione in ceramica riciclata;
- Strato di collegamento: collante;
- Strato di livellamento: massetto;

- Strato isolante: isolamento termico in lana di roccia;
- Supporto portante: travi e travetti in legno massiccio;
- Strato di aerazione;
- Platea in calcestruzzo armato.

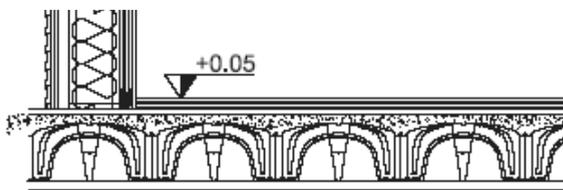


Fig. 6.18 Stratigrafia della chiusura inferiore

6.5.3 Le strutture vetrate ad elevate prestazioni termiche e illuminotecniche

Per controllare e modificare la qualità o la quantità della luce sono stati studiati metodi e tecnologie dei sistemi vetrati che hanno diverse funzioni, quali il controllo della radiazione solare, l'aerazione, il guadagno termico passivo, l'antiabbagliamento, la salvaguardia della vista e della privacy, l'aumento dell'illuminazione naturale e così via. Le nuove tecnologie hanno l'obiettivo di valorizzare e ottimizzare la luce naturale all'interno degli ambienti: diventa, dunque, centrale al progetto il controllo e la gestione della componente solare e luminosa.

L'ottenimento di vetri speciali (colorati in massa, riflettenti, basso-emissivi, antisolari), grazie a raffinate tecniche di deposizione di ossidi e metalli sulla superficie e all'evoluzione della tecnologia, ha premesso di agire sempre più sul controllo solare, sull'isolamento termico e sul contenimento dei costi e dei consumi energetici.

I vetri ad alta prestazione hanno caratteristiche tali da esercitare il controllo sulla radiazione solare, massimizzando il rapporto tra la trasmissione di luce e il valore di conducibilità termica. I vetri basso emissivi conservano il calore d'inverno, grazie al coefficiente di trasmittanza molto basso, e mantengono il fresco nel periodo estivo, a causa del fattore solare poco elevato e della bassa trasmissione energetica.

La facciata degli edifici è orientata a nord-ovest. Dunque, lo studio delle prestazioni dell'involucro trasparente è ritenuto fondamentale per il contenimento dei consumi e il miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici.

Gli infissi previsti dal progetto sono in legno, ad una o a due ante, apribili a battente e/o vasistas, con guida a canaletto nei riquadri interni per il fissaggio del vetro, guarnizioni sulle ante e sul telaio elettrosaldate sugli angoli; ferramenta per apertura ad anta normale con maniglia in lega leggera anodizzata e cerniere tipo anuba tropicalizzate. Il legno è trattato con due mani di impregnante al naturale o colorato previo trattamento contro funghi o tarli. Le finestre sono preassemblate in stabilimento, per semplificare le fasi di posa in opera e ridurre i tempi e i costi di cantiere; inoltre la prefabbricazione garantisce un facile smontaggio e riuso dell'infisso.

La trasmittanza termica è inferiore a $1,65 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

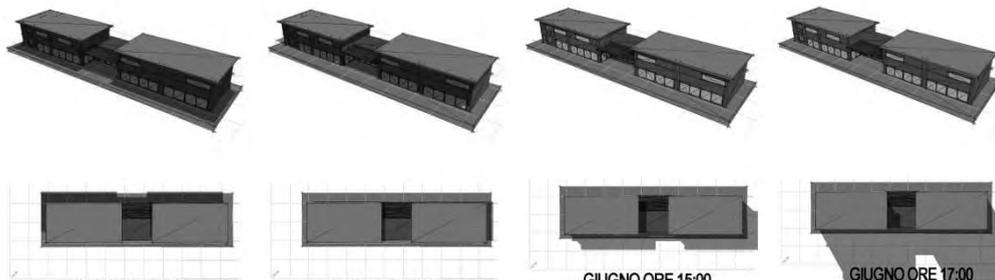
La superficie vetrata totale è di $52,92 \text{ m}^2$.



Fig. 6.19 Inserimento della finestra preassemblata in stabilimento

Di seguito, viene riportato lo studio dell'ombreggiamento solare, finalizzato all'ottimizzazione dell'illuminazione naturale degli ambienti interni.



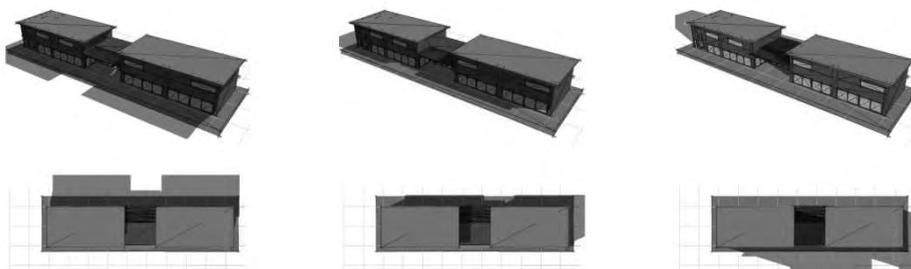


GIUGNO ORE 9:00

GIUGNO ORE 12:00

GIUGNO ORE 15:00

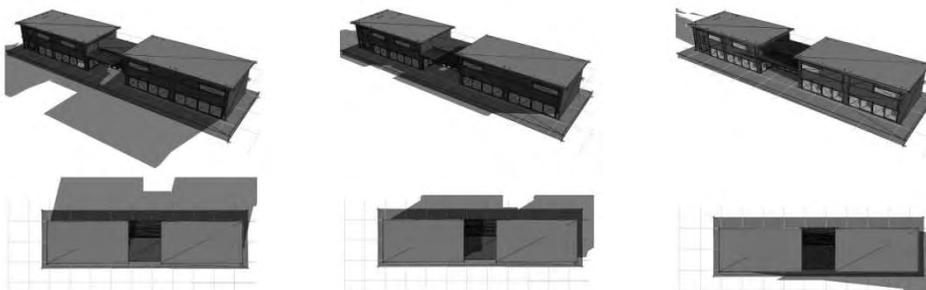
GIUGNO ORE 17:00



OTTOBRE ORE 9:00

OTTOBRE ORE 12:00

OTTOBRE ORE 15:00



DICEMBRE ORE 9:00

DICEMBRE ORE 12:00

DICEMBRE ORE 15:00

6.5.4 Le strutture di fondazione

Il sistema costruttivo adottato è di tipo "continuo", una tecnica costruttiva veloce e leggera. Questo sistema può prevedere, sotto il primo solaio, una intercapedine per assicurare un'adeguata ventilazione e la protezione del materiale stesso. Per lo stesso motivo, le fondazioni vere e proprie appoggiano su un letto di ghiaia drenante e le pareti sono costituite da pannelli continui, tamponati all'esterno con multistrato trattato e fogli di

polietilene per l'impermeabilizzazione. Le pareti terminano poggiando su un cordolo di fondazioni, che viene annegato in un cordolo di calcestruzzo, che costituisce la fondazione vera e propria. L'umidità viene controllata con un letto di ghiaia di spessore minimo di 10 cm sotto il cordolo in calcestruzzo e alla base delle pareti. Sopra il letto di ghiaia vengono stesi a giunti sovrapposti, i fogli di polietilene con uno spessore di 0,15 cm circa. Questo tipo di fondazioni consente non solo un contenimento dei costi, ma anche un notevole risparmio energetico a motivo del contenimento delle dispersioni termiche.



Fig. 6.20 Fase di realizzazione delle fondazioni

6.6 Progetto impiantistico

6.6.1 Impianto idrico-sanitario

L'impianto idrico sanitario del fabbricato è a servizio delle seguenti utenze:

- n° 8 wc;
- n° 3 anti wc.

La fornitura dell'acqua è effettuata direttamente da acquedotto comunale, mediante la posa in opera di tubazione interrata in polietilene. La rete di scarico delle acque è realizzata mediante tubazioni in PVC.

Allo scopo di ridurre notevolmente i consumi idrici ed energetici, sono stati introdotti due dispositivi: aeratore e cassetta di cacciata a doppio tasto.

