

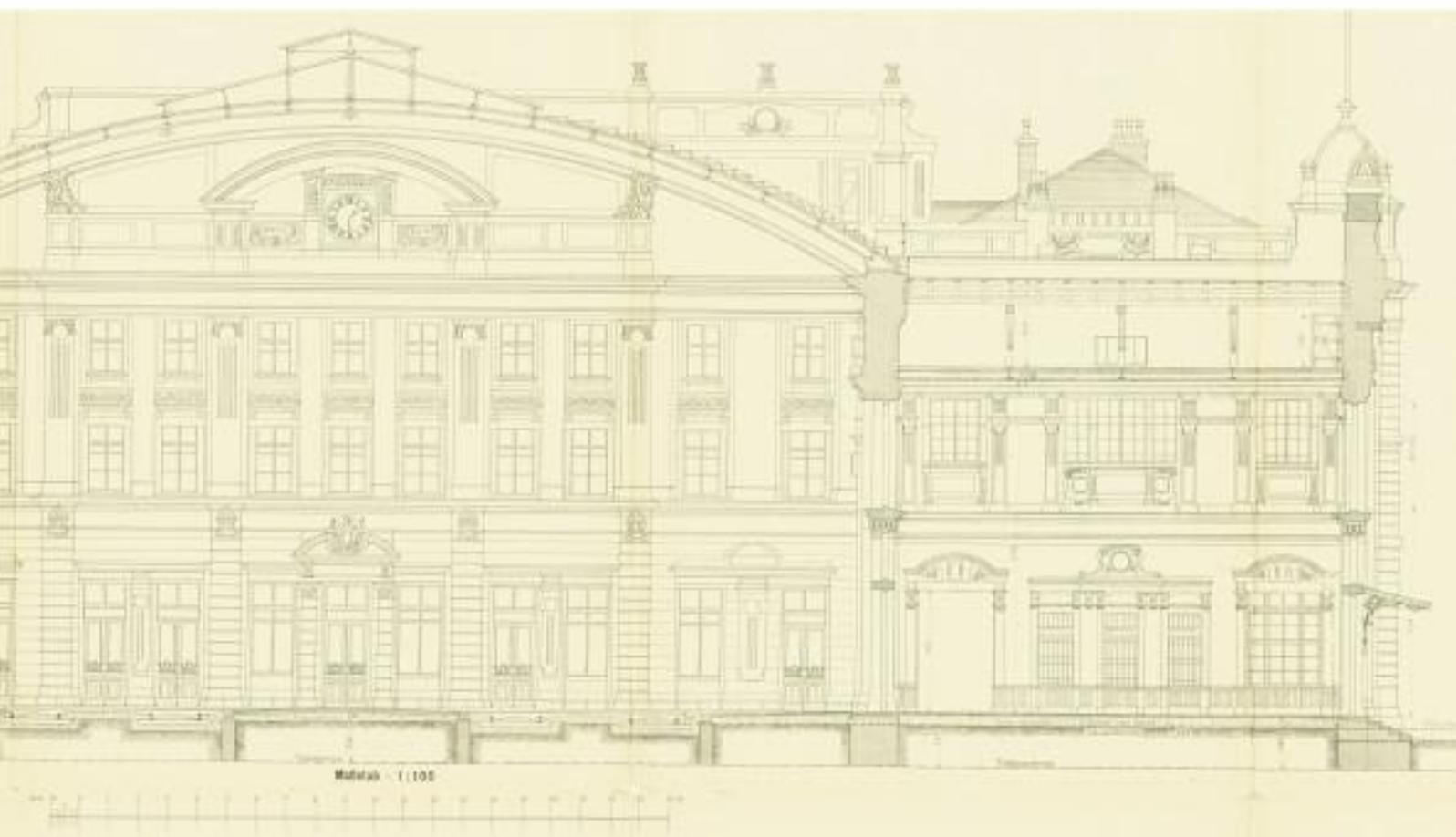
L'IU

L'INGEGNERE UMBRO



PERIODICO DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PERUGIA

Unilab Sperimentazione S.r.l. nasce nel 2012 ed è un laboratorio di derivazione universitaria specializzato nella *Diagnostica Strutturale* di opere Monumentali, Edifici Pubblici e Privati, Residenziali e Industriali. Da Luglio 2018 è anche un *Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad eseguire prove su materiali da costruzione ex art. 59 DPR 380/01 e art. 20 L. 1086/71 – Settore A.*



DIAGNOSTICA

Prove su elementi in cemento armato
Prove su murature
Prove di carico su strutture
Prove su elementi prefabbricati
Prove su legno e acciaio
Monitoraggi strutturali statici e dinamici
Diagnosi sullo sfondellamento dei solai

LABORATORIO

Calcestruzzi
Acciai
Malte e cementi
Aggregati
Bitumi
FRC
FRP - FRCM - CRM

www.unilabsperimentazione.pg.it

Unilab Sperimentazione S.r.l.
Via Giacomo Leopardi 27, 06073 Corciano (PG)
Tel e fax 075 6978960

SOMMARIO



In copertina:

La Basilica di Santa Maria degli Angeli - Assisi (Pg)
(1569 - 1679) immersa nella natura

(Fotografia: Michele Castellani)

4 **LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DELLA DISCARICA DI PIETRAMELINA**

Importanti lavori di consolidamento della discarica di Pietramelina (PG) di proprietà del Comune di Perugia ed in gestione al concessionario Gest srl/Gesenu Spa.

Luciano Piacenti, Massimo Pera, Marco Balducci, Alessio Lutazi

9 **NUOVA SEDE DEL CORSO DI LAUREA IN SCIENZE MOTORIE E SPORTIVE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA**

Un edificio sostenibile e certificato leed.

Fabio Piscini, Luca Palma, Carlotta Cocco

14 **LA DIAGNOSI ENERGETICA: DA OBBLIGO AD OPPORTUNITÀ, MAI COME IN QUESTO MOMENTO**

La particolarità del contesto storico e degli scenari futuri rendono fondamentale tale strumento per contrastare efficacemente l'aumento dei costi dell'energia e incrementare lo sviluppo tecnologico delle aziende, e non solo.

Filippo Moscioni

19 **RICERCA E INNOVAZIONE PER LE COSTRUZIONI IN LEGNO**

BIM&DIGITAL Awards 21 per la ricerca industriale per ABITARE+ e DICA-UNIPG.

Giulia Pelliccia

L'INGEGNERE UMBRO - n°119 - anno XXX - Marzo 2022

Direttore Responsabile: Giovanni Paparelli

Redattore Capo: Alessio Lutazi

Collaboratori: Francesco Asdrubali, Paolo Belardi, Simone Bori, Michele Castellani, Guido De Angelis, Lamberto Fornari, Pietro Gallina, Antonello Giovannelli, Renato Morbidelli, Massimo Pera, Enrico Maria Pero, Alessandro Rocconi, Carla Saltalippi, Gianluca Spoletini.

Hanno collaborato inoltre a questo numero: Marco Balducci, Carlotta Cocco, Fabrizio Moscioni, Luca Palma, Giulia Pelliccia, Luciano Piacenti, Fabio Piscini

Grafica e impaginazione: Le Mani di Mary S.r.l. - Perugia

Stampa e Pubblicità: Unione Tipografica Folignate - Foligno

Questo numero è stato stampato in 6000 copie.

La Rivista viene inviata in abbonamento gratuito a chiunque ne fa richiesta. L'Editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione. Le informazioni custodite verranno utilizzate al solo scopo di inviare agli abbonati la Rivista e gli allegati (legge 196/03 - tutela dei dati personali). Tutti i diritti sono riservati. È vietata la riproduzione anche parziale, eseguita con qualsiasi mezzo, di ogni contenuto della Rivista, senza autorizzazione scritta. Sono consentite brevi citazioni con l'obbligo di menzionare la fonte. Testi, foto e disegni inviati non saranno restituiti.

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DELLA DISCARICA DI PIETRAMELINA



Importanti lavori di consolidamento della discarica di Pietramelina (PG) in gestione al concessionario Gest srl/Gesenu Spa

*di Luciano Piacenti
Massimo Pera
Marco Balducci
Alessio Lutazi*

La discarica per rifiuti non pericolosi ubicata in loc. Pietramelina (PG), di proprietà del Comune di Perugia e in concessione alla società Gest s.r.l. tramite il gestore operativo Gesenu S.p.a. è stata realizzata, in diverse fasi a partire dal 1984, nella zona sommitale del bacino imbrifero del Fosso Covile, affluente del torrente Mussino orientativamente tra le quote di 580 m (sommità del versante) e 410 m. Il bacino è stato realizzato, sfruttando la morfologia concava naturale del sito, modellando il fondo, mediante operazioni di scavo e riporto, e chiudendolo verso valle con un argine di contenimento realizzato con terreno proveniente dagli stessi scavi.

La realizzazione è avvenuta per stralci successivi distinti in tre stadi, il primo operativo dal 1984 al 1990, il secondo dal 1990 al 2006 ed il terzo dal 2006 all'agosto 2013, data di sospensione dell'attività di smaltimento e avvio dell'iter autorizzativo per il capping definitivo sul III stadio della discarica. La superficie esterna della colmata dei rifiuti è modellata a bancate e terrazzi, con uno spessore dei rifiuti variabile tra circa 20 metri nella zona di valle fino a





oltre 30 metri a monte, per un quantitativo complessivo di rifiuti conferiti di circa 2,5 milioni m³.

L'esigenza del consolidamento della discarica di Pietramelina nasce dall'evidenza che il piede della discarica sia stato realizzato in corrispondenza di una frana quiescente, il cui meccanismo di scivolamento si è parzialmente re-innescato nel tempo. Tutte le indagini e le simulazioni condotte convergono sulla conclusione che la discarica risulta stabile in condizioni statiche.

Il consolidamento, pertanto, è stato necessario unicamente ai fini del raggiungimento degli standard prestazionali previsti dalla vigente normativa in condizioni sismiche ed in fase di redazione del progetto di consolidamento della discarica è stata eseguita un'attenta campagna di indagini geognostiche integrative che ha consentito di affinare il modello geologico e geotecnico dell'area. L'intervento eseguito nel corso dell'anno 2021 ha ri-

guardato la stabilizzazione della discarica tramite interventi finalizzati a risolvere le due problematiche che interessano la stabilità del corpo discarica e quella del versante sul quale questo si appoggia, al fine di:

- diminuire in maniera stabile i livelli di percolato nella zona est del corpo rifiuti;
- arrestare i movimenti franosi in atto nella zona inferiore, che risulta posta su una nicchia di testa di una frana preesistente alla costruzione della discarica e successivamente riattivata.

