

GLI STATI GENERALI DELL' EDILIZIA DI CULTO

**EDILIZIA DI CULTO OGGI,
TRA SOSTENIBILITÀ E INNOVAZIONE
UNO SCENARIO COMPLESSO E SFIDANTE**

A cura di:

Angelomaria Alessio

Contributi di:

DON ALBERTO GIARDINA, MONS. FABRIZIO CAPANNI
PROF. ING FILIPPO BUSATO, ARCH. FRANCESCA LETO,
PROF. ING. PIERCARLO ROMAGNONI, STEFANO TRAMARIN

KOINÉ RICERCA 13 Febbraio 2023

©ITALIAN EXHIBITION GROUP - TUTTI I DIRITTI RISERVATI - ALL RIGHTS RESERVED
FEBBRAIO 2023

KOINÈ RICERCA 2023

GLI STATI GENERALI DELL' EDILIZIA DI CULTO EDILIZIA DI CULTO OGGI, TRA SOSTENIBILITÀ E INNOVAZIONE UNO SCENARIO COMPLESSO E SFIDANTE

INDICE DEI CONTENUTI

KOINÈ RICERCA	p. 5
GLI STATI GENERALI ANGELOMARIA ALESSIO	p. 7
SALUTI E INTRODUZIONE MONS. FABRIZIO CAPANNI	p. 9
SALUTI DON ALBERTO GIARDINA	p. 11
INTRODUZIONE ARCH. FRANCESCA LETO	p. 13
SOSTENIBILITÀ: UN CAMBIO DI PARADIGMA NECESSARIO E RESPONSABILE PROF. ING. FILIPPO BUSATO	p. 17
LE COMUNITÀ COME SOGGETTI CONSAPEVOLI NELLA GESTIONE ENERGETICA DEI BENI DELLE PARROCCHIE ARCH. FRANCESCA LETO	p. 49
IMPIANTISTICA PER I LUOGHI DI CULTO PROF. ING. PIERCARLO ROMAGNONI	p. 55
ABBAZIA S. MARIA DEL MONTE RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI TERMICI STEFANO TRAMARIN	p. 65

KOINÈ RICERCA

Affiancata all'esposizione merceologica, la sezione dedicata alla ricerca fin dalla prima edizione ha offerto al mondo produttivo del settore un contributo di idee e proposte innovative coinvolgendo architetti, designer e liturgisti. Riferimento imprescindibile per il dibattito su progetto e liturgia è da considerarsi elemento centrale della manifestazione, grazie anche alla partecipazione attiva del Dicastero Pontificio della Cultura e l'Educazione, della Conferenza Episcopale Italiana e della Diocesi di Vicenza.

Nell'ambito di Koinè Ricerca vengono organizzate mostre di design, convegni, dibattiti, seminari e laboratori sperimentali rivolti a liturgisti, clero, architetti e a quanti operano in questo ambito. Questi incontri rappresentano un'importante occasione di confronto e verifica sugli orientamenti tracciati dal Concilio Vaticano II e successivamente approfonditi nei documenti redatti dalla Chiesa.

Gli eventi di Koinè Ricerca 2023 sono focalizzati sul tema della Chiesa in dialogo con la contemporaneità. Quattro mostre arricchiscono la Manifestazione: Giuseppe, Padre, sposo, profugo, Vasi sacri. Arte e design, Gli Arazzi della Cattedrale di Cosenza, Urne Cinerarie d'Arte. Completano il ricco programma di Koinè 2023 importanti eventi in città con la presenza del Card. Beniamino Stella e la Mostra al Museo Diocesano "Giovanni Paolo I. Uomo di preghiera e opere", che vedono la partecipazione attiva della Diocesi di Vicenza e permettono anche ad un pubblico più vasto di avvicinarsi agli argomenti oggetto di riflessione nelle mostre e nei convegni organizzati in fiera.

IL COMITATO SCIENTIFICO DI KOINÈ RICERCA

MONS. FABRIZIO CAPANNI - *Presidente*

Dicastero Pontificio della Cultura e l'Educazione

DON ALBERTO GIARDINA

Direttore dell'Ufficio Liturgico Nazionale della Conferenza Episcopale Italiana

DON LUCA FRANCESCHINI

Direttore Ufficio Nazionale per i Beni Culturali Ecclesiastici e l'Edilizia di Culto della Conferenza Episcopale Italiana