Il primo ha la funzione di miscelare aria al getto d'acqua, consentendo di ridurre la portata da 10-25 l/min. a 6-9 l/min., con un risparmio di 4 l/min rispetto a un sistema tradizionale. Il secondo prevede l'uso di 6 l ogni getto, con un risparmio di 4 l a getto rispetto alla cassetta di cacciata a un tasto. Tale accorgimento prevede un risparmio di 400 l/gg considerando una media giornaliera di 100 getti.

6.6.2 Recupero acque piovane e riuso delle acque grigie

Il settore civile rappresenta ad oggi, uno dei maggiori sfruttatori delle risorse idriche, insieme al settore industriale. Il maggiore sfruttamento è dovuto ad usi non potabili, come scarico dei WC, irrigazione del giardino ed elettrodomestici.

In questo settore, il 50% circa del fabbisogno giornaliero di acqua potabile può essere sostituito con acqua piovana.

Gli impianti per il recupero dell'acqua piovana permettono la raccolta delle acque meteoriche per i più svariati utilizzi, consentendo un notevole risparmio di acqua potabile nel settore privato, negli edifici pubblici e industriali.

Inoltre, il recupero delle acque piovane riduce le quantità eccessive, provocate dalle piogge abbondanti, che altrimenti confluirebbero nella rete fognaria, riducendone la capacità depurativa.

L'impianto per il recupero dell'acqua piovana è composto da tre parti fondamentali: la cisterna, il filtro e il sistema di pompaggio. L'acqua piovana viene raccolta dal tetto e convogliata dal sistema di raccolta costituito da grondaie e pluviali in un collettore. Dal collettore attraverso un filtro, viene raccolta, in serbatoi provvisti di "troppo pieno" e di protezione contro l'ingresso di piccoli animali. L'area di captazione della struttura è di 351,24 m² (AREA DI CAPTAZIONE = C2).

Attraverso il funzionamento di una pompa sommersa, l'acqua viene fatta passare attraverso una vasca di decantazione. A questo punto, l'acqua raccolta è pronta per essere riutilizzata per gli usi non potabili dell'edificio.

L'impianto, concepito per il riutilizzo dell'acqua piovana per l'impianto sanitario, è costituito da un serbatoio interrato, che consente l'accumulo dell'acqua, successivamente ridistribuita all'impianto sanitario (scarichi wc) mediante impianto di pompaggio; detto impianto sarà integrato con un impianto tradizionale, per assicurare il restante fabbisogno idrico-sanitario.

6.6.3 Fitodepurazione

La Fitodepurazione è un sistema di trattamento dei reflui a ridotto impatto ambientale, basato principalmente su processi biologici. Gli impianti di fitodepurazione sono costituiti da ambienti umidi riprodotti artificialmente in bacini impermeabilizzati, attraversati, con diversi regimi di flusso, dalle acque reflue opportunamente collettate. Tali sistemi sono caratterizzati dalla presenza di specie vegetali tipiche delle zone umide (macrofile igrofile), radicate ad un substrato di crescita o flottanti sullo specchio d'acqua. Per la depurazione dei reflui in uscita dagli impianti sanitari degli edifici, è stato previsto un sistema di fitodepurazione, organizzato in due vasche successive e adiacenti al lato sud dell'edificio.

La soluzione permette di non realizzare un allaccio alle fognature, evitando quindi un lungo scavo trasversale che tagli eventuali corridoi ecologici; infatti, l'effetto depurativo si basa su processi microbiologici, fisici, chimici e di fisiologia vegetale che avvengono nel sistema piante – terreno.

La prima vasca, profonda circa 70 cm e dimensionata per circa 1 abitante equivalente è stata impermeabilizzata con uno strato di argilla di cava e riempita con ghiaie di granulometrie differenti; l'impianto ha una superficie di circa 20 m². I liquami di scarico corrono al di sotto della superficie di ghiaia senza pelo libero e senza effetti di aerosol maleodoranti; il tempo di permanenza dei reflui nell'impianto è tra i 5-14 giorni. Nella ghiaia sono state poste in opera

piante macrofite radicate emergenti, la cannuccia di palude (*Phragmites australis*), che hanno la funzione di intercettazione dei nutrienti nei liquami e di filtraggio.

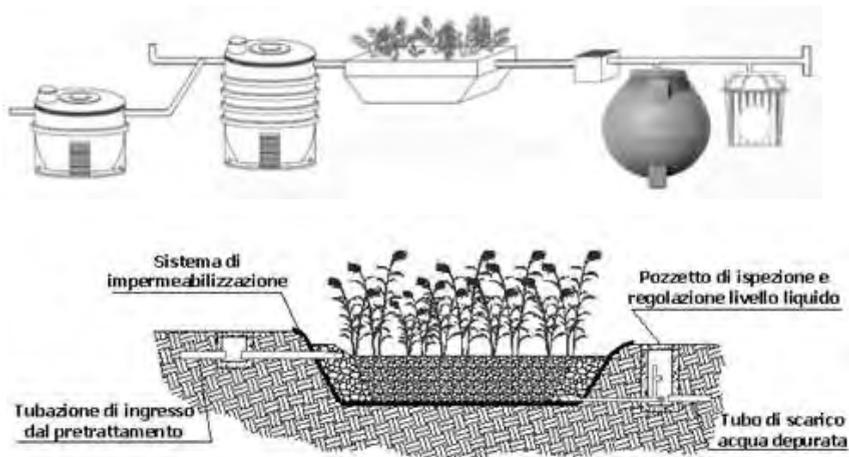


Fig. 6.21 Schema tipo di un impianto di fitodepurazione

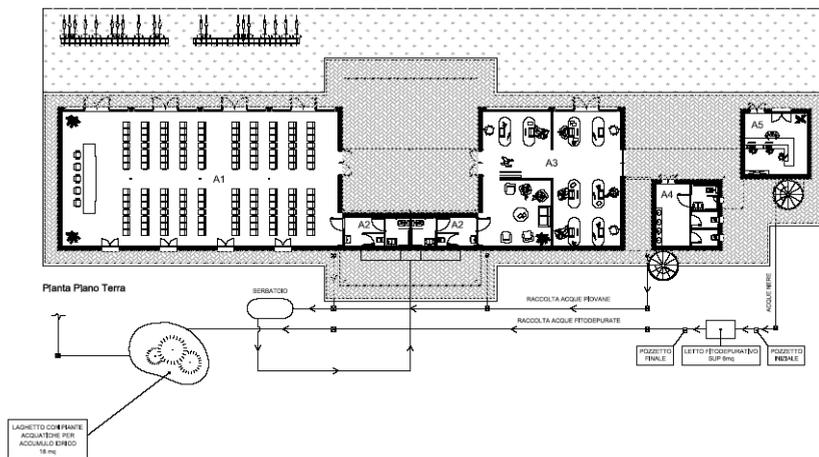


Fig. 6.22 Localizzazione dell'impianto di fitodepurazione e recupero delle acque



Fig. 6.23 Particolare della tubazione di collegamento tra lo scarico e l'impianto di fitodepurazione

6.6.4 Impianto di climatizzazione e ricambio d'aria

L'impianto in oggetto è a servizio delle due sale rispettivamente da 100 e 200 m², destinate ad ospitare; la prima, corsi di formazione e la seconda, uffici. A tale scopo è stato installato, a soffitto, un sistema di climatizzazione e ricambio dell'aria canalizzato che utilizzi esclusivamente, come presa di aria esterna, quella presente tra le due sale, alla maggiore distanza dalla strada e ad una altezza superiore ai 3 metri dal suolo. In particolare, il ricambio dell'aria nelle sale è garantito da un recuperatore di calore entalpico da 1000 m³/h, sia in mandata che in estrazione.

Le bocchette di mandata e di ripresa sono posizionate nella parte alta delle pareti a ridosso del recuperatore di calore che è posizionato nello spazio protetto tra le due sale. La superficie dell'involucro riscaldato, caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale secondo la norma UNI 13788, misura 900m².

L'impianto di climatizzazione consiste in tre unità esterne, posizionate in prossimità della parete cieca delle sale che sono collegate, con tubazioni opportunamente dimensionate per il trasporto di gas refrigerante del tipo R-410, ad un'unità interna posizionata a parete ad un'altezza di 2,50 m.