In particolare, la stabilizzazione è intesa avere effetto sia in condizioni statiche sia in condizioni sismiche risultando soddisfacente di tutti gli standard prestazionali previsti dalla normativa vigente (NTC 2018).

Il progetto e la relativa fase realizzativa si è distinta in due macro-categorie di interventi.

La prima ha riguardato la realizzazione di una rete diffusa di dreni sub orizzontali (n. 48) di diametro pari a 90

Il Polo impiantistico di Pietramelina si estende su un'area di circa 28 ettari e ricomprende:

- Discarica per rifiuti non pericolosi ed impianti tecnicamente connessi, quali due impianti di captazione e recupero del biogas prodotto nel corpo della discarica con produzione di energia elettrica a servizio del polo; impianto di stoccaggio e trattamento del percolato di discarica;
- Impianto per la biostabilizzazione della frazione organica derivante dalla selezione dei rifiuti solidi indifferenziati;
- Impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica a servizio del polo.

mm e lunghezza compresa tra i 40 e i 60 metri ad interasse trasversale di 15 metri, disposti a raggiera su 5 ordini nella Zona Est della discarica, al fine di ridurre il livello di percolato presente sul corpo discarica. La configurazione plano-altimetrica del sistema è stata definita sulla base dei risultati delle prove geotriche e delle risultanze dello studio dell'Università "La Sapienza" di Roma, su incarico della Regione Umbria, che conferma concentrazioni di percolato presenti principalmente nella zona est della discarica. L'abbattimento del livello di percolato al valore identificato come target prestazionale geotecnico, mediante l'introduzione nel corpo rifiuti di un sistema di drenaggi, è confermato da un'analisi di filtrazione che ha permesso di valutare il livello di percolato in seguito alla realizzazione degli

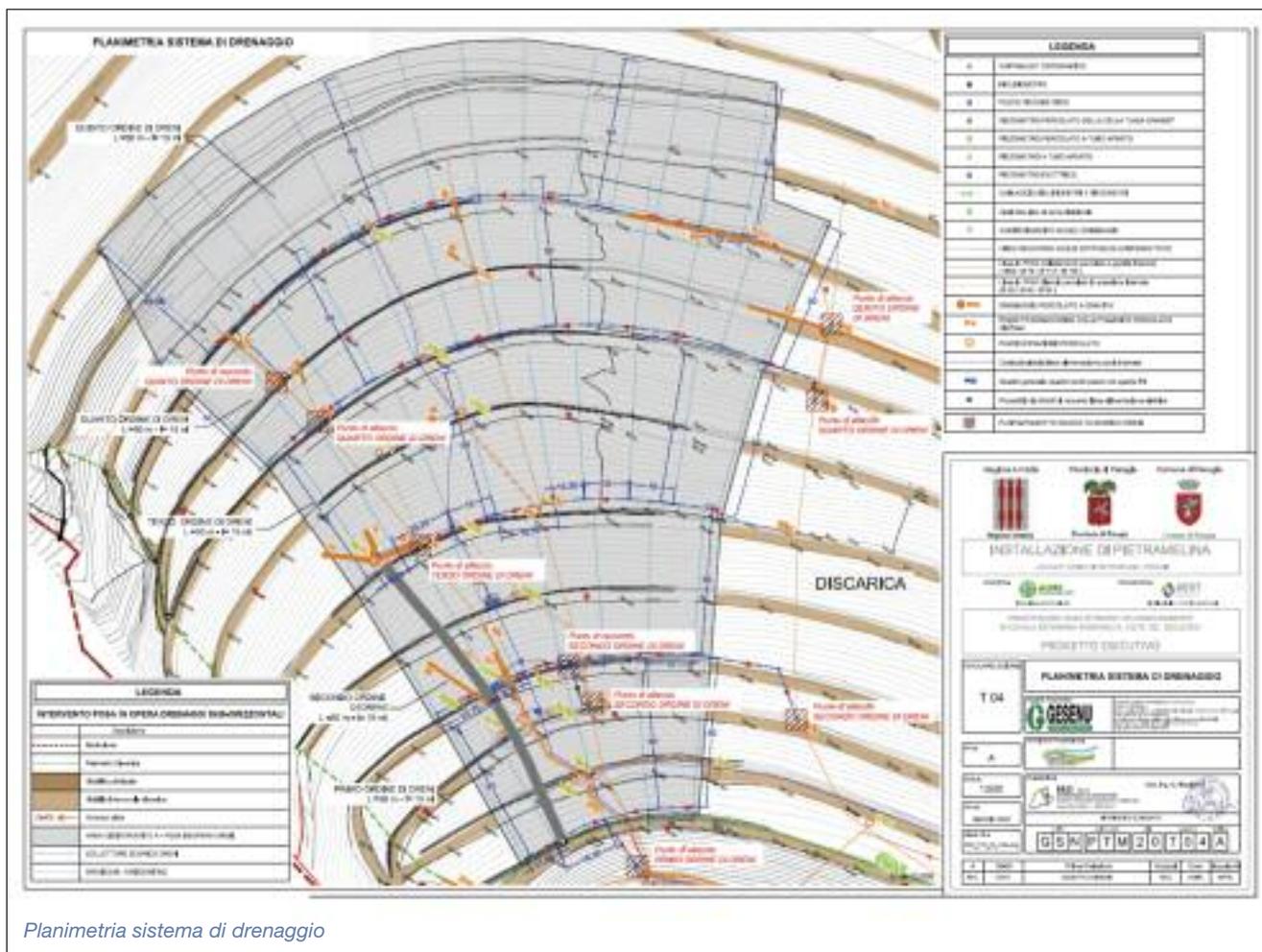
stessi dreni. Il percolato drenato dal nuovo sistema viene immesso nel circuito esistente ed inviato all'impianto di trattamento di percolato della discarica. I dreni sono stati realizzati con tubazioni microfessurate in PVC ad alta resistenza, aventi diametro esterno 50 mm e spessore = 3.5 mm, ubicati in un preforo realizzato a trivellazione e rivestiti con calza di geotessile.

Gli ordini di drenaggio realizzati sono stati collegati a 5 tubazioni di collettamento del percolato drenato, di nuova realizzazione e parallele al fronte della discarica (una per ognuno di ordine di drenaggi), al fine di consentire il continuo deflusso del percolato verso la linea di raccolta del percolato generale.

Le tubazioni sono costituite da tubazioni in HDPE con DN 125 mm PN 10 bar e sono state realizzate con pen-

denza compresa tra 1% e 3%. Per la realizzazione delle linee drenanti, in ragione della loro lunghezza e del loro andamento, si è ricorso all'utilizzo della tecnica delle perforazioni orizzontali semplici, in particolare durante le trivellazioni sono stati utilizzati rivestimenti provvisori in acciaio, propeudici alla posa dei singoli tubi microfessurati in PVC protetti da geotessile, successivamente rimossi al termine dell'inserimento dei tubi.

La seconda categoria di interventi ha riguardato la realizzazione, nella parte inferiore della testa di frana, di 167 pali in cemento armato disposti in doppia fila a quinconce su tre allineamenti. I pali, di diametro pari a 800 mm e lunghezza compresa tra 12 e 22 metri sono stati collegati in testa da un cordolo interrato in calcestruzzo armato (uno per ogni livello di allineamento) e



Planimetria sistema di drenaggio

risultano ammortati per circa 8 metri (pali di media lunghezza) e 12 metri (pali di maggiore lunghezza) nella formazione marnosa di base, garantendo, un adeguato incremento di resistenza allo scorrimento al complesso discarica - terreno di fondazione. L'interasse longitudinale (nella direzione dell'allineamento) dei pali è pari a 2.0 m, mentre l'interasse trasversale è pari a 1.5 m. La presenza di tali pali consente di aumentare la resistenza allo scorrimento disponibile lungo la superficie di scivolamento della frana esistente. Nell'ambito dell'intervento è stato potenziato il già presente impianto di monitoraggio con la realizzazione di nuovi inclinometri e piezometri, al fine di acquisire letture specifiche ed analizzare dati per valutare gli effetti benefici della realizzazione degli interventi di stabilizzazione.