MONS. FABIO SOTTORIVA

Direttore dell'Ufficio per i Beni Culturali della Diocesi di Vicenza

DON ROBERTO TAGLIAFERRI

Teologo, liturgista - Istituto di Liturgia Pastorale S. Giustina, Padova

P. GINO ALBERTO FACCIOLI

Teologo - Santuario di Monte Berico, Vicenza

PROF. ANGELOMARIA ALESSIO - *Coordinatore*

Teologo, liturgista

KOINÈ RICERCA ha il patrocinio scientifico di



**GLI STATI GENERALI DELL' EDILIZIA DI CULTO
SOSTENIBILITÀ ENERGETICA:
SOLUZIONI E OPPORTUNITÀ IN TEMPO DI CRISI**

ANGELOMARIA ALESSIO

Nella cornice di Koinè - manifestazione che da oltre 30 anni si distingue per la peculiare sinergia tra vetrina espositiva e momento di riflessione e dibattito sui temi legati all'adeguamento degli spazi e dei luoghi sacri - Italian Exhibition Group organizza gli Stati Generali dell'Edilizia di Culto.

Dal 13 al 15 febbraio 2023, il quartiere fieristico di Vicenza ha ospitato i massimi esperti del settore dell'Edilizia di Culto, per 3 giornate di studio, scambio di esperienze, presentazione di nuovi progetti, idee, tecnologie e prodotti. Guidati dalle linee del Dicastero Pontificio della Cultura e l'Educazione e dall'Ufficio Nazionale per i Beni Culturali e l'Edilizia di Culto della Conferenza Episcopale Italiana, dall' Ufficio Liturgico Nazionale, in collaborazione gli Ordini degli Architetti e Ingegneri e il Collegio dei Geometri, le Aziende e i professionisti del settore hanno presentato idee, progetti, soluzioni e casi di successo.

L'appello contenuto nell'enciclica Laudato si' di papa Francesco che riguarda la terra, «La sfida urgente di proteggere la nostra casa comune comprende la preoccupazione di unire tutta la famiglia umana nella ricerca di uno sviluppo sostenibile e integrale, poiché sappiamo che le cose possono cambiare» (LS, 13), non può non coinvolgere anche la cura dei beni delle parrocchie e delle diocesi, sia per quanto concerne la nuova progettazione che la ristrutturazione e la manutenzione dell'esistente.

Nell'affrontare un progetto è necessario scegliere un paradigma diverso da quello puramente tecnocratico che non tiene conto che nei loro processi, le tecnologie non sono neutrali; serve un nuovo approccio che sia consapevole che ogni azione ha una conseguenza nel delicato equilibrio natura-realtà costruita (cfr. LS, 106-114).

I temi da affrontare sono dunque: il risparmio delle risorse, l'abbattimento delle emissioni inquinanti da parte di un edificio nel suo ciclo di vita, la corretta gestione dei flussi di materiali impiegati nella costruzione e l'utilizzo di fonti rinnovabili.

Il presente documento raccoglie gli interventi e gli spunti di riflessione emersi nel corso delle Giornate di Studio.



ANGELOMARIA ALESSIO

Dottore di ricerca, è laureato in Filosofia Morale e Psicologia Clinica all'Università di Padova. Ha conseguito il Bacellierato, la Licenza e il Dottorato in Teologia con specializzazione liturgico pastorale. Si occupa di docenza e ricerca nei settori della Psicologia clinica, della Psicologia del rito, della Fenomenologia dell'esperienza rituale e religiosa, della Liturgia, della Bioetica e della Progettazione culturale. È direttore responsabile delle riviste *Arti Sacre News* e *La Madonna di Monte Berico*, presidente dell'Osservatorio Nazionale Arti Sacre e coordinatore del Comitato Scientifico di Koinè Ricerca.

angelo@angeloalessio.it

SALUTO

MONS. FABRIZIO CAPANNI

Dicastero per la Cultura e l'educazione (Città del Vaticano)

Presidente del Comitato Scientifico di Koiné Ricerca.

L'edizione 2023 di Koiné si svolge nuovamente in presenza per la prima volta dopo la pandemia. Tutti attendevamo questo momento e il ricco programma di quest'anno non dovrebbe deludere nessuno. Come di consueto, gli eventi in programma – che accompagnano l'esposizione fieristica, particolarmente varia e articolata – si suddividono in alcune tipologie, pensate per soddisfare i frequentatori molto variegati, abituali della fiera o che vi si affacciano per la prima volta: sacerdoti e religiosi, operatori pastorali e seminaristi, architetti e ingegneri liberi professionisti o impiegati come tecnici nelle curie diocesane, espositori, artigiani e artisti, semplici curiosi.

Il primo gruppo di eventi riguarda la liturgia, con un'attenzione particolare rivolta agli oggetti per la devozione popolare, che lungi dall'essere alternativa alla liturgia, scaturisce da essa: sia gli oggetti sia le vesti liturgiche attingono a uno stadio religioso precedente al cristianesimo e che quest'ultimo adotta ampliandone il significato. Un workshop specifico è dedicato al rito della dedicazione dell'altare, un evento non frequente, ma ricco di implicazioni simboliche anche per la progettazione dello spazio liturgico. Chiude questa sezione il consueto appuntamento con l'arte floreale per il culto, sempre più apprezzato.