La potenza frigorifera di tale impianto risulta essere di 12 kW per la sala da 200 m² e di 7 kW per la sala da 100 m², con una potenza elettrica assorbita rispettivamente di 3,3 kW e di 1,8 kW.

La potenza termica, invece, risulta incrementata dalla presenza di un ventilconvettore da 12 kW alimentato da un circuito sperimentale, integrato da un pannello solare per il preriscaldamento dell'acqua, posizionato sulla copertura della sala da 100 m².

L'impianto è dotato di relativo quadro elettrico ausiliario che è realizzato nella stanza, per non interferire con la compartimentazione antincendio delle sale.

L'impianto è costituito da:

- canalizzazioni in lamiera di acciaio zincata a sezione rettangolare per la mandata e la ripresa-espulsione dell'aria, nonché la presa dell'aria esterna;
- trattamento coibente esterno delle canalizzazioni di mandata aria;
- rivestimento coibente delle tubazioni;
- valvolame vario di intercettazione.

Nel padiglione coperto da tetto verde, per massimizzare il comfort termo igrometrico del locale, è stato inserito un sistema di ricambio dell'aria realizzato con l'ausilio di un recuperatore entalpico da 500 m³/h, in grado di recuperare fino al 70% del calore sensibile e latente contenuto nell'area espulsa. Tale sistema non necessita di alcun fluido termovettore di alimentazione, ma funziona esclusivamente con l'ausilio di due ventilatori assiali mono fase di bassa potenza che, eventualmente, possono trarre alimentazione anche dal sistema fotovoltaico. Per garantire comunque una continuità di servizio necessaria, sia per la fruizione che per la sperimentazione di tale impianto, così come tutte le altre utenze impiantistiche presenti all'interno dei padiglioni, hanno a disposizione una alimentazione elettrica continua, proveniente dalla rete elettrica, in grado, anche tramite boiler, di fornire acqua calda (necessaria per i servizi) ad integrazione e/o sostituzione dei collettori solari.

6.6.5 Sistemi di sfruttamento dell'energia solare: collettori a concentrazione e pannelli fotovoltaici

Nell'ottica della riduzione dei consumi energetici, Roma Capitale si è convertita ufficialmente alle energie rinnovabili, la Giunta capitolina ha approvato la delibera che introduce l'obbligo di adottare le energie rinnovabili per le nuove costruzioni (Deliberazione del Consiglio Comunale n. 48 del 20/2/2006 e s.m.i). Ogni edificio privato di nuova costruzione dovrà essere alimentato dalle fonti rinnovabili per il 20% nel fabbisogno energetico totale e almeno per il 50% nella produzione di acqua calda. La delibera dedica una particolare attenzione agli aspetti estetici dei collettori solari. Ogni installazione dovrà essere analizzata nel merito, per associare la migliore esposizione solare con l'esigenza di tutelare il patrimonio paesaggistico e culturale romano.

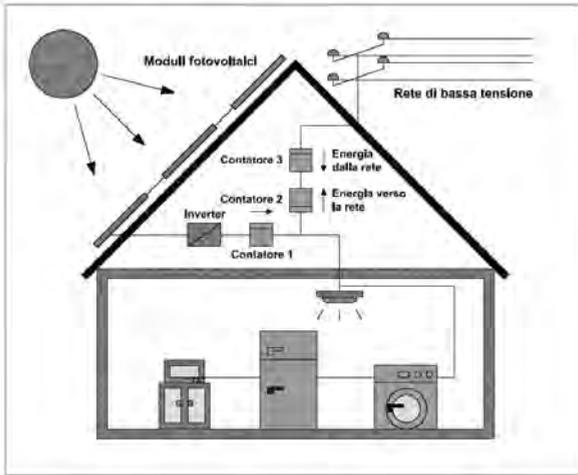
I collettori termici riscaldano l'acqua sanitaria senza consumo di gas o di elettricità. Sono complementari allo scaldabagno elettrico e alla caldaia a gas, per ottenere acqua calda per il normale utilizzo domestico. Infatti, i collettori solari termici vanno considerati integrativi, rispetto alle tecnologie tradizionali, e capaci di fornire direttamente solo parte dell'energia necessaria all'utenza, energia che altrimenti dovrebbe essere prodotta dalla caldaia tradizionale. La produzione di acqua calda sanitaria, con l'uso di energia elettrica dissipata dalla resistenza presente nello scaldabagno, risulta un processo costoso dai punti di vista energetico, ambientale ed economico, se confrontato con la produzione di acqua calda con caldaie a gas. La sostituzione dello scaldabagno elettrico con un sistema integrato solare/gas interessa molte utenze domestiche e pubbliche, di piccola taglia.

L'impianto realizzato è del tipo a circolazione naturale, con il boiler di accumulo a vista. I pannelli sono piani, con una superficie captante di 5,20 m² e boiler da 300 litri ca.

Gli impianti fotovoltaici riducono la domanda di energia da altre fonti tradizionali, contribuendo alla riduzione dell'inquinamento atmosferico (emissioni di anidride carbonica generate altrimenti dalle centrali termoelettriche).

Negli ambienti domestici e condominiali i pannelli solari di piccole dimensioni possono alimentare dispositivi posizionati in zone non raggiunte dal servizio elettrico, ad esempio nel giardino per alimentare lampioni. Gazebo solari, piccoli tetti fotovoltaici possono essere buon complemento della rete per diminuire i costi economici ed energetici per l'alimentazione di piccoli manufatti edilizi e di strutture isolate o volutamente indipendenti dal contesto urbano.

La superficie disponibile, da predisporre per il fotovoltaico è di 30 m², considerando



l'installazione di moduli in policristallino e una produzione di 3 kW ca per 10 m² di pannello; la produzione di energia elettrica è pari a 1,5 kW ca, nell'ottica di soddisfare il fabbisogno energetico relativo alla illuminazione delle zone comuni.

Fig. 6.24 Schema di funzionamento di un impianto fotovoltaico

6.6.6 Certificazione energetica

A*	26.1 < kWh/m ² *anno	
A	43.2 < kWh/m ² *anno	
B	63.3 < kWh/m ² *anno	63.8 kWh/m ² *anno
C	86.4 < kWh/m ² *anno	
D	106.5 < kWh/m ² *anno	
E	143.8 < kWh/m ² *anno	
F	201.1 < kWh/m ² *anno	
G	201.1 ≥ kWh/m ² *anno	

6.7 Applicazione del protocollo ITACA 2011

Il protocollo è costituito da schede di valutazione, all'interno di una matrice strutturata gerarchicamente, dove gli obiettivi di sostenibilità vengono specificati da un elenco di requisiti e criteri ritenuti importanti.

Il punteggio di valutazione si articola secondo tre valori, quello relativo alla **qualità della localizzazione** che prescinde dalle scelte progettuali, quello relativo alla **qualità della costruzione** e un terzo che è la combinazione dei primi due punteggi e che esprime quello complessivo della costruzione.

Nella tabella seguente vengono nella colonna di sinistra i criteri adottati e in quella di destra il caso specifico di uno di essi.

Nome e codice criterio	A. Qualità del sito
Area di valutazione e di appartenenza	A.1 Selezione del sito
Categoria di appartenenza	A.1.5 Riutilizzo del territorio
Esigenza	Favorire l'uso di aree contaminate, etc
Indicatore di prestazione	Livello di utilizzo pregresso dell'area
Unità di misura	m ²

Tabella 6.1: criteri di base implementati nel Protocollo ITACA 2011 Nazionale

Il protocollo, dunque, consiste in una serie di schede monotematiche, suddivise in aree tematiche, criteri e categorie. Quest'ultime effettuano una distinzione tra **Nuova costruzione** e **Ristrutturazione** (per le quali i metodi di calcolo dei parametri possono variare e così pure le scale di riferimento).

La scheda, relativa ad un singolo parametro o **criterio**, è stata impostata secondo il seguente schema:

- definizione del criterio e delle sue finalità, in cui viene anche definito un peso che determinerà l'importanza dello stesso nella valutazione complessiva;
- indicatore e corrispondenti unità di misura con relativa scala di prestazione;
- parte descrittiva relativa al metodo di misura ed alla fonte dei dati necessari alla compilazione.