Realizzazione palo di consolidamento



Panoramica realizzazione porzione palificata

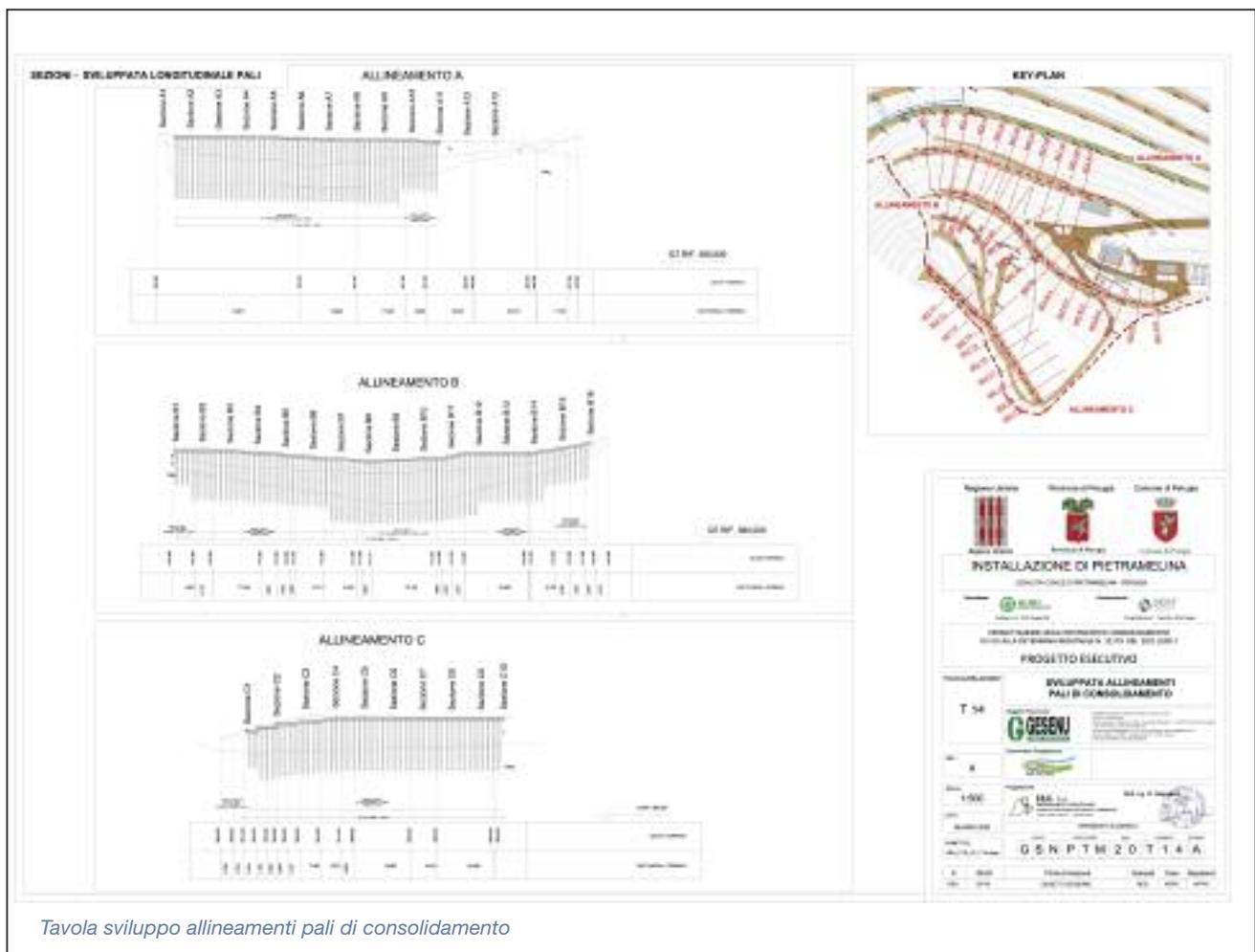
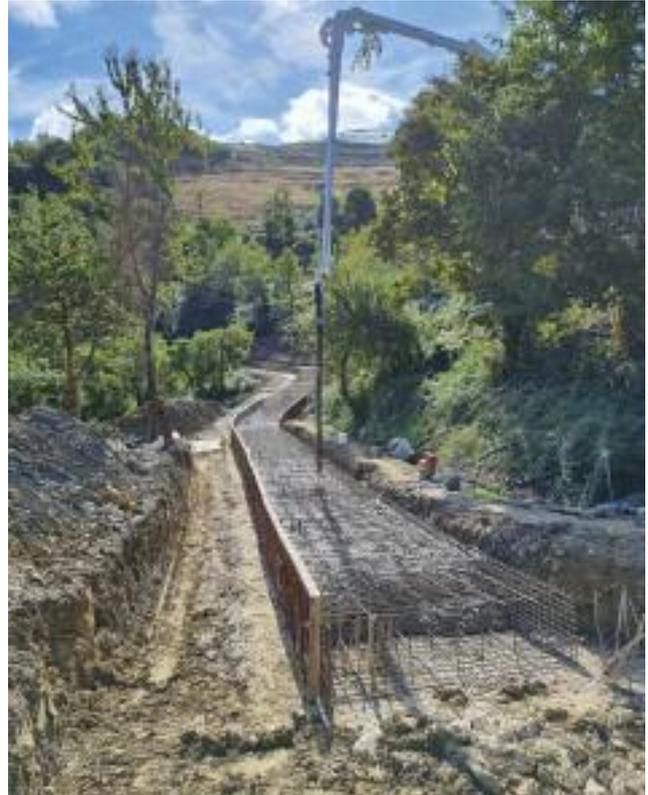


Tavola sviluppo allineamenti pali di consolidamento



Particolare realizzazione dreni sub orizzontali corpi discarica



Armatura cordolo e getto allineamento pali

COMMITTENTE:	GESENU S.p.A
LAVORI:	Lavori di consolidamento della discarica di Pietramelina (PG)
AUTORIZZAZIONI:	Determinazione Dirigenziale Regione Umbria n. 1622 del 25/02/2020 Deliberazione del Consiglio Direttivo AURI n. 28 del 10/11/2020
QUADRO ECONOMICO:	€ 2.929.480 (quadro economico preventivo) € 2.539.687 (quadro economico consuntivo)
FINANZIAMENTI:	La Regione Umbria ha ricompreso il progetto in esame tra quelli di tutela ambientale, finalizzati all'azione di sostegno allo sviluppo dell'impiantistica dedicata ai rifiuti nonché alla stabilizzazione delle discariche in via di chiusura, ed ha disposto un contributo complessivo di € 2.150.000,00 individuando AURI come soggetto beneficiario e Gesenu Spa come soggetto attuatore.
INIZIO DEI LAVORI:	30/04/2021
FINE DEI LAVORI:	15/10/2021
IMPRESA REALIZZATRICE:	TECNOSTRADE S.R.L.
FIGURE PROFESSIONALI:	Responsabile Unico del Procedimento: Dott. Ing. ALESSIO LUTAZI Progettista esecutivo e C.S.P.: Dott. Ing. QUINTILIO NAPOLEONI - E&G s.r.l. Coordinatore sicurezza in fase di esecuzione: Dott. Ing. MORENO PENCHINI Direttore Lavori: Dott. Ing. MARCO BALDUCCI - Area Progetto Associati Collaudatore Statico: Dott. Ing. SERGIO BERTI - Teknos Collaudatore Tecnico - Amministrativo: Dott. Ing. CESARE CORNELI

NUOVA SEDE DEL CORSO DI LAUREA IN SCIENZE MOTORIE E SPORTIVE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA



Un edificio sostenibile
e certificato LEED

di Fabio Piscini*
Luca Palma*
Carlotta Cocco*

Conformemente con una visione generale che prevede la concentrazione delle attività umanistiche all'interno del centro storico e l'articolazione delle attività tecnico-scientifiche in una serie di poli semiperiferici, la nuova sede del corso di laurea in Scienze Motorie e Sportive dell'Università degli Studi di Perugia è stata concepita come cerniera baricentrica tra l'area CUS e il centro Bambagioni ovvero come volano di un centro sportivo-ricreativo strategico tanto per l'Università quanto per la città. Da qui le ragioni per cui la nuova sede (la cui realizzazione comporterà la demolizione della sede attuale) occupa la parte meno pregiata dal punto di vista naturalistico del comparto e si correla con l'edificio della piscina universitaria con una serie di percorsi pedonali immersi nel bosco limitrofo e aperti alla

fruizione della comunità cittadina. Il progetto è stato concepito per rispondere alle necessità funzionali derivanti dalle attività didattiche proprie del corso di laurea in Scienze Motorie e Sportive, per le quali è prevista la realizzazione di due edifici adiacenti: uno destinato alla didattica teorica con una serie di aule e spazi per studenti, l'altro destinato a palestra per le attività pratiche e motorie, altra priorità del corso di laurea. Il nuovo complesso quindi ben si adatta con il sistema naturalistico e sportivo dell'area in cui sarà collocato e tutto ciò consentirà agli studenti di vivere, studiare e fare attività sportiva in un ambiente riconoscibile, piacevole e aperto alla città, nel segno della sostenibilità ambientale. In tal senso, è stata perseguita dall'Università una serie articolata di obiettivi volti a favorire la contestualizzazione paesaggistica e ambientale, l'adozione di sistemi di controllo bioclimatico degli spazi confinati, la caratterizzazione architettonica dei corpi di fabbrica e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Gli studenti oltre alla zona esterna immersa nel verde, potranno usufruire di una corte interna a cielo libero caratterizzata da un'area centrale, che costituirà non soltanto l'affaccio pregiato e privilegiato degli spazi di distribuzione e relazione della sede del corso di laurea, oltre che della palestra, ma anche una componente del sistema per il controllo bioclimatico degli ambienti confinati. In questa prospettiva, anche al fine di valorizzare al massimo



Vista zenitale del modello plastico



Simulazione infografica, esterno

gli aspetti ambientali e di eco-sostenibilità è stata avviata una procedura per la realizzazione del complesso mediante un processo per il perseguimento della certificazione LEED. La certificazione LEED, acronimo di *Leadership in Environmental and Energy Design*, è il protocollo internazionale di sostenibilità più diffuso nel mondo e attualmente utilizzato in più di 160 paesi. LEED è un sistema di verifica del livello di sostenibilità degli edifici, nato con l'obiettivo di favorire la diffusione di pratiche costruttive sempre più sostenibili, capaci di garantire efficienza, salubrità e un limitato impatto ambientale, spingendosi anche su soluzioni di mitigazione dei fenomeni dei cambiamenti climatici. LEED è stato creato negli Stati Uniti nel 1993 a opera di tutti gli operatori della filiera dell'edilizia (progettisti, produttori, impresari) al fine di trasformare il mercato delle costruzioni verso metodologie più attente all'ambiente naturale e al benessere delle persone. Dal 2008 il sistema LEED è stato introdotto in Italia grazie all'attività dell'associazione no profit *Green Building Council Italia* (GBC Italia). Dalla sua attivazione LEED ha avuto un continuo aggiornamento approdando a versioni che sti-

molano progetti sempre più performanti e che rispondono in maniera sempre più mirate alle diverse casistiche presenti sul mercato (indirizzandosi quindi al residenziale, commerciale, terziario, ospedaliero ecc. fino a quartieri e città).