Legata alla precedente sezione è naturalmente quella della progettazione architettonica dello spazio liturgico, nell'ambito degli "Stati generali dell'edilizia di culto". Si è voluto proseguire il precedente discorso sulla devozione, dedicando un convegno alla progettazione dei poli ad essa dedicati all'interno della chiesa. La tematica è poi ripresa in un secondo convegno più ampio, dedicato agli spazi esterni della chiesa e al loro complesso significato liturgico e urbanistico. Si riprende quindi la riflessione, già presente in precedenti edizioni, su un'architettura innovativa e sostenibile nella scelta dei materiali e nel risparmio energetico, secondo le esigenze della salvaguardia dell'ambiente, al quale richiama anche l'enciclica *Laudato si'* sul rispetto del creato, la nostra "casa comune". Nella logica del "riciclo" si muove anche la riflessione sul riuso cimiteriale come colombari delle chiese dismesse.

Il terzo gruppo di eventi è quella del turismo religioso, che quest'anno affronta il suggestivo tema del pellegrinaggio ai luoghi della Sacra Famiglia durante la Fuga in Egitto, sempre praticato dalle Chiese ortodosse e che i cattolici stanno scoprendo ora. L'evento "Bellezza e pace" affronta poi il tema molto attuale della convivenza fra popoli, assegnando il premio "Bellezza per la pace" a giovani artisti nell'alveo del Mediterraneo. Anche l'evento "Bellezza e sviluppo" affronta il tema dell'educazione attraverso il patrimonio culturale, conferendo il premio "Terre di bellezza", che parte quest'anno con la prima edizione, a una associazione o cooperativa impegnata nella valorizzazione del proprio territorio.

Segue una serie di eventi sciolti, ma non per questo meno significativi. Si parte dalla commemorazione di papa Giovanni Paolo I, Albino Luciani, recentemente beatificato, ricordato dal cardinale Beniamino Stella. Un gesto molto bello di vicinanza e di solidarietà verso un popolo martoriato, è il dono di una chiesa da ricostruire in Ucraina.

Infine vi sono le mostre, sempre molto interessanti, il cui soggetto è legato ai convegni o agli eventi e che in alcuni casi sono esito di concorsi: "Giuseppe: padre, sposo e profugo"; "Vasi sacri: arte e design"; "Gli arazzi della cattedrale di Cosenza: 16 grandi artisti interpretano i temi sacri in arazzo", frutto di una committenza ecclesiastica illuminata; "Bellezza per la pace: giovani artisti del Mediterraneo per la pace"; "Urne cinerarie d'arte: nuove prospettive"; "Giovanni Paolo I": mostra al Museo Diocesano di Vicenza.

Una menzione a parte merita il ricordo di Mons. Giancarlo Santi (1944-2022) che è stato Presidente del Comitato Scientifico di Koiné Ricerca fino al 2019.

A nome del Comitato Scientifico auguro a tutti buona lettura e buona visita a Koiné 2023!



MONS. FABRIZIO CAPANNI

Sacerdote, lavora nella Curia Romana dal 1993 (Pont. Comm. Beni Culturali della Chiesa, Archivio Apostolico Vaticano, Pont. Cons. della Cultura, Comm. Perm. Tutela Monumenti Artistici e Storici della Santa Sede, Dicastero per la Cultura e l'Educazione). Si interessa di iconografia dell'arte cristiane e di immagini per lo spazio liturgico, materia che insegna anche in vari Master universitari.

f.capanni@cultura.va

SALUTO

DON ALBERTO GIARDINA

Direttore Ufficio Liturgico Nazionale della Conferenza Episcopale Italiana

Un cordiale saluto a quanti, convenuti al quartiere fieristico di Vicenza, prendono parte a questa ventesima edizione di Koinè, manifestazione che, sin dal suo nascere, mostra la sinergia tra la comunità ecclesiale e la società civile, approfondisce il rapporto tra il gesto rituale e il linguaggio delle arti, promuove occasioni di dialogo attento alla storia degli uomini e aperto alle urgenze del tempo presente.

Questi tre giorni ci vedranno impegnati – ciascuno di noi per le proprie competenze, le proprie professionalità e le proprie esperienze ecclesiale – a confrontarci su tre differenti aspetti del linguaggio liturgico.