In tale modo, il progettista o l'addetto alla valutazione viene guidato passo passo, portandolo ad ottenere un risultato basato su una scala condivisibile e confrontabile: attraverso la terza parte è possibile dare un valore all'indicatore, e attraverso la scala di prestazione, nella seconda parte, attribuire un valore finale al criterio. Quest'ultimo contribuirà al calcolo complessivo, attraverso il peso definito nella prima parte. L'approccio del protocollo è notevole, in quanto esamina i criteri della sostenibilità in maniera sistemica, ossia considerando le scelte progettuali in tutte le loro possibili implicazioni ambientali, economiche e sociali, considerando i cicli di vita dei materiali e delle opere, le interazioni col territorio e coi mercati. Nella prima area si considera il tema della qualità del sito.

Le schede sono 35 per 6 criteri, 18 aree di valutazione e sono state classificate all'interno delle relative aree dalla A.1.5 alla E.6.5.

SCHEDA A. Qualità del sito

SCHEDA A.1 SELEZIONE DEL SITO

SCHEDA A.1.5: Riutilizzo del territorio

- Area complessiva del lotto d'intervento: 5000 m²;
- Area con caratteristiche del terreno allo stato naturale: 0m²;
- Area verde e/o sulla quale erano ospitate attività di tipo agricolo: 4300 m²;
- Area sulla quale vi sono strutture edilizie o infrastrutture (strade, aree parcheggi, edifici, etc.: 700 m²;
- Area sulla quale sono state svolte (o sono in programma) operazioni di bonifica del sito : 0m².

Il valore del livello di utilizzo pregresso del sito è 0,42 che nella scala di prestazione corrisponde alla sufficienza; il punteggio della corrispondente scheda è 0 .

SCHEDA A.1.6: Accessibilità al trasporto pubblico

- Distanza a piedi dai nodi della rete di trasporto pubblico servito da bus: 100 m;
- Frequenza del servizio: 13 minuti;
- Tempo di percorrenza a piedi: 1,25 minuti;
- Tempo di attesa del servizio: 1,5 minuti;
- Fattore di affidabilità al tempo di attesa del servizio: 2 minuti;
- Tempo totale di accesso al trasporto pubblico: 2,75 minuti;
- Frequenza equivalente di ingressi nell'edificio: 10,90 minuti;
- Indice di accessibilità: 10,90 minuti;
- Indice di accessibilità di tutte le tipologie di trasporto pubblico: non ne esistono altre.

Il valore dell'indice di accessibilità al trasporto pubblico corrispondente a un centro urbano con popolazione inferiore a 5000 abitanti, poiché nel nostro caso sono 175.925, è pari a 8; il punteggio della corrispondente scheda è 5 .

SCHEDA A.1.8: Mix funzionale dell'area

- Strutture di commercio: a) Ristorante: 300 m; b) Edicola: 350 m;
- Strutture di servizio: a) Ufficio postale: 400 m; d) Farmacia: 260 m.

La distanza media dell'edificio da strutture di base, con destinazione d'uso ad esso complementari, è pari a 400 m; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA A.1.10: Adiacenza ad infrastrutture

- Lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da riadeguare fra il lotto di intervento e la rete elettrica esistente: 30 m;
- Lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da riadeguare fra il lotto di intervento e la rete dell'acquedotto esistente: 20 m;
- Lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da riadeguare fra il lotto di intervento e la rete fognaria esistente: 30 m;

- Lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da riadeguare fra il lotto di intervento e la rete gas esistente: 20 m.

La distanza media del lotto di intervento delle reti infrastrutturali di base esistenti (acquedotto, rete elettrica, gas, fognatura) è pari a 25 m; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA A.3 PROGETTAZIONE DELL'AREA

SCHEDA A.3.3: Aree esterne di uso comune attrezzate

La presenza di un parco limitrofo di circa 4300 m² permette di svolgere attività ludico/ricreative e sportive e dispone di adeguati spazi di sosta/agggregazione.

Nella scala di prestazione l'edificio oggetto di studio risulta ottimo in quanto atto a favorire adeguatamente tutte e tre le attività di riferimento; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA A.3.4: Supporto all'uso di biciclette

- Numero previsto di occupanti dell'edificio (A): 100;
- Numero previsto di posteggi per le biciclette (B): 40;
- Rapporto percentuale $B/A \times 100 \Rightarrow 40/100 \times 100 = 40\%$.

La percentuale tra il numero di biciclette effettivamente parcheggiabili in modo funzionale e sicuro e il numero di utenti dell'edificio risulta superiore al valore migliore nella scala di prestazione; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA B. Consumo di risorse

SCHEDA B.1 Energia primaria non rinnovabile richiesta durante il ciclo di vita

SCHEDA B.1.2: Energia primaria per il riscaldamento

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica, prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni. E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art.28 della legge 09 gennaio 1991 n° 10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

- Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI_L) per l'intero edificio di cui al d.lgs 192/2005 e ss.mm.ii e secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-2 (B): 4;
- Valore limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (EPI_L) di cui al d.lgs 192/2005 e ss.mm.ii (A): 8,18;
- Rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio da valutare (EPI) e il valore limite (EPI_L): $B/A \times 100 \Rightarrow 48,9\%$.

Rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio da valutare (EPI) e il valore limite (EPI_L) è del 48,9%; il punteggio della corrispondente scheda è 3, equivalente a BUONO.

SCHEDA B.1.5: Energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni.

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale dell'impianto idrico e termo-sanitario.

Il calcolo può essere effettuato ricorrendo al prospetto 14 della 11300-2, per destinazioni d'uso diverse dalle abitazioni. Nel caso degli uffici, per fabbisogni mensili in litri a 40°C con una differenza di temperatura (ΔT) fra acqua in ingresso e in uscita dal sistema pari a 25°K, il valore è pari a 0,2 l/m2G.

- Il fabbisogno standard di ACS (Q_w) in accordo con la procedura descritta al punto 5.2 della norma UNI TS 11300-2 (si riporta la descrizione);
- Fabbisogni di energia per acqua calda sanitaria.

L'energia termica $Q_{h,w}$ richiesta per riscaldare una quantità di acqua alla temperatura desiderata è:

$$Q_{h,w} = \sum_t \rho \times c \times V_w \times (\theta_{er} - \theta_o) \times G \quad [Wh]$$

dove:

ρ è la massa volumica dell'acqua [kg/m³];

c è il calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [Wh/kg °C];

V_w è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m³/G];

θ_{er} è la temperatura di erogazione [°C];

θ_o è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C];

G è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

Le perdite dell'impianto per ACS ($Q_{l,w}$) e il fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di produzione di acqua calda sanitaria ($A_{aux,w}$) in accordo con la procedura descritta al punto 6.9 della norma UNI TS 11300-2 (si riporta la descrizione):

- Rendimenti e perdite dei sottosistemi degli impianti di acqua calda sanitari;
- Perdite di erogazione;
- Perdita delle tubazioni di distribuzione dell'acqua calda sanitaria;
- Perdite di accumulo;
- Perdite del circuito primario;
- Perdite totali recuperate;
- Perdite di generazione;
- Contributo totale di energia termica per ACS prodotta dagli impianti a fonte energetica rinnovabile ($Q_{g,w}$).

Fabbisogno di energia primaria per ACS (EPacs):

$$E_{hPacs} = (Q_w + Q_{l,w} - Q_{g,w}) \times f_p + (Q_{aux,w} - Q_{g,el,w}) \times f_{pel}$$

dove:

f_p fattore di conversione dell'energia primaria del combustibile utilizzato

f_{pel} fattore di conversione dell'energia primaria dell'energia elettrica

Esempio di calcolo con metodo semplificato per i sistemi di produzione di acqua calda sanitaria.

Ai fini del calcolo del fabbisogno per produzione di acqua calda sanitaria, si considerano i seguenti casi:

- produzione di acqua calda sanitaria con sistema dedicato (scalda acqua autonomo o sistema centralizzato);
- produzione con sistema combinato (generatore autonomo combinato o sistema centralizzato combinato).

Il seguente prospetto riguarda i sistemi definiti al punto 1). In questo caso il calcolo si effettua per l'intero anno.

Nel caso 1) il calcolo si effettua per l'intero anno.