Nella costruzione della nuova sede del corso di laurea in Scienze Motorie e Sportive dell'Università degli Studi di Perugia si sta applicando l'attuale versione in corso che è la LEED v4 nella sua versione per le Nuove Costruzioni. Come noto, per quanto riguarda il processo di certificazione LEED, il progetto deve soddisfare alcuni requisiti minimi che vengono identificati nei prerequisiti; mentre ulteriori elementi di valutazione o crediti che forniscono un punteggio, pesato sull'importanza del criterio, possono essere scelti in funzione delle caratteristiche dell'intervento. L'insieme di crediti individuati nel progetto totalizza un punteggio, che esprime la qualità del progetto, che va a sommarsi al punteggio da acquisirsi in fase di costruzione grazie alle attenzioni dei metodi costruttivi e ai materiali selezionati per le loro caratteristiche di basso impatto ambientale. In sostanza il processo di certificazione LEED favorisce un si-

stema di sostenibilità di tutta la filiera della costruzione che parte dalla cantierizzazione, con particolare attenzione alla qualità ambientale sia interna che esterna al cantiere (ad esempio con il monitoraggio dei rumori e delle polveri, l'utilizzo di mezzi d'opera green, la posa in opera provvisoria di opportuni tessuti per evitare lo spargimento di residui verso l'esterno), durante la costruzione con un'attenta scelta di materiali conformi allo standard LEED, fino alla gestione e al mantenimento del fabbricato. Il tutto in chiave di risparmio energetico e idrico, della riduzione delle emissioni di anidride carbonica e della qualità ambientale interna all'edificio, tenendo conto, inoltre, delle condizioni al contorno relative al trasporto e all'ubicazione del sito. Tutta la filiera dell'edificio in costruzione è seguita da un tecnico abilitato LEED AP che coadiuva il rispetto dei requisiti relativi ai criteri LEED. Il punteggio complessivo che viene raggiunto a costruzione ultimata stabilisce il livello di certificazione. Le revisioni sia di progetto che di costruzione sono a opera dell'ente GBCI, che grazie alle caratteristiche di terzietà assicura oggettività nella verifica degli edifici certificati motivo per il



Simulazione infografica, corte interna

quale la certificazione LEED è garanzia di sostenibilità. Da rilevare come per il processo di certificazione sia rilevante anche il contributo alla promozione della cultura della sostenibilità con l'organizzazione di attività seminariali o con visite in cantiere che peraltro, nel caso specifico, hanno già coinvolto studenti del corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura attivato dal Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Perugia. In tal senso, per la realizzazione della nuova sede del Corso di Laurea in Scienze Motorie e Sportive si stanno adottando i criteri di sostenibilità che vengono valorizzati dal protocollo LEED. Partendo dal contesto di collocazione, il progetto si inserisce nel verde andando a occupare l'area di minor pregio perché precedentemente occupata da terreno di riporto. Il progetto prevede di salvaguardare, ove possibile, la permeabilità del terreno andando a raccogliere le acque piovane della copertura in vasche per lo stoccaggio e il riuso dell'acqua a fini irrigui. L'area a parcheggio prevista sarà anch'essa costituita di materiale drenante e di colore chiaro. Queste strategie riguardano la "Gestione delle acque meteoriche" e la permeabilità

dei suoli sono identificate come soluzioni di mitigazione ai cambiamenti climatici consentendo, infatti, una regimentazione del deflusso delle acque che riduce il pericolo di esondazioni, e una diminuzione dell'effetto "Isola di calore" favorendo un microclima esterno più confortevole. L'isola di calore è quel fenomeno che si sperimenta nei parcheggi asfaltati, dove attraverso l'assorbimento e la successiva cessione dell'energia solare da parte delle superfici di colore scuro (facendo riferimento all'Indice di Riflessione Solare basso che per il nero, che ha il massimo assorbimento, ha valore zero e per il bianco, che più riflette la radiazione solare, vale cento) si genera un microclima non confortevole con temperature elevate.

Utilizzando al contrario superfici chiare, per i rivestimenti dei percorsi esterni e delle coperture dell'edificio, e aree che favoriscono l'evapotraspirazione, come le aree verdi o permeabili, si riducono le temperature esterne a favore sia del comfort che dei carichi termici a carico degli edifici limitrofi.

I principi di progettazione degli spazi esterni si collocano nell'area di valutazione LEED denominata "Siti Sostenibili" che si prefigge l'intento

ambientale di ridurre gli impatti del costruito attraverso la corretta progettazione degli spazi aperti nonché di predisporre misure di mitigazione ai cambiamenti climatici. In questo rientra anche la scelta delle tipologie di piantumazione che verrà messa a dimora prevista a prato rustico che essendo di tipo autoctono o adattato riducono le necessità di irrigazione e l'uso di fertilizzanti dannosi per l'ambiente. Il parcheggio, inoltre, sarà dotato di una pavimentazione drenante e di colonnine di ricarica elettrica per favorire l'utilizzo di una mobilità sostenibile. Per completare il panorama delle soluzioni progettuali che tutelano la risorsa acqua assieme al già citato riuso delle acque meteoriche per l'irrigazione del verde, si aggiunge l'utilizzo, nell'edificio, di apparecchiature a basso consumo, per rubinetterie e cassette di scarico, e una contabilizzazione che evidenzia le aree prevalenti di consumo consentendo l'attuazione di eventuali azioni di miglioramento nel tempo. La percentuale di riduzione nell'uso di acqua potabile prevista è pari a circa il 30%.

Per entrare in merito alle caratteristiche dell'edificio, sono state implementate nel progetto, in particolare in



Simulazione infografica, palestra

quello degli impianti, tutte le prescrizioni relative al contenimento dei consumi energetici e all'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili raggiungendo i migliori punteggi perseguibili nella certificazione LEED sia per quanto riguarda la "Ottimizzazione delle prestazioni energetiche" che la "Produzione in sito di energia da fonti rinnovabili". Tali valutazioni sulle prestazioni derivano da un'accurata simulazione energetica in regime dinamico che attraverso un modello del sistema edificio e impianto che

considera i reali profili di utilizzo, permette una verifica delle efficienze attraverso una comparazione con un edificio di riferimento, come descritto dalla normativa Ashrae 90.1. La percentuale di riduzione di consumo ottenuta in questo progetto risulta essere superiore al 40% rispetto all'edificio di riferimento. Per quanto riguarda il condizionamento viene prestata attenzione ai fluidi refrigeranti che vengono selezionati per il loro minor impatto sullo strato di ozono. Il comfort e salubrità dei luoghi abitati

viene implementata attraverso una verifica delle portate d'aria definite nella ventilazione meccanica, la possibilità di regolare le temperature da parte degli utenti e la qualità dei materiali di rivestimento che hanno basse emissioni di sostanze in ambiente. In fase di costruzione, inoltre, viene attivato un processo di commissioning degli impianti che attraverso una verifica di dettaglio e test funzionali in opera, aggiuntivi rispetto al tradizionale collaudo, assicura l'efficienza e il corretto funzionamento del sistema secondo



Vista dell'edificio in corso di realizzazione

quanto previsto a progetto. Anche il processo costruttivo segue logiche di riduzione degli impatti ambientali prevedendo le attività da tenere sotto controllo attraverso dei piani di gestione del cantiere definiti in fase preliminare e poi monitorati durante tutto lo svolgimento delle opere. Nello specifico è stato elaborato il “Piano per il controllo dell’erosione e della sedimentazione” che definisce la planimetria di cantiere e i relativi apprestamenti in modo tale da tenere sotto controllo le fonti inquinanti e i detriti ed evitare la perdita di terreno. Un ulteriore piano che controlla la gestione delle attività costruttive all’interno del cantiere è il “Piano per la qualità dell’aria in fase di costruzione” che attraverso il controllo continuo delle fonti di inquinamento, la

protezione dei canali dell’aria e dell’impianto di ventilazione e dei materiali assorbenti, quali gli isolanti, assicura che i futuri utenti non abbiano nell’aria polveri o residui dei processi costruttivi. Infine il “Piano per la gestione dei rifiuti di cantiere” viene sviluppato con l’obiettivo di ridurre i rifiuti inviati in discarica massimizzando l’invio a riciclo e riducendo quindi sia l’utilizzo di materia prima vergine sia gli impatti ambientali che ne derivano. Tutte queste attività sono integrate da una gestione della costruzione svolta in regime di gestione di qualità, modellazione BIM e con tecniche di *Project Management* previste sin dall’origine nei documenti di gara e di contratto. L’auspicata certificazione LEED della nuova sede di Scienze Motorie e Sportive, che in tal

senso, si appresta a divenire il primo edificio pubblico in Umbria con tale requisito prestazionale, non è episodica ovvero non è fine a se stessa, ma è parte integrante di quell’attenzione per la sostenibilità che contrassegna e qualifica il programma perseguito tanto a livello energetico quanto a livello ambientale dalla *governance* dell’Università degli Studi di Perugia.

** Fabio Piscini, ingegnere, Dirigente Ripartizione Tecnica Università degli Studi di Perugia*

** Luca Palma, ingegnere, Ripartizione Tecnica Università degli Studi di Perugia*

** Carlotta Cocco, architetto, Sustainability Department Manager at R2M Solution*

Proprietà

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA (UNIPG)

RUP

Ing. Fabio Piscini (UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA)

Supporto al RUP

Dott. Paolo Maggi (UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA)

Concept architettonico

UNIPG - DICA/RIPARTIZIONE TECNICA (Prof. Paolo Belardi, Ing. Luca Palma)

Progetto definitivo

UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA (Ing. Luca Palma, Ing. Carlo Fabio Piccioni, Ing. Tatiana Mariani, Ing. Francesco Paterna)

UNIPG - DICA (Prof. Paolo Belardi, Prof. Marco Ferrante, Prof. Aldo Ranfa)

UNIPG - DI (Prof. Francesco Castellani)

UNIPG - CIRIAF (Prof. Andrea Nicolini)

Progetto esecutivo

UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA (Ing. Luca Palma, Ing. Carlo Fabio Piccioni)

RTP (Area Progetto Associati, Ing. Leonardo Banella, Studio Evolution Engineering & Design, Ing. Carlo Regni)

supporto all’RTP (ABAPG_Arch. Pietro Carlo Pellegrini)

Direzione dei lavori

Ing. Luca Palma (UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA)

Direzione dei lavori operativa

Ing. Simone Bori, Ing. Gianni Drisaldi

Coordinatore della sicurezza in fase di esecuzione

Ing. Carlo Fabio Piccioni (UNIPG - RIPARTIZIONE TECNICA)

Collaudatore in corso d’opera

Ing. Massimo Vasapollo

Imprese esecutrici delle opere

Monacelli Franco Costruzioni Edili s.r.l., CAR Consorzio Artigiani Romagnolo soc. coop., Tamagnini Impianti s.r.l., Tecnoluce s.a.s.

Certificazione LEED

R2M Solution srl

LEED AP (Arch. Carlotta Cocco)

Commissioning authority (Ing. Andrea Costa, Ing. Eleonora Nicolazzi)

Project manager LEED (Ing. Stefano Capuzzi)

LA DIAGNOSI ENERGETICA: DA OBBLIGO AD OPPORTUNITÀ, MAI COME IN QUESTO MOMENTO



La particolarità del contesto storico e degli scenari futuri rendono fondamentale tale strumento per contrastare efficacemente l'aumento dei costi dell'energia e incrementare lo sviluppo tecnologico delle aziende, e non solo

di Filippo Moscioni*

L'obbligo della Diagnosi Energetica è stato istituito in Italia con il Decreto Legislativo n°102 del 4 luglio 2014 (G.U. Serie Generale n°165 del 18/07/2014) con il quale l'Italia ha recepito la Direttiva 2012/27/UE sull'Efficienza Energetica. La direttiva, per come si articola, si pone chiaramente il fine di promuovere l'efficienza energetica, anche attraverso l'introduzione di regimi obbligatori, e identifica nelle diagnosi energetiche lo strumento razionale e fondamentale per aiutare le aziende e le varie organizzazioni in genere ad individuare le opportunità di riduzione dei consumi e di miglioramento del ciclo produttivo.