Nel caso 2) si considera l'anno diviso in due periodi:

- periodo di attivazione del riscaldamento;
- periodo di non attivazione del riscaldamento.

L'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria (EPacs) e di 4 kWh/m²; il punteggio della corrispondente scheda è 3,33 equivalente a Buono.

SCHEDA B.3 Energia da fonti rinnovabili

SCHEDA B.3.3: Energia prodotta nel sito per usi elettrici

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni.

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale degli impianti elettrico e fotovoltaico. È necessario avere a disposizione le specifiche di progetto dell'impianto fotovoltaico e del dato relativo alla producibilità annua di energia elettrica.

La scheda permette di valutare l'incidenza della produzione di energia elettrica da fonti di energia rinnovabili, quali, ad esempio, i sistemi fotovoltaici e, se presenti, i sistemi di cogenerazione.

- Energia elettrica prodotta da impianti a fonti energetiche rinnovabili [kWh]: 7000;
- Energia elettrica prodotta dall'edificio mediante impianti a fonti energetiche rinnovabili (B) [kWh/m²]: 22,42 kWh/m²;
- Energia elettrica prodotta da un edificio standard con la medesima destinazione d'uso, mediante impianti a fonti energetiche rinnovabili (A) [kWh/m²]: 17;

- Percentuale totale di energia elettrica prodotta da impianti a fonti energetiche rinnovabili, calcolata sul totale dei consumi elettrici stimati: $B/A \times 100 \Rightarrow 22,42 / 17 \times 100 = 131,88\%$

La percentuale di energia elettrica coperta da fonti rinnovabili è il 131,88%; il punteggio della corrispondente scheda è 5 equivalente a Ottimo.

SCHEDA B.4 Materiali eco-compatibili

SCHEDA B.4.1: Utilizzo di strutture esistenti

Il criterio è valido per la ristrutturazione e non per la nuova costruzione.

SCHEDA B.4.6: Materiali riciclati/recuperati

- Volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali/orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame (A): 160,14 m³;
- Volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali/orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali riciclati e/o di recupero" (B): 11,5 m³;
- Percentuale dei materiali e componenti riciclati e/o di recupero rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento ($B/A \times 100$): $11,5/160,14 \times 100 = 7,18\%$.

La percentuale, in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento è sufficiente; il punteggio della corrispondente scheda è 0,72.

SCHEDA B.4.7: Materiali da fonti rinnovabili

- Volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali/orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame (A): 160,14 m³;
- Volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali/orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali provenienti da fonte rinnovabile" (B): 130,77 m³;
- Percentuale dei materiali e componenti da fonte rinnovabile rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento ($B/A \times 100$): $130,77/160,14 \times 100 = 81,65\%$.

La percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento è sufficiente; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA B.4.9: Materiali locali per finiture

- Peso complessivo dei materiali di finitura utilizzati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio in esame (A):
 - scandole in legno di abete 14 kg/m²: $615,32 \times 14 = 8.614,48$ kg,
 - pavimentazione in ceramica riciclata 18kg/m²: $426,27 \times 18 = 7.672,95$ kg,
 - pavimentazione in ceramica riciclata (solaio di copertura)18 kg/m²: $351,27 \times 18 = 6.322,86$ kg,

- pannello OSB (per tetto verde) $8\text{kg/m}^2: 25 \times 8 = 200 \text{ kg}$;
- Peso complessivo (B) dei materiali di finitura prodotti localmente (ovvero entro 300 Km dal sito di intervento finitura) utilizzati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio in esame, considerando il contributo del singolo materiale Bi come:
 - Bi x 1 se il materiale di finitura in esame è prodotto entro una distanza di 150 km dal sito d'intervento:
 - o pavimentazione in ceramica riciclata: $7.672,95 \times 1 = 7.672,95$,
 - o pavimentazione in ceramica riciclata (solaio di copertura): $6.322,86 \times 1 = 6.322,86$,
 - o pannello OSB (per tetto verde): $200 \times 1 = 200$;
 - Bi x 0,5 materiale di finitura in esame prodotto entro una distanza di 250 km dal sito d'intervento;
 - Bi x 0,25 materiale di finitura in esame prodotto entro una distanza di 300 km dal sito d'intervento:
 - o scandole: in legno di abete: $8.614,48 \times 0,25 = 2.153,62$;
- Percentuale tra il peso dei materiali di finitura prodotti localmente rispetto alla totalità dei materiali/componenti di finitura impiegati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio (B/A x 100): $(16.349,43/22.810,29) \times 100 = 71,67\%$.

Il rapporto tra il peso dei materiali di finitura prodotti localmente e il peso totale dei materiali di finitura utilizzati dell'edificio è buono; il punteggio della corrispondente scheda è 3.

SCHEDA B.4.10: Materiali riciclabili o smontabili

Percentuale della superficie complessiva di ogni area di applicazione realizzata mediante strategie che facilitano lo smontaggio, il riuso o il riciclo dei componenti:

- pareti perimetrali verticali: 87,15%;
- pareti interne verticali: 100%;
- solai: 100%;
- strutture di elevazione: 85%;
- coperture: 0%;
- rivestimenti delle facciate esterne: 0%;
- rivestimenti della copertura: 0%;
- pavimentazioni interne: 100%;
- balconi: 0%.

Il numero di aree di applicazione di soluzioni/strategie utilizzate per agevolare lo smontaggio, il riuso o il riciclo dei componenti è sufficiente; il punteggio della corrispondente scheda è 3.

SCHEDA B.5 Acqua potabile

SCHEDA B.5.1: Acqua potabile per irrigazione

- Fabbisogno di riferimento base (A) per irrigazione considerando un volume d'acqua a metro quadro di area irrigata pari a 0,4mc/m² annui:
4300 m² x 400 l/m² = 1.720.000l
- Quantità effettiva di acqua potabile annua risparmiata per l'irrigazione delle aree verdi di pertinenza (B) considerando:
 - i. il fabbisogno effettivo d'acqua delle specie vegetali piantumate: nel progetto analizzato, l'area verde da irrigare è un tradizionale prato erboso che necessita di 1,5 l/m² al giorno per un totale di 164.250 l/annui;
 - ii. Il contributo derivante dall'eventuale impiego di acqua non potabile: è pari a 0;
 La formula per poter calcolare B è la seguente:

$$ii - (i - A) = 0 - (164.250 - 1.720.000) = - 1.555.750 l;$$

Il rapporto tra il volume di acqua potabile risparmiato e quello necessario per soddisfare il fabbisogno di acqua per irrigazione (B/A x 100): -1.555.750/1.720.000 x 100 = - 90.45 l

Il risultato è negativo e il punteggio della corrispondente scheda è -1.

SCHEDA B.5.2: Acqua potabile per usi indoor

- Il volume di acqua (A) necessario per soddisfare il fabbisogno idrico annuo per usi indoor, considerando come valore di riferimento pari a 50 litri a persona al giorno:
50 l x p x gg

$$50 l \times 100 \times 300 = 1.500.000 l/annui$$

- Il volume di acqua potabile risparmiata (B), considerando:
 - i. il risparmio dovuto all'uso di strategie tecnologiche (sciacquoni a doppio tasto, aeratori, etc.);
 - ii. Il contributo derivante dall'eventuale impiego di acqua non potabile.

i) L' aeratore o "frangi getto" è una retina che ha lo scopo di rompere il getto d'acqua che fuoriesce dal rubinetto e di miscelarlo con aria che ne aumenta il potere lavante. Esso permette una riduzione della portata da 10-25 l/minuto a 6-9 l/minuto. Sono stati considerati in questo progetto un consumo di 8 l/minuto grazie all'utilizzo di questa tecnologia.

$$8 l/minuto \times 2 minuti \times 100 persone \times 300 giorni = 480.000 l/annui$$

L'utilizzo dello sciacquone a doppio tasto prevede l'uso di 6 l ogni getto, con un risparmio di 4 l a getto rispetto allo sciacquone a un tasto. Tale accorgimento prevede un risparmio di 400 l/gg, considerando una media giornaliera di 100 getti. Il risparmio annuo corrisponderà a 120.000 l.

$$6 l \times 100 getti \times 300 giorni = 180.000l/annui$$

Il risparmio annuo globale dovuto all'uso di strategie tecnologiche è di 660.000 l.

ii) Il progetto prevede il recupero delle acque meteoriche su tutte le coperture degli edifici. L'area di captazione risulta di 385 m². Per poter calcolare la quantità di acqua piovana raccolta da tale sistema è necessario applicare la seguente formula:

Quantità di acqua piovana raccolta = PIOVOSITA' MEDIA MENSILE x 12 MESI x AREA DI CAPTAZIONE

$$= 73 \text{ l/m}^2 \times 12 \times 351,24 \text{ m}^2 = 307.686,24 \text{ l}$$

AREA DI CAPTAZIONE= A1+A2+A3+A4

Il rapporto tra il volume di acqua potabile risparmiato e quello necessario per soddisfare il fabbisogno idrico per usi indoor (B/A x 100):

$$967.686,24/1.500.000 \times 100 = 64,51 \%$$

Il volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato è buono; il punteggio della corrispondente scheda è 3 .

SCHEDA B.6 Prestazione dell'involucro

SCHEDA B.6.2: Energia netta per il raffrescamento

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni.

La UNI TS 13000-1 è una specifica tecnica che definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 (Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento). La 13790 fornisce i metodi di calcolo per la stima del fabbisogno energetico, per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici o di porzioni di essi.

Dove Epe, invol rappresenta la prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio, pari al rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio, calcolata tenendo conto della temperatura di progetto estiva secondo la norma UNI/TS 11300-1, e il volume per gli edifici con destinazioni d'uso diverse dal residenziale.

- L'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio (Epe, invol) secondo le indicazioni contenute nel DPR 59/09 e secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-1 (B): 5,2 kWh/m²;
- L'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite (Epe, invol, lim) da DPR 59/09 (A): 10 kWh/m²;
- Rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio (Epe, invol) da valutare e l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite (Epe, invol, lim) : B/A x 100
$$5,2/10 \times 100 = 52 \%$$

Il rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio (Epe, invol) e l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite (Epe, invol, lim) è 52%; il punteggio della corrispondente scheda è 5 equivalente a Ottimo.

SCHEDA B.6.3: Trasmittanza termica dell'involucro edilizio

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni. E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art. 28 della legge 09 gennaio 1991 n° 10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione tecnica messa a disposizione dai fornitori delle strutture opache in legno e degli infissi:

- La trasmittanza termica media degli elementi di involucro U_m (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate, pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, chiusure trasparenti)(B) $[W/m^2K]$: 1.1;
- La trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge (U_{lim}) (A) $[W/m^2K]$: 1.6;
- Rapporto percentuale tra la trasmittanza termica media degli elementi di involucro e la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge: $B/A \times 100$

68,75%

Il rapporto percentuale tra la trasmittanza media di progetto degli elementi di involucro (U_m) e la trasmittanza media corrispondente ai valori limite di legge ($U_{m,lim}$) è 68,75%; il punteggio della corrispondente scheda è 5 equivalente a Ottimo.

SCHEDA C Carichi ambientali

SCHEDA C.1 Emissioni di CO2 equivalente

SCHEDA C.1.2: Emissioni previste in fase operative

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni. La UNI TS 13000-1 è una specifica tecnica che definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790:2008 (Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento). La 13790 fornisce i metodi di calcolo per la stima del fabbisogno energetico, per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici o di porzioni di essi.

E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art. 28 della legge 09 gennaio 1991 n° 10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale degli impianti elettrico e fotovoltaico. È necessario avere a disposizione le specifiche di progetto dell'impianto fotovoltaico e del dato relativo alla producibilità annua di energia elettrica.

- Quantità di emissioni di CO₂ equivalente annua, prodotta per l'esercizio dell'edificio (B) $[KgCO_2/m^3]$: 250;
- Quantità di emissioni di CO₂ equivalente annua, prodotta per l'esercizio di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso (A) $[KgCO_2/m^3]$: 500.

Il rapporto percentuale tra la quantità di emissioni di CO₂ equivalente annua, prodotta per l'esercizio dell'edificio in progetto e la quantità di emissioni di CO₂ equivalente annua, prodotta per l'esercizio di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso è il 50%; il punteggio della corrispondente scheda è 5 equivalente a Ottimo.

SCHEDA C.3 Rifiuti solidi

SCHEDA C.3.2: Rifiuti solidi prodotti in fase operativa

- Distanza tra l'accesso principale dell'edificio e l'area di raccolta di carta, plastica, rifiuti speciali: 20m;
- Esiste un'area di raccolta per tutte e tre le tipologie di rifiuti sopra citate a una distanza inferiore a 50 m dall'ingresso dell'edificio.

La presenza e le caratteristiche delle aree per la raccolta delle varie tipologie di rifiuti sono ottime e il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA C.4 Acque reflue

SCHEDA C.4.1: Acque grigie inviate in fognatura

- Volume standard di acque grigie potenzialmente immesse in fognatura (A) calcolate come refluo corrispondente al fabbisogno idrico indoor (esclusi i wc), pari a 20 l a persona al giorno:

$$A = 20 \text{ l} \times 100 \text{ persone} \times 300 \text{ gg} = 600.000 \text{ l}$$

- Calcolare il volume di acque reflue non immesso in fognatura rispetto al volume standard calcolato (B), considerando:
 - i. il risparmio di produzione acque grigie dovuto all'uso di strategie tecnologiche (sciacquoni a doppio tasto, aeratori, etc.):

i) L' aeratore permette una riduzione della portata da 10-25 l/minuto a 6-9 l/minuto e una conseguente riduzione delle acque immesse in fognatura. Sono stati considerati in questo progetto un consumo di 8 l/minuto grazie all'utilizzo di questa tecnologia.

$$8 \text{ l/minuto} \times 2 \text{ minuti} \times 100 \text{ persone} \times 300 \text{ giorni} = 480.000 \text{ l/annui risparmiati}$$

L'utilizzo dello sciacquone a doppio tasto prevede l'uso di 6 l ogni getto con un risparmio di 4 l a getto rispetto allo sciacquone a un tasto. Tale accorgimento prevede un risparmio di 400 l/gg considerando una media giornaliera di 100 getti. Il risparmio annuo corrisponderà a 120.000 l.

$$4 \text{ l} \times 100 \text{ getti} \times 300 \text{ giorni} = 120.000 \text{ l/annui risparmiati}$$

Il risparmio annuo globale dovuto all'uso di strategie tecnologiche è di 600.000 l.

- ii. Il risparmio derivante dall'eventuale reimpiego delle acque grigie per usi non potabili (irrigazione, usi indoor non potabili).

La presenza e le caratteristiche delle aree per la raccolta delle varie tipologie di rifiuti sono ottime e il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA C.4.2: Permeabilità del suolo

- Area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio, ovvero l'area del lotto al netto dell'impronta dell'edificio (A): 4300 m²;
 - Estensione di ciascuna tipologia di sistemazione esterna (Bi):
 - 4.000 estensione m² = prato in piena terra (coefficiente=1)
 - 300 estensione m² = pavimentazione continua (coefficiente=0)
 - Estensione complessiva della superficie esterna permeabile (B) data dalla somma di tutte le aree (Bi), ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità: 93%.
- La quantità di superfici esterne permeabili rispetto al totale delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio è 93 %; il punteggio della corrispondente scheda è 3.

SCHEDA C.6 Impatto sull'ambiente circostante

SCHEDA C.6.8: Effetto isola di calore

- Area complessiva del lotto: 5000 m²
- Area complessiva delle superfici esterne di pertinenza e della copertura dell'edificio in grado di diminuire l'effetto "isola di calore": 634 m²
- Il rapporto percentuale tra l'area delle superfici in grado di diminuire l'effetto isola di calore e l'area totale del lotto (B/A x 100)
 - $634/5000 \times 100 = 12,68\%$

Il rapporto tra l'area delle superfici ombreggiate alle ore 12:00 del 21 giugno e/o sistemate a verde rispetto all'area complessiva del lotto d'intervento (superfici esterne di pertinenza e copertura) è sufficiente e il punteggio della corrispondente scheda è 0.