La diagnosi energetica, o audit energetico, è infatti definito dalla stessa direttiva come *“una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati”*.

Per le imprese, quindi, la diagnosi energetica rappresenta il primo step nello sviluppo di un piano di energy management aziendale avente lo scopo di analizzare a fondo i processi industriali e capire come viene utilizzata l'energia in azienda, verificare la presenza di eventuali sprechi ed adottare le misure necessarie a limitare o, meglio, eliminare del tutto le situazioni di inefficienza, al fine di ridurre i costi

e migliorare l'ambiente. Solo attraverso un approfondito audit della propria organizzazione, si può capire come si consuma l'energia e dove bisogna intervenire per migliorarne l'utilizzo. Oltre che un obbligo, perciò, le diagnosi costituiscono un'opportunità in quanto ad un efficientamento dei consumi consegue sicuramente un'ottimizzazione dei costi produttivi ed una maggiore com

Ma vediamo un po' più nel dettaglio cosa vuol dire fare una diagnosi.

Lo scopo di un audit energetico è quello di determinare nel modo più preciso possibile i consumi energetici dell'impresa comparandone sistematicamente le prestazioni con quelle tipiche del settore merceologico di riferimento, allo scopo di valutare l'efficienza energetica dell'impresa ed identificare le opportunità di miglioramento.

I risultati conseguibili con la messa in opera degli interventi individuati tramite la diagnosi sono i seguenti:

- Ridurre i propri consumi energetici attraverso un aumento dell'efficienza energetica dell'impresa;
- Ridurre l'incidenza della spesa energetica sul proprio fatturato;
- Ridurre le emissioni di CO₂ e gas serra.

È necessario utilizzare un'adeguata strumentazione e specifica competenza ed esperienza in riferimento al settore nel quale si va ad operare, oltre ad una buona dose di capacità “umane” utili per rapportarsi con i vari

Tutto possa per la Diagnosi Energetica aziendale: conoscere per capire; capire per efficientare.

stakeholders in gioco. La norma di riferimento è la EN 16247.1 “Diagnosi Energetiche - Requisiti generali” e le successive norme specialistiche: EN 16247-2 “Diagnosi Energetiche – Edifici”, EN 16247-3 “Diagnosi Energetiche – Processi”, EN 16247-4 “Diagnosi Energetiche - Trasporti”, EN 16247-5 “Auditor energetico”.

Esse definiscono le caratteristiche di una diagnosi energetica di buona qualità determinandone i requisiti, la metodologia e le risultanze.

La Parte 4 della EN 16247 è relativa ai siti dove l'uso dell'energia è associato al processo produttivo dell'azienda, comprendendo una o più linee di produzione e tutti gli altri servizi e utilizzi, ovvero gli uffici, i laboratori, sezioni di confezionamento e di stoccaggio, essendo relativa all'intero sito o una sua parte. Per affrontare una Diagnosi è necessario che essa si sviluppi sulla base delle seguenti fasi:

- Contatti preliminari;
- Incontro di avvio;
- Raccolta dati;
- Attività in campo;
- Analisi;
- Rapporto;
- Incontro finale.

Durante l'incontro iniziale vengono coinvolte tutte le parti interessate alle quali vengono illustrati gli obiettivi, e lo scopo della diagnosi. I vertici aziendali, insieme all'eventuale consulente/auditor, individua le risorse da attribuire a tale attività e le modalità di comunicazione tra di loro.

La fase di raccolta dei dati è poi il punto di partenza vero e proprio in quanto vengono acquisite tutte le informazioni riguardanti l'organizzazione, il ciclo produttivo, la struttura e l'assetto impiantistico, i vettori energetici in gioco e i fabbisogni di energia e le relative spese economiche, le modalità di gestione degli impianti e gli indicatori relativi alla produzione.

Successivamente si procede ai sopralluoghi ispettivi sul campo al fine di analizzare lo stato degli impianti, i

comportamenti dei vari soggetti a vario titolo coinvolti nel processo di diagnosi, iniziare a condividere le prime idee per cogliere le opportunità di miglioramento dal punto di vista dell'efficienza energetica sulle varie aree e processi aziendali.

L'auditor deve assicurarsi che le misure e i rilievi vengano condotti in maniera affidabile e in modo tale da considerarsi rappresentative delle ordinarie condizioni di esercizio.

La raccolta dei dati e delle informazioni su processi e procedure consentirà poi all'auditor di creare il cosiddetto “modello energetico” che consente di redigere un quadro completo ed esaustivo della realtà aziendale mediante un percorso strutturato a più livelli. L'analisi della struttura energetica del sito produttivo per-

mette, inoltre, di analizzare gli utilizzi di ciascun vettore energetico nell'ambito di specifici confini all'interno dell'oggetto della diagnosi energetica.

La realtà aziendale è strutturata in funzione delle aree funzionali presenti nel sito; in particolare si distinguono tre categorie principali:

1) attività principali: sono le attività legate alla produzione aziendale vera e propria;

2) servizi ausiliari: sono le attività a supporto delle attività principali;

3) servizi generali: sono le attività connesse al processo produttivo/servizio offerto, in cui i fabbisogni non sono ad essi strettamente correlati.

Compito dell'auditor, coadiuvato dai responsabili aziendali, è individuare all'interno dell'azienda le attività e i re-

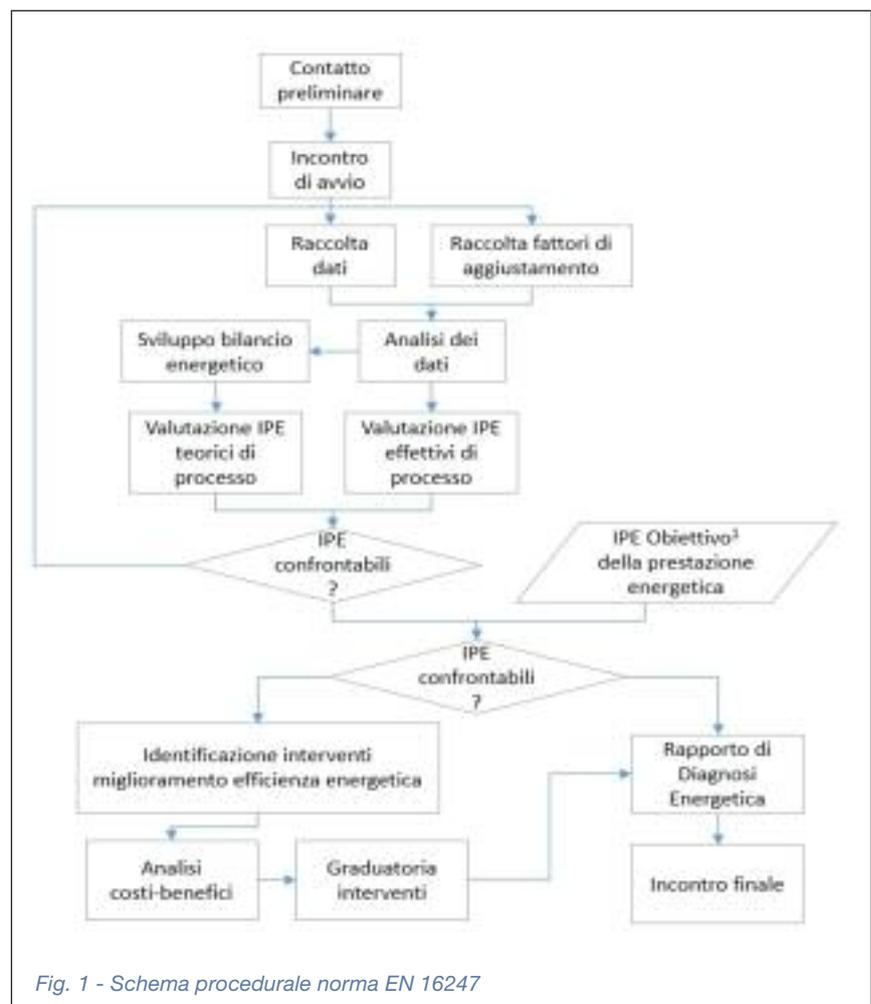


Fig. 1 - Schema procedurale norma EN 16247

lativi macchinari da associare alle tre categorie sopra elencate in modo da associare alle varie attività i relativi consumi.

Una volta determinati i consumi si passa all'analisi dei parametri che influenzano ed incidono sugli stessi, ovvero i dati associati in maniera specifica alla produzione industriale, le condizioni climatiche o particolari situazioni al contorno. Tale approfondimento è necessario al fine di valutare le performance ambientali ed energetiche dell'impianto/stabilimento attraverso la definizione degli indici prestazionali, denominati KPI, ovvero Key Performance Indicator, che definiscono il consumo specifico della singola macchina/dispositivo/utenza e lo mettono a confronto con la tecnologia standard normalmente presente sul mercato e/o con la migliore disponibile (baseline). In questo modo è possibile valutare dove approfondire l'analisi di dettaglio per indagare possibili azioni di miglioramento. Nel settore industriale, gli indicatori prestazionali da prendere in considerazione sono quelli principalmente riferiti ai consumi dei vettori energetici utilizzati nella produzione. Gli indicatori di riferimento individuati, come da Linee Guida dell'Enea, sono in genere raggruppati in "generali" e in "specifici".

A denominatore si dovrà tenere conto del contributo in energia primaria di tutti i vettori energetici (energia elettrica, combustibili fossili, ecc.) in ingresso all'impianto.

Tenuto conto del fatto che i servizi ausiliari e i servizi generali costituiscono,

di norma, una quota minoritaria dei consumi totali di energia primaria degli impianti, può essere adottata un'analisi di minore dettaglio e rimandare l'elaborazione di ulteriori KPI alla diagnosi energetica.

Come detto, il confronto dei KPI aziendali con quelli tipici del settore preso in esame desumibili dalla letteratura consente di determinare il posizionamento dell'azienda dal punto di vista dell'efficienza energetica. Lo schema procedurale suggerito dalla norma è indicato in Fig. 1. Il passo finale, quindi, è l'individuazione di eventuali interventi finalizzati a garantire un funzionamento degli impianti in maniera efficiente e quindi migliore dal punto di vista economico ed ambientale. Tornando al D. Lgs. 102/2018, all'art. 8 vengono definiti i "soggetti obbligati" a svolgere le diagnosi con una periodicità di 4 anni, ovvero le "grandi imprese" e le imprese a forte consumo di energia.