SCHEDA D Qualità ambientale indoor

SCHEDA D.2 Ventilazione

SCHEDA D.2.5: Ventilazione e qualità dell'aria

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale degli impianti per la climatizzazione. E' necessario avere a disposizione le specifiche tecniche delle macchine installate, ad esempio del recuperatore entalpico e del progetto per gli impianti di climatizzazione.

E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art. 28 della legge 09 gennaio 1991 n° 10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

- Strategie per garantire i ricambi d'aria nei locali: Recuperatore di calore entalpico da 1000 m³/h sia in mandata che in estrazione.

I ricambi d'aria sono garantiti; il punteggio della corrispondente scheda è 5 equivalente a Ottimo.

SCHEDA D.3 Benessere termoigrometrico

SCHEDA D.3.1: Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti raffrescati meccanicamente

E' necessario fare riferimento alla seguente norma UNI EN ISO 7730:2006 (Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico) e alla procedura ivi riportata per il calcolo dei valori richiesti.

Si ricorda che è consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art. 28 della legge 09 gennaio 1991 n° 10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4
Ai	184	90	19,7	18,3
PMVi	0,38	0,15	0,65	0,83

PMV_{me} = 0,36

L' ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers INC) fornisce la seguente definizione di comfort termico: condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera.

La valutazione di tale stato soggettivo può essere resa oggettiva e misurata mediante l'utilizzo di indici integrati che tengono conto sia dei parametri microclimatici ambientali (Ta, Tr, Va, RH), sia del dispendio energetico (dispendio metabolico MET) connesso all'attività lavorativa, sia della tipologia di abbigliamento (isolamento termico CLO) comunemente utilizzato.

Tra gli indici, quello che con maggiore precisione rispecchia l'influenza delle variabili fisiche e fisiologiche sopracitate sul comfort termico è il PMV (Predicted Mean Vote). Esso deriva dall'equazione del bilancio termico, il cui risultato viene rapportato ad una scala di benessere psicofisico ed esprime il parere medio (voto medio previsto) sulle sensazioni termiche di un campione di soggetti allocati nel medesimo ambiente.

Dal PMV è derivato un secondo indice denominato PPD (predicted Percentage of Dissatisfied) che quantifica percentualmente i soggetti comunque "insoddisfatti", in rapporto a determinate condizioni microclimatiche.

Il PMV risulta un indice particolarmente adatto alla valutazione di ambienti lavorativi a microclima moderato, quali abitazioni, scuole, uffici, laboratori di ricerca, ospedali, ecc; esso è utile nel rilevare anche limitati gradi di disagio termico nei residenti in tali ambienti.

Lo stato di comfort termico si raggiunge per valori di PMV compresi tra + 0,5 e - 0,5, cui corrisponde una percentuale di insoddisfatti delle condizioni termiche (PPD) inferiore al 10%.

PMV E PPD

La norma tecnica UNI EN ISO 7730:2006 suggerisce per lo stato di comfort termico valori di PMV compresi tra + 0,5 e - 0,5, cui corrisponde una percentuale di

insoddisfatti delle condizioni microclimatiche (PPD) inferiore al 10%.

<i>PMV</i>	<i>PPD %</i>	<i>VALUTAZIONE AMBIENTE TERMICO</i>
+3	100	Molto caldo
+2	75,7	Caldo
+1	26,4	Leggermente caldo
-0,5 < <i>PMV</i> < +0,5	< 10	<i>Accettabilità termica</i>
-1	26,8	Fresco
-2	76,4	Freddo
-3	100	Molto freddo

Il PMV risulta un indice particolarmente adatto alla valutazione di ambienti lavorativi a microclima moderato, quali abitazioni, scuole, uffici, laboratori di ricerca, ospedali, ecc; esso è utile nel rilevare anche limitati gradi di disagio microclimatico nei residenti in tali ambienti.

Il valore assoluto del voto medio previsto degli occupanti, relativamente alle condizioni di temperatura dell'aria e umidità relativa, durante la stagione estiva (PMV, me) è 0,36; il punteggio della corrispondente scheda è ottimo equivalente a 5 punti.

SCHEDA D.3.2: Temperatura dell'aria nel periodo estivo

La fonte dei dati principale per questo criterio è quella della procedura di certificazione energetica prescritta dalla normativa di settore, sia nel caso di nuove costruzioni, sia per ristrutturazioni. La UNI 10375:2011 (Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti) descrive un metodo per il calcolo della temperatura interna degli ambienti, durante il periodo estivo, in assenza di impianto di climatizzazione.

E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art.,28 della legge 09 gennaio 1991 n°,10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

Si ricorda che il calcolo di questo indicatore è da eseguirsi in condizioni di NON funzionamento dell'impianto di raffrescamento, ove presente.

	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4
A _i	184	90	19,7	18,3
Top _i	25,8	24,9	28,1	27,3

Lo scarto medio tra la temperatura operativa e la temperatura ideale degli ambienti nel periodo estivo (ΔT_m) è di 0,62°C; il punteggio della corrispondente scheda è Buono.

SCHEDA D.3.3: Temperatura dell'aria e umidità relativa in ambienti riscaldati meccanicamente

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale, relativa alla parte architettonica, per ottenere le superfici in pianta dei singoli ambienti.

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale degli impianti per la climatizzazione.

E' consigliabile la consultazione della relazione tecnica redatta in conformità all'art.,28 della legge 09 gennaio 1991 n°,10, in applicazione del Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 e come modificato dal Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311.

E' necessario fare riferimento alla seguente norma UNI EN ISO 7730:2006 (Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico) e alla procedura ivi riportata per il calcolo dei valori richiesti.

	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4
A,i	184	90	19,7	18,3
PMV,i	0,45	0,59	0,85	0,98

PMV, mi= 0,55

Il valore assoluto del voto medio previsto degli occupanti relativamente alle condizioni di temperatura dell'aria e umidità relativa, durante la stagione invernale (PMV, mi) è 0,55; il punteggio della corrispondente scheda è 0 equivalente a Sufficiente.

SCHEDA D.4 Benessere visivo

SCHEDA D.4.1: Illuminazione naturale

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale relativa alla parte architettonica, per valutare la percentuale di superfici vetrate presenti rispetto a quelle opache. Ulteriore elemento da analizzare con particolare attenzione è l'orientamento della struttura, per valutarne la disposizione planimetrica rispetto al movimento solare. La UNI 15193:2008 (Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione) specifica la metodologia di calcolo del consumo energetico degli impianti di illuminazione interni di edifici e definisce un indicatore numerico dei requisiti energetici per l'illuminazione, da utilizzare per la certificazione energetica.

Essa può essere usata sia per gli edifici esistenti, sia per gli edifici nuovi o in ristrutturazione. La norma fornisce una metodologia per il calcolo dell'energia istantanea consumata, per l'illuminazione, per la stima dell'efficienza energetica globale dell'edificio.

E' possibile determinare il calcolo della penetrazione PD della luce diurna che è funzione del fattore di luce diurna D.

Calcolo di D

$$D = DC \times D65 \times k1 \times k2 \times k3 \quad [\%]$$

DC: fattore di luce diurna relativo all'apertura sulla facciata (senza finestratura e sistema di protezione dal sole)

D65: trasmissione diretta emisferica della finestratura (=0,90 per singolo vetro trasparente, 0.82 per doppi vetri, 0.75 per tripli vetri);

K1: fattore che tiene conto del telaio della finestra (tipicamente 0.7);
 K2: fattore che tiene conto della sporcizia sui vetri (tipicamente 0.8);
 K3: fattore che tiene conto dell'incidenza non normale della luce (per vetri standard, $k_3=0.85$);

	AMBIENTE 1	AMBIENTE 2	AMBIENTE 3	AMBIENTE 4
Am	184	90	19,7	18,3
Dm	2,61	2,68	2,9	3

Il fattore medio di luce diurna degli ambienti dell'edificio (Dm) è 2,67%; il punteggio della corrispondente scheda è 3 equivalente a buono.

SCHEDA D.5 Benessere acustico

SCHEDA D.5.6: Qualità acustica dell'edificio

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale relativa alla parte architettonica, per ricavare i dati dimensionali della struttura e dei singoli ambienti (superfici in pianta, altezza interpiano, etc). E' indispensabile conoscere la stratigrafia di ogni elemento dell'involucro edilizio, pareti solai, etc.

La UNI 11367:2010 (Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera) definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione. Su tale base la norma stabilisce, inoltre, una classificazione acustica (in riferimento ad ognuno dei requisiti), per l'intera unità immobiliare (salvo alcune tipologie). È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare. I criteri stabiliti nella presente norma sono applicabili a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale e industriale. Inoltre, illustra come determinare la classe acustica di una unità immobiliare esistente, sulla base dei risultati di misure fonometriche eseguite sull'edificio.

E' necessario prevedere misurazioni fonometriche all'intero e all'esterno del fabbricato, al fine di caratterizzare la struttura dal punto di vista acustico, come prescritto dalla normativa, allo scopo di individuare la classe di appartenenza come riportato nella tabella seguente.

Classe	A	B	C	D	E
	Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$	Potere fonoisolante apparente di divisori fra ambienti di differenti unità immobiliari D'_w	Livello sonoro di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw}	Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{eq,nT}$	Livello sonoro massimo immesso da impianti a funzionamento discontinuo $L_{Amax,nT}$
	dB	dB	dB	dB	dB
I	≥ 43	≥ 56	≥ 53	≥ 25	≥ 30
II	≥ 40	≥ 53	≥ 58	≥ 28	≥ 33
III	≥ 37	≥ 50	≥ 63	≥ 32	≥ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≥ 68	≥ 37	≥ 42

L'edificio appartiene alla classe acustica globale II; il punteggio della corrispondente scheda è 3.

SCHEDA D.6 Inquinamento elettromagnetico

SCHEDA D.6.1: Campi magnetici a frequenza industriale

I dati specifici possono essere reperiti, oltre che da sopralluoghi in sito, anche dalla documentazione progettuale degli impianti elettrico e dello schema di distribuzione delle montanti e linee elettriche di alimentazione delle singole utenze.

È importante eseguire specifici sopralluoghi in sito, al fine di individuare fonti di onde elettromagnetiche nelle vicinanze, quali elettrodotti, cabine elettriche di trasformazione, antenne e ripetitori radio etc.

Non ci sono locali adiacenti a significative sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale, inoltre, la configurazione dell'impianto minimizza le emissioni di campo magnetico a frequenza industriale; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA E. Qualità del servizio

SCHEDA E.3.5: BACS (Building Automation and Control System) e TBM (Technical Building Management)

I dati specifici possono essere reperiti anche dalla documentazione progettuale relativa alla parte architettonica, per ricavare i dati dimensionali della struttura e dei singoli ambienti (superfici in pianta, altezza interpiano, etc).

È necessario consultare tutta la documentazione tecnica e progettuale relativa agli impianti tecnologici presenti nell'edificio: elettrico, climatizzazione, fonti di energia rinnovabili (fotovoltaico, solare termico, pompe di calore etc.) e valutare il livello di integrazione fra di essi. Particolare attenzione va posta nella valutazione della tipologia di automazione adottata nella regolazione e controllo degli impianti.

I sistemi di automazione e controllo presenti negli edifici vengono anche detti sistemi di efficienza energetica attiva. La loro funzione principale è quella di massimizzare l'efficienza energetica degli impianti tecnologici, in relazione ai differenti profili di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti, in relazione alle condizioni ambientali esterne. I risultati ottenibili sono quelli di importanti riduzioni dei consumi energetici fornendo nel contempo elevati livelli di comfort, sicurezza e qualità.



La UNI EN 15232 (Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici) specifica:

In particolare, questa norma introduce una classificazione in 4 classi di efficienza energetica delle funzioni di controllo degli impianti tecnici degli edifici, nonché due metodi di calcolo (uno dettagliato ed uno semplificato) per stimare l'impatto dei sistemi di automazione e controllo sulle prestazioni energetiche degli edifici.

- Classe D "NON ENERGY EFFICIENT": comprende gli impianti tecnici tradizionali e privi di automazione e controllo, non efficienti dal punto di vista energetico;
- Classe C "STANDARD" (riferimento): corrisponde agli impianti dotati di sistemi di automazione e controllo degli edifici (BACS) "tradizionali", eventualmente dotati di BUS di comunicazione, comunque a livelli prestazionali minimi rispetto alle loro reali potenzialità;
- Classe B "ADVANCED": comprende gli impianti dotati di un sistema di automazione e controllo (BACS) avanzato e dotati anche di alcune funzioni di gestione degli impianti tecnici di edificio (TBM), specifiche per una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti;
- Classe A "HIGH ENERGY PERFORMANCE": corrisponde a sistemi BAC e TBM "ad alte prestazioni energetiche" cioè con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto.

Gli impianti tecnici dell'edificio contemplati dalla EN 15232 sono:

- Riscaldamento;
- Raffrescamento;
- Ventilazione e condizionamento;
- Illuminazione;
- Controllo delle schermature solari;
- Controllo con sistemi di automazione dell'edificio (BACS);
- Gestione centralizzata dell'edificio (TBM).

(Dalle valutazioni sono esclusi gli elettrodomestici).

La norma è utilizzabile sia per la progettazione di nuovi edifici che per la verifica di edifici esistenti, ed è rivolta a:

- proprietari di edifici, architetti e tecnici;
- autorità pubbliche;
- costruttori, progettisti e installatori;
- Energia termica totale dell'edificio fornita ($Q_{t,BAC,hc}$): 35.500;
- Energia termica totale fornita, di riferimento dell'edificio, in relazione a controlli standard ($Q_{t,BAC,hc,lim}$): 39.750;
- Energia elettrica totale fornita dell'edificio ($W_{t,BAC,el}$): 2.950;
- Energia fornita elettrica totale di riferimento dell'edificio, in relazione a controlli standard ($W_{t,BAC,el,lim}$): 7.825.

I fattori f_{BAC} degli impianti installati nell'edificio sono 0,89; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA E.6: Mantenimento delle prestazioni in fase operativa

SCHEDA E.6.1: Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio

- Superficie di involucro riscaldato caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale secondo la norma UNI 13788 (B): 900 m²;
- Superficie totale dell'involucro dell'edificio (A): 900m²;
- Rapporto percentuale tra la superficie di involucro caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale e la superficie totale dell'involucro dell'edificio ($B/A \times 100$):

$$900/900 \times 100 = 100\%$$

La percentuale di superficie di involucro caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale è Ottima; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

SCHEDA E.6.5: Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici

I documenti tecnici archiviati sono: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici edificio "come costruito", piani di manutenzione, documentazione fase realizzativa dell'edificio.

Dalle verifiche effettuate è risultato che sono archiviati tutti i documenti; il punteggio della corrispondente scheda è 5.

La valutazione complessiva delle ripercussioni sull'ambiente naturale, a seguito delle scelte progettuali, durante l'intero ciclo di vita di un edificio, rappresenta una tappa obbligata per poter determinare la qualità dell'ambiente abitato, che va ovviamente oltre la mera valutazione delle *performance* energetiche. Proprio per questi motivi, negli ultimi anni, sono stati sviluppati numerosi sistemi di valutazione ambientale, molti dei quali sono in continua evoluzione e aggiornamento, così da poter affrontare il tema della qualità del costruito secondo una visione più ampia, in riferimento alla sostenibilità applicata al comparto edilizio.

In questo contesto, il Protocollo ITACA rappresenta il sistema certificativo di riferimento italiano, che è stato adottato in forma volontaria da numerose regioni di Italia. Questo strumento consente di quantificare il livello di sostenibilità energetico ambientale di un fabbricato, stimando la sua prestazione, attraverso l'uso di criteri, raggruppati in categorie, contenuti all'interno di aree di valutazione

Nel presente libro gli autori, sfruttando capacità di ricerca e professionali acquisite nel campo della sostenibilità energetica in edilizia e nella progettazione bioclimatica, hanno approfondito l'applicazione del Protocollo ITACA residenziale ed uffici a casi di studio estremamente significativi per l'effettiva valutazione della efficacia e accuratezza del sistema di certificazione ambientale, con particolare attenzione a contesti climatici tipici della aree mediterranee. Ne risulta una interessante revisione critica delle schede di valutazione e alcune proposte di implementazione dei requisiti da inserire nella valutazione, che derivano anche dal confronto tra i principali sistemi di certificazione ambientale in edilizia attualmente diffusi in Italia.