Per tali categorie, quindi, la redazione della diagnosi andrà effettuata secondo le periodicità stabilite dalla legge: essendo stata l'ultima scadenza temporale il 5 dicembre 2019, la prossima scadenza sarà il 5 dicembre 2023, con base dati relativi all'anno 2022. Solo per dare alcuni numeri relativi ai risultati della campagna 2019, sull'anno di riferimento 2018, possiamo dire che in base ai Dati Enea sono state oltre 11 mila le diagnosi energetiche inviate all'ENEA alla scadenza di legge del 22 dicembre 2019, associate alle sedi aziendali di 9.195 imprese, delle quali 3.956 energivore.

C'è da sottolineare che mentre alla prima scadenza di dicembre 2015 le diagnosi potevano essere redatte anche da tecnici non certificati, dal secondo ciclo d'obbligo è previsto che siano tecnici certificati secondo le norme UNI 11339 e UNI 11352, vale a dire EGE (Esperto in Gestione dell'Energia) ed ESCo (Energy Service Company), ad eseguire e redigere le diagnosi.

Al fine di venire incontro alle aziende e fornire strumenti utili per adempiere agli obblighi normativi l'ENEA ha messo online il portale "audit102" (<https://audit102.enea.it>), al quale si sono iscritte circa 6.500 aziende. Al portale si accede previa registrazione, specificando il ruolo che le imprese e i consulenti coinvolti rivestono nel processo di diagnosi energetica, garantendo la responsabilità, la proprietà e la riservatezza dei dati trasmessi.

Inoltre, l'ENEA ha anche creato una banca dati di tutte le diagnosi inviate. Tornando al tema dell'opportunità, al di là dell'obbligo istituito verso particolari categorie di aziende, ovviamente, la norma consente a tutti di redigere in modo volontario una diagnosi ed infatti sono moltissime le aziende che hanno deciso di dotarsi di tale strumento, per vari motivi.

Moltissimi imprenditori hanno capito, ormai da tempo, che approfondire le modalità di gestione e funzionamento dei propri impianti dal punto di vista degli assorbimenti energetici è tanto importante quanto l'essere concentrati sul proprio core business. Abbassare i consumi energetici significa abbassare i costi e quindi poter, conseguentemente, praticare politiche commerciali e di prezzo più competitive rispetto ai concorrenti.

Negli ultimi tempi, però, il dotarsi di una diagnosi energetica come strumento base per poi affrontare in modo razionale il tema dell'efficienza energetica aziendale ha acquisito un'importanza ancora maggiore, diventando un'azione strategica fondamentale.

La parola d'ordine è "efficienza" e "sviluppo tecnologico", ovvero essere al passo con i tempi e con le dinamiche complesse e velocissime che caratterizzano il contesto industriale, sociale, politico e non solo.

Però, tutto passa dalla diagnosi, senza la quale non si perviene a quel grado di conoscenza necessario a prendere le giuste decisioni. Il motto è "conoscere per capire, capire per efficientare", riferito agli impianti, ovviamente.

Solamente conoscendo in maniera approfondita la struttura impiantistica di un'organizzazione, possiamo individuare dove si consuma maggiormente l'energia e trovare soluzioni per ridurre tali consumi

Tornando al particolare momento storico, non credo sia molto calzante citare la pandemia da Covid-19 in quanto gli effetti che ha prodotto, e sta producendo tutt'ora, sono stati soprattutto determinare una crisi economica causata da un crollo dei consumi, che non rappresenta un fattore diretto legato al livello di efficienza/competitività della produzione industriale. Invece, un fattore scatenante che ha focalizzato l'attenzione delle aziende sull'efficienza energetica è senz'altro l'aumento repentino e inaspettato (almeno come dimensioni) del costo di energia elettrica e gas metano verificatosi negli ultimi mesi, il cui effetto è ormai sotto gli occhi di tutti. Le cause sono numerose e non è questa la sede per affrontarle.

Quello che è importante sottolineare è che le imprese possono sicuramente avere un supporto da parte del Governo ma è chiaro che non possono accontentarsi delle misure messe in campo con i recentissimi decreti se vorranno continuare ad essere competitive ma dovranno, anzi, mettere in atto azioni mirate modificando impianti e strategie produttive.

Non sarà solo l'annullamento degli oneri generali di sistema (per le utenze con potenza disponibile pari o superiore a 16,5 kW) stabilito dall'ARERA per il primo trimestre 2022, oppure i contributi straordinari per le imprese energivore attraverso parziale compensazione dei maggiori oneri sostenuti (sotto forma di credito di imposta pari al 20% delle spese) a garantire che le aziende possano operare in condizioni tali da garantire i posti di lavoro, i livelli retributivi e le marginalità necessarie.

È necessario trovare ognuno la propria soluzione all'interno della propria azienda. L'imprenditore, almeno quello che non lo aveva già fatto negli scorsi anni, ha iniziato ultimamente a chiedersi come poter aumentare il livello di autonomia energetica dalla rete, dotandosi di impianti per la produzione in sito dell'energia. Nelle ultime setti-

mane si sta assistendo ad un ritorno di fiamma verso gli impianti fotovoltaici e la cogenerazione, per esempio. Molte aziende, infatti, stanno guardando ai tetti dei propri capannoni in maniera diversa, oppure stanno studiando come recuperare calore utile dai cascami termici presenti in azienda, oppure installare impianti, appunto, per la produzione combinata di energia elettrica e calore.

Tutte azioni, però, come più volte anticipato, che devono essere precedute da un'approfondita analisi a livello di impianti esistenti, fabbisogni energetici, costi gestionali attuali e futuri e investimenti. Altrimenti, si rischia di fare azioni che portano più un danno che un beneficio. Perciò, l'aumento e la volatilità dei costi energetici stanno, di fatto, rafforzando una convinzione che ormai si è già molto diffusa da qualche anno grazie al tema dei cambiamenti climatici, e cioè che alle imprese conviene investire in efficienza energetica. Soprattutto in questo momento.

Infatti, lo Stato ha messo in campo tutta una serie di iniziative volte a promuovere gli interventi relativi a questo ambito inseriti in una serie di provvedimenti legati essenzialmente a progetti noti come transizione ecologica, transizione 4.0 e Piano di Ripresa e Resilienza, che si vanno ad aggiungere agli strumenti incentivanti già in atto come il Conto Termico, i Certificati Bianchi e le detrazioni fiscali.

Però, analizzando tutto il panorama normativo associato a questo variegato ed esteso mondo di incentivazioni ed agevolazioni, ed analizzando la tipologia di interventi oggetto di agevolazioni, emerge la considerazione che per poter intraprendere iniziative di miglioramento e sviluppo della propria realtà aziendale è comunque necessario, prima di tutto, approfondirne le dinamiche dal punto di vista energetico/impiantistico.

Infatti, per ogni intervento di sviluppo tecnologico e/o efficientamento impiantistico è sempre necessario prima fare uno studio specifico di come tali

impianti o componenti si comportano prima dell'intervento, per poter determinare i risparmi attesi e i miglioramenti anche dal punto di vista delle emissioni evitate in ambiente.

Prendiamo, per esempio, il Conto Termico, che comunque è uno strumento presente ormai da alcuni anni attraverso il Decreto 16 febbraio 2016.

Esso prevede l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili, quali, tra gli altri, le pompe di calore, generatori di calore a biomassa, impianti solari termici.

All'art.15 del decreto viene stabilito che in particolari condizioni, nello specifico per impianti di riscaldamento di potenza nominale maggiore o uguale a 200 kW, le richieste di incentivo devono essere corredate da una diagnosi energetica precedente l'intervento e da un attestato di prestazione energetica successivo.

La diagnosi, inoltre, in base alle Regole Applicative GSE, deve essere redatta nel rispetto del pacchetto di norme UNI CEI EN 16247 e seguire i criteri minimi previsti dall'Allegato 2 del D. Lgs. 102/14. Un altro esempio sono i certificati bianchi, detti anche "Titoli di Efficienza Energetica" (TEE), che sono dei titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici ottenuti negli usi finali di energia attraverso la realizzazione di interventi di incremento di efficienza energetica.

Tale meccanismo di incentivazione è stato introdotto dai decreti ministeriali del 20 luglio 2004 e s.m.i. e prevede che i soggetti obbligati, ovvero i distributori di energia elettrica e di gas naturale oltre una certa soglia di utenti serviti, raggiungano annualmente determinati obiettivi di risparmio di energia primaria, espressi in Tonnellate Equivalenti di Petrolio risparmiate (TEP). Il recente decreto 21 maggio 2021 ha stabilito nuovi obiettivi per i prossimi 4 anni (dal 2021 al 2024) e ha introdotto alcune modifiche all'elenco

della tipologia dei progetti ammessi, al fine di semplificare e incentivare l'utilizzo del meccanismo TEE per favorire gli obiettivi di efficienza energetica da raggiungere entro il 2030.

Anche in questo caso, per poter accedere agli incentivi è necessario predisporre una relazione/progetto che descriva dettagliatamente l'intervento proposto, con analisi della situazione ex-ante e post intervento e determinazione dei consumi energetici ante e post. La quantificazione dei consumi deve essere effettuata in campo attraverso specifiche campagne di misura messe in atto secondo precise regole. Quindi, in sostanza, si deve predisporre la diagnosi energetica.

Ma, citando situazioni più recenti, basta dare uno sguardo ai bandi di sviluppo tecnologico ed efficientamento per le aziende e p.m.i. pubblicati da Regioni e altri Enti locali per capire come la diagnosi sia sempre un documento ricompreso nella check list da predisporre per l'inoltro delle domande. Facciamo due esempi.

La Regione Marche ha pubblicato a novembre scorso il *"Bando per il finanziamento di interventi innovativi di efficientamento energetico e di uso di energia rinnovabile nelle imprese anche sotto forma di comunità energetiche - DDPF n. 163/CRB del 30/07/2021"*. Tale bando era rivolto alle piccole, medie e grandi imprese e aveva la finalità di sostenere l'efficientamento energetico e l'utilizzo delle energie rinnovabili nel settore produttivo attraverso l'innovazione tecnologica, riconoscendo contributi in conto capitale con la modalità a sportello "just in time".

Tra i criteri di ammissibilità del progetto il Bando prevedeva la presenza di una diagnosi energetica redatta ai sensi del D. Lgs. 102/2014 o certificazione ISO 50001 ed inoltre l'intervento oggetto della richiesta di finanziamento doveva essere tra quelli elencati dalla diagnosi energetica.

Da qui la necessità inderogabile di passare per la diagnosi.

Altro esempio nella Regione Veneto, che sempre a novembre 2021 ha pubblicato il *"Bando per l'erogazione di contributi finalizzati al riposizionamento competitivo delle PMI, al sostegno agli investimenti e alla promozione della digitalizzazione e dei modelli di economia circolare"*. Tra gli interventi ammissibili rientravano, tra gli altri, quelli che avevano per oggetto macchinari, impianti produttivi, attrezzature tecnologiche e strumenti tecnologici innovativi in grado di aumentare il tempo di vita dei prodotti e di efficientare il ciclo produttivo, ma anche gli interventi di efficientamento energetico corrispondenti al criterio di priorità cosiddetto B, che però erano ammissibili al contributo e concorrevano all'assegnazione del punteggio di priorità solamente se indicati in una diagnosi energetica ante-intervento presentata a corredo della domanda, realizzata in conformità ai criteri espressi all'allegato 2 al D. Lgs n.102 del 2014 ed eseguita a partire dal 1° gennaio 2019.

Per concludere, un breve accenno al PNRR che all'interno della cosiddetta "Missione 2: Rivoluzione verde e transizione ecologica" prevede di sviluppare interventi in riferimento, tra gli altri, agli ambiti relativi all'aumento dell'efficientamento energetico del parco immobiliare pubblico e privato, la promozione della resilienza sociale ed integrazione delle energie rinnovabili. In tutto questo la diagnosi rimane e sempre rimarrà il punto base da cui partire per effettuare tutte le considerazioni e valutazioni necessarie ad individuare e mettere in campo le scelte strategiche finalizzate allo sviluppo della sostenibilità ambientale e l'efficienza energetica.

** EGE Esperto in Gestione dell'Energia certificato UNI CEI 11339*

RICERCA E INNOVAZIONE PER LE COSTRUZIONI IN LEGNO



BIM&DIGITAL Awards 21 per la ricerca industriale per ABITARE+ e DICA-UNIPG

di Giulia Pelliccia

Il presente testo sintetizza la ricerca sviluppata fra il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia, nel gruppo coordinato dai prof. Fabio Bianconi e Marco Filippucci, e l'impresa umbra di costruzioni in legno Abitare+.

Si tratta di un percorso di collaborazione durato anni, che ha trovato un importante riconoscimento nel premio "BIM&DIGITAL Awards 21" lanciato da CLUST-ER BUILD e DIGITAL&BIM Italia, con il quale si è voluto segnalare come eccellente il percorso innovativo che attraverso le nuove tecniche digitali della rappresentazione ha portato a sviluppare soluzioni per abitazioni in legno di nuova generazione, capaci di rispondere alle molteplici prestazioni ed esigenze dell'abitare oggi. Si tratta di un riconoscimento importante, che trova fra i premiati le migliori università italiane che si occupano di questi argomenti (Politecnico di Torino, Università Federico II di Napoli...) e grandi studi d'architettura (Antonio Citterio Patricia Viel, Politecnica ingegneria...), assegnato al percorso denominato "La casa che respira" nella categoria "Ricerca Industriale", aperta a tutti quei progetti che hanno partecipato e vinto bandi finanziati da fondi diretti ed indiretti della Comunità Europea negli ultimi 5 anni (2016 – 2021), sviluppando un progetto sperimentale o di ricerca industriale, anche in consorzio tra più enti (università, laboratori di ricerca, SME e imprese), con lo scopo di innovare il processo di uso del BIM e della sua interoperabilità.

Il progetto presentato è stato infatti cofinanziato con i fondi del POR FESR 2014-2020 della Regione Umbria rivolti al sostegno alla creazione e al consolidamento di start-up innovative ad alta intensità di applicazione di conoscenza. Tale percorso mostra le coordinate di un percorso virtuoso di collaborazione fra un ente di ricerca e una realtà produttiva, offrendo poi una serie di spunti e strumenti per i progettisti impegnati nel settore delle costruzioni interessati a un materiale così particolare quale è il legno.

Ottimizzazione di soluzioni

Dal 2016 Abitare+ ha iniziato ad investire in ricerca, nell'obiettivo di ottenere soluzioni innovative che segnassero la qualità della sua offerta. La digitalizzazione oggi al centro del dibattito fu individuata come centrale nella strategia aziendale del gruppo composto per lo più da giovani ingegneri, in virtù dell'attenzione alle possibilità promosse dalla sperimentazione che si rivolgono in primo luogo ai professionisti, a cui l'impresa si indirizza valutandoli nel loro ruolo di protagonisti della qualità progettuale. Lo studio si è incentrato sulle tecniche di digitalizzazione e in particolare sul valore del *computational design*, con l'obiettivo di attuare soluzioni innovative di prodotto e di processo, frutto di un approccio integrato al progetto. I percorsi di digitalizzazione hanno affrontato tematiche varie, partendo dall'individuazione di strategie rappresentative di ottimizzazione digitale

Le ricerche sviluppate in ambito accademico si fondano sul valore dei modelli digitali, trasformati in soluzioni concrete che entrano nell'offerta di innovazione dell'impresa



Fig. 1: ottimizzazione di diverse possibili soluzioni abitative in funzione del contesto

della forma architettonica di case in legno in funzione del contesto.

Nella prima parte della ricerca, grazie alla modellazione generativa e agli algoritmi evolutivi, è stato possibile ottenere soluzioni personalizzabili in funzione del contesto in cui si inserisce il progetto, tenendo conto dei fattori ambientali e di orientamento dell'edificio. I risultati sono resi accessibili attraverso un configuratore web-based che offre al progettista delle configurazioni di base da cui far nascere le soluzioni "for the best".

Parallelamente, sono state ottimizzate le prestazioni energetiche e i costi dei pacchetti costruttivi maggiormente impiegati, rappresentati poi attraverso modelli BIM e grazie a un'interfaccia utente appositamente realizzata per la rappresentazione delle soluzioni *web-based*, accessibile dal sito stesso dell'azienda www.abitarepiu.com.

Partendo dalle stratigrafie standard utilizzate per i sistemi costruttivi XLam e Platform-Frame, uno degli obiettivi della ricerca è stato quello di selezionare determinate combinazioni di materiali e spessori che migliorino complessivamente le performance della parete, con particolare attenzione al contenimento dei costi e verificando l'assenza di formazione di condensa interstiziale. Gli strumenti

digitali ideati, che si basano sulla parametrizzazione delle soluzioni e sull'ottimizzazione multi-obiettivo, consentono di analizzare e combinare grandi quantità di dati e ottenere soluzioni che presentino contemporaneamente i migliori valori dei parametri scelti come input, processi che sfruttando le logiche evolutive hanno permesso di definire pacchetti che contemporaneamente minimizzano il costo, la trasmittanza e l'attenuazione, massimizzano lo sfasamento e verificano l'assenza di formazione di condensa interstiziale. Questa volontà di interazione tra azienda costruttrice, progettisti e clienti ha quindi portato la ricerca a spingersi verso le simulazioni dinamiche in realtà immersiva, con la variazione interattiva di possibili configurazioni morfologiche e percettive, utilizzabili dall'azienda per mostrare al committente l'impatto del progetto finale, rafforzando quindi il pieno coinvolgimento dell'utente finale, progettista e/o proprietario, nelle scelte rese così consapevoli dei loro impatti.

La casa che respira

Il percorso fra il gruppo di ricerca e Abitare+ si è indirizzato poi a definire un nuovo tipo di "casa che respira", attraverso i suoi pannelli "decompensati", grazie all'innovativo sfruttamento dell'intelligenza naturale del legno, capace di reagire passivamente alle variazioni di umidità ambientale.

L'idea nasce dalle prime ricerche sui pannelli "decompensati", svolte con la collaborazione tra chi scrive e il gruppo di ricerca di esperti in tecnologia del legno dell'Università di Firenze e si basa sulla valorizzazione delle reazioni all'umidità del legno. Le trasformazioni dimensionali e le deformazioni igroscopiche del legno al variare del contenuto di umidità generalmente non sono desiderabili né dal punto di vista costruttivo né da un punto di vista estetico.

Come si vede paradigmaticamente nelle pigne che si comportano come sensori, chiudendosi se il livello di umidità aumenta e aprendosi se diminuisce per proteggere i semi, anche il legno reagisce all'umidità per trasformare la sua forma. Inversamente al legno compensato, in cui gli strati sono a fibre incrociate per evitare le deformazioni, la combinazione di legni incollati è studiata nell'idea di far attivare l'intelligenza naturale del legno per controllare i livelli di umidità degli ambienti interni. Sono stati così realizzati degli elementi che esaltano la responsività igrometrica inseriti nei controsoffitti, al fine di attivare l'effetto camino e garantire un



Fig. 2: fasi costruttive della test room presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale di Perugia

controllo naturale dell'umidità interna. Tali presupposti sono stati l'inizio di un percorso di ricerca che oggi si sta proiettando sullo studio della stampa 4D di filamenti a base di legno, che possano portare a una maggiore personalizzazione, fino ad arrivare a un vero e proprio design delle deformazioni igroscopiche. Tali studi si sono protratti in una collaborazione con la University of Waterloo in Canada, dove ho trascorso sei mesi di ricerca studiando tali sperimentazioni innovative all'interno del mio percorso di Dottorato in Civil and Environmental Engineering. L'idea di una "casa che respira" implica molteplici aspetti che devono essere analizzati ma anche verificati. È stata per questo motivo costruita una test room, "modello" concreto del prototipo di casa in legno sostenibile innovativa, a basso costo e autosufficiente. Tale spazio per la ricerca è stato essenziale per valutare sia i risul-

tati di comfort interno, sia le prestazioni energetiche dei pacchetti costruttivi ottimizzati nelle simulazioni digitali, sia il funzionamento dei pannelli "decompensati". La struttura, posta all'ingresso del polo di Ingegneria è stata progettata come un volume semplice su un unico piano fuori terra, con ingombro planimetrico di 20 mq e altezza media 2.4 m, poggiante su una platea di spessore 25 cm e caratterizzata da tre pareti opache e un'apertura vetrata in direzione sud. Con circa 15 mq di pannelli fotovoltaici, batteria di accumulo e pompa di calore, la struttura energeticamente autonoma nel raffrescamento e riscaldamento, nasce per simulare le condizioni interne tipiche di un ambiente residenziale. Realizzata in Platform-Frame, presenta la particolarità che la parete monitorata orientata verso nord è removibile per testare con diverse stra-

tigrafie, pacchetto costruttivo scelto tra le varie soluzioni ottimizzate dall'algoritmo nella fase di simulazione. Il monitoraggio è stato effettuato attraverso termoflussimetri, termocoppie, sensori di umidità e temperatura durante il periodo estivo. I dati acquisiti sono stati utilizzati per la determinazione della trasmittanza in situ da confrontare con quella simulata dall'algoritmo, facendo riferimento alla UNI ISO 9869, secondo la quale è possibile ottenere la resistenza termica dal rapporto tra la sommatoria della differenza di temperatura superficiale tra esterno e interno e la sommatoria dei flussi termici.

In corrispondenza del controsoffitto della test room sono stati installati i pannelli modulari "decompensati", realizzati con legno di faggio e legno di larice. Grazie ai moti convettivi dell'aria umida che, salendo verso il controsoffitto, provoca la curvatura dei pannelli grazie alla differenza di umidità, l'aria fluisce all'interno di un'intercapedine e viene portata all'esterno sfruttando l'effetto camino. La test room rappresenta certamente uno dei più chiari paradigmi di un modo contemporaneo di fare ricerca, spazio predisposto per trasferire l'innovazione nel mercato in cui Abitare+ si presenta offrendo soluzioni innovative e performanti. Al termine di questo primo percorso, è interessante evidenziare la correttezza delle simulazioni, con i dati acquisiti hanno confermato l'attendibilità dei calcoli effettuati dall'algoritmo, al netto di una piccola percentuale di errore dovuta alle misurazioni sul campo.

L'intelligenza artificiale del digitale è messa a sistema con l'intelligenza naturale del legno, al fine di sfruttare le sue caratteristiche e in particolare l'igroscopicità

Spunti finali

La collaborazione svolta sempre in una grande sinergia di azioni e competenze fra chi sperimenta e chi realizza, ha portato a diversi risultati che superano la presente sintesi, arricchendosi poi di ulteriori sperimentazioni per eventi e installazioni, dove in particolare ha avuto un grande impatto nazionale la costruzione della Camera di Ames. Le diverse ricerche svolte sono state sintetizzate nella monografia di Fabio Bianconi, Marco Filippucci e Giulia Pelliccia "Abitare". Sperimentazioni e modelli per l'innovazione del costruire in legno" edita da Maggioli. Sul tema è stata lanciata una call internazionale "Digital Wood Design: Innovative Techniques of Representation in Architectural Design" a cura di Fabio Bianconi e Marco Filippucci, che ha portato a raccogliere i contributi di ricercatori e professionisti da tutto il mondo, affermandosi come uno dei volumi scientifici di maggiore impatto internazionale sul settore dell'ingegneria e del legno, superando ad oggi i 200.000 download di acquisto solo del prodotto virtuale.

Il gruppo di ricerca vincitore del premio è coordinato da Fabio Bianconi e Marco Filippucci e comprende Alessandro Buffi, Simona Ceccaroni, Filippo Cornacchini, Michela Meschini, Chiara Mommi, Andrea Parisi, Giulia Pelliccia e Marco Seccaroni, in qualità di titolari di borse di studio, assegnisti di ricerca e dottorandi sulle tematiche della rappresentazione digitale, modellazione BIM, parametrizzazione e ottimizzazione di soluzioni e percezione urbana. Alle ricerche sui pannelli "decompensati" e la test room hanno



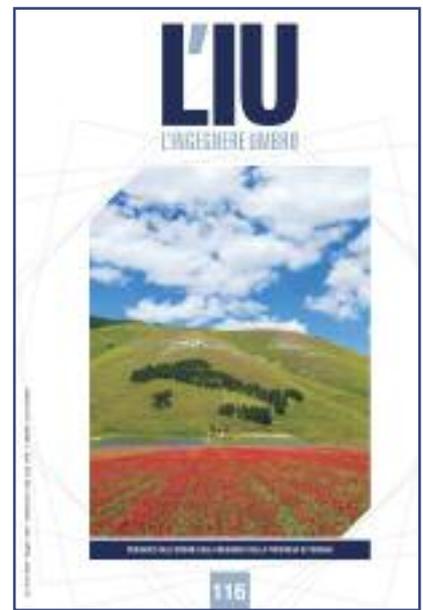
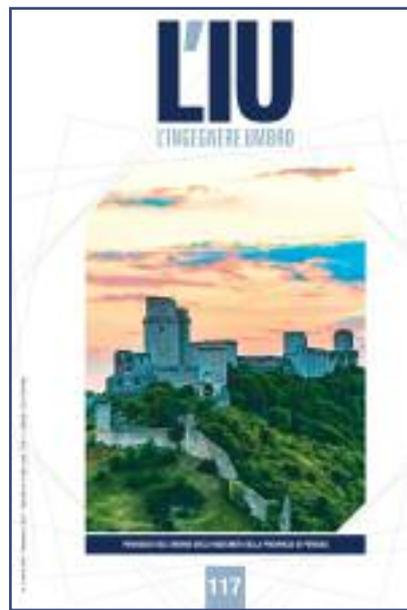
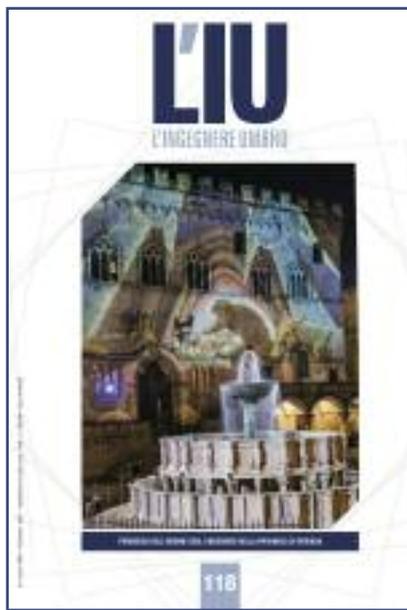
Fig. 3: sopra: termocoppie, termoflussimetri, anemometri, sonde di temperatura e umidità utilizzate per il monitoraggio delle prestazioni energetiche. Sotto: i pannelli "decompensati"

infine collaborato il prof. Giorgio Baldinelli e Francesco Bianchi. Dell'azienda di costruzioni in legno Abitare+ ha collaborato alla sperimen-

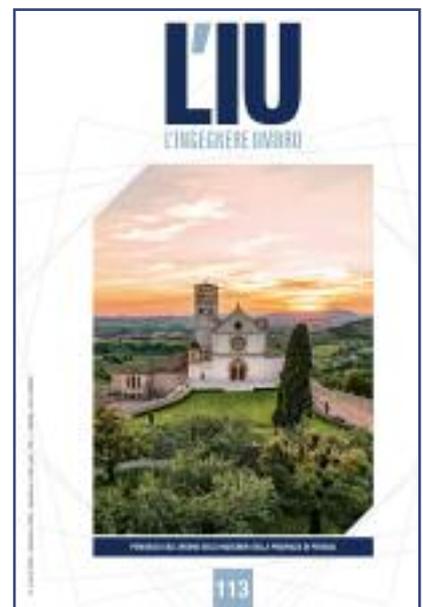
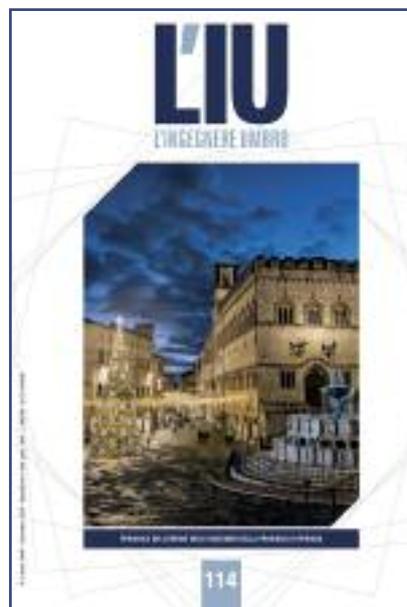
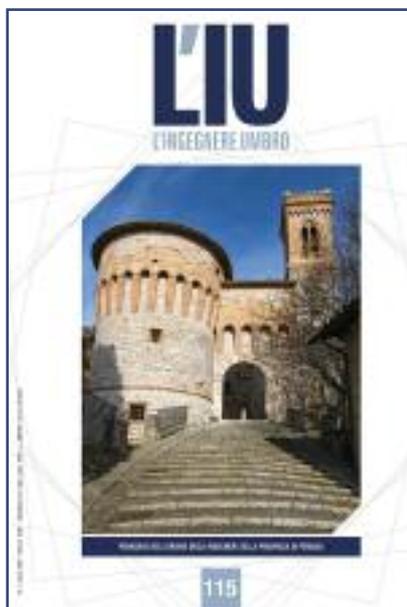
tazione Daniele Sani, Roberto Fiorini, Gianni Brozzetti, Andrea Corbianco, Stefania Cristofani, Michela Sani, Leonardo Persichetti e Daniele Pici.



Fig. 4: le copertine dei libri "Digital Wood Design: Innovative Techniques of Representation in Architectural Design" e "Abitare. Sperimentazioni e modelli per l'innovazione del costruire in legno"



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
PROVINCIA DI PERUGIA





MODELLIAMO LE TUE IDEE

Multiasset Lab s.r.l. è uno spin off dell'Università degli Studi di Perugia nato dalla sinergia tra ricercatori e professionisti con esperienza nel campo delle indagini numeriche e sperimentali per lo studio del comportamento strutturale.

La società si pone al servizio di studi di ingegneria, enti ed aziende per realizzare modelli fisici e numerici o svolgere indagini sperimentali finalizzate allo studio del comportamento di strutture e componenti sotto vari tipi di azioni (azioni statiche, vento, terremoto, incendio, vibrazioni ambientali, fatica).

SERVIZI E PRODOTTI

- Modelli statici e dinamici per prove in galleria del vento e su tavola vibrante.
- Modelli numerici avanzati per analisi di strutture e componenti.
- Modelli per simulazioni di fluido-dinamica computazionale.
- Prove di carico per certificazione di prodotti e sviluppo di brevetti.
- Identificazione dinamica e monitoraggio statico e dinamico di strutture e infrastrutture.
- Modelli fisici e virtuali di architettura (plastici, rendering...).