Il primo momento di approfondimento verterà, attraverso uno sguardo pluridisciplinare, sulla semantica e sull'impiego degli oggetti nella liturgia e nella pietà popolare. In riferimento alla liturgia, il mondo delle cose è tutt'altro che secondario; gli oggetti, infatti, attendono al gesto rituale, hanno dimensione simbolica, rifuggono dalla serialità e richiedono una nobile e semplice bellezza. Le cose hanno anche una grande rilevanza nella mistica popolare, le cui manifestazioni includono una grande varietà di costumi e tradizioni, simboli e affetti che nascono dall'inculturazione del Vangelo e disegnano l'identità di un popolo.

Nel contesto dei lavori di koinè 2023 ci sarà offerta l'opportunità di approfondire anche l'espressività simbolica e la ricchezza eucologica del rito di dedicazione di un altare. Il workshop liturgico sarà utile per cogliere l'iconologia dell'altare per il quale la sezione epicletica della prex dedicationis invoca che sia segno di Cristo, mensa del convito festivo, luogo di intima unione con il Padre, fonte di unità per la Chiesa, centro della lode e del comune rendimento di grazie. Sono certo che la discussione aprirà varchi di riflessione utili all'ars celebrandi, all'approfondimento teologico e alla composizione artistica.

Alle Pie Discepoli del Divin Maestro sarà affidato un laboratorio liturgico sull'arte floreale a servizio della liturgia. L'arte floreale come parte integrante della poetica liturgica. Essa, pertanto, oltre all'abilità tecnica richiede una doverosa attenzione all'iconicità dello spazio, alla teologia dell'anno liturgico, alla gestualità dell'assemblea, alla verità segnica delle cose e degli oggetti dell'azione rituale. Va ricordato, anche, che le nostre composizioni floreali in vista della celebrazione liturgica devono rispecchiare nobile semplicità e, coerenza, con l'attenzione agli ultimi che la Chiesa è chiamata a vivere.

Buon lavoro e buon confronto a tutti e a ciascuno!



DON ALBERTO GIARDINA

Don Alberto Giardina è nato a Palermo il 22-08-1978. È stato ordinato presbitero per la Diocesi di Trapani l'08-05-2004. Ha conseguito il baccellierato in Teologia e la licenza in Ecclesiologia presso la Pontificia Facoltà Teologica di Sicilia San Giovanni evangelista di Palermo. Ha proseguito la formazione teologica presso la Pontificia Università della Santa Croce di Roma dove ha ottenuto la licenza e il dottorato in Teologia liturgica. Ha conseguito un master in archivistica e biblioteconomia presso l'Università degli studi di Bologna. Dal 1° giugno 2022 è direttore dell'Ufficio Liturgico della Conferenza Episcopale Italiana. È docente invitato di Teologia

Sacramentaria presso la Pontificia Facoltà teologica di Sicilia. Nella Diocesi di Trapani attualmente ricopre gli uffici di cancelliere vescovile e direttore dell'Ufficio Liturgico è membro del Consiglio presbiterale diocesano, del Collegio dei consultori, del Consiglio diocesano per gli affari economici e della Commissione diocesana d'arte sacra ed edilizia di culto. In precedenza è stato anche vicecancelliere vescovile, direttore dell'archivio diocesano, presidente dell'IDSC, responsabile del catecumenato degli adulti e parroco. Nella collana sussidi liturgico-pastorali del CLV-Edizioni Liturgiche ha pubblicato un volume sullo spazio liturgico. È autore di alcuni articoli scientifici a carattere liturgico. È membro dell'Associazione professori e cultori di liturgia.

a.giardina@chiesacattolica.it

Introduzione agli Stati Generali dell'Edilizia di Culto

Arch. Francesca Leto

L'edilizia di culto nel XX sec. è stata caratterizzata dal prevalere del paradigma funzionalista su quello estetico-simbolico. Uno dei paradigmi attuali sembra essere quello della sostenibilità, poiché «La casa comune [...] protesta per il male che le provochiamo, a causa dell'uso irresponsabile e dell'abuso dei beni che Dio ha posto in lei»,¹ e in questo, è coinvolta anche la progettazione dell'edilizia di culto. Il rischio di “*greenwashing*”,² cioè di falsa ecosostenibilità, è dietro l'angolo. I progettisti, i committenti e gli installatori andranno quindi formati; i primi per saper proporre progetti realmente sostenibili, i secondi per saper discernere tra reali edifici sostenibili e operazioni di mero *greenwashing*, i terzi per saper realizzare manufatti secondo un nuovo approccio.

È necessario comprendere come ogni progetto di bene comune, sottoposto a uso e committenza collettiva, la comunità parrocchiale,³ sia un sistema complesso. Sappiamo che, quanto più ci si trova di fronte a sistemi complessi, maggiormente risulta necessario mettere in campo scelte sostenibili che, nel caso dei beni parrocchiali, riguarderà i campi ambientale, economico e culturale.

La sostenibilità ambientale di un sistema complesso richiede un approccio di rispetto delle risorse,⁴ quindi della cura e custodia della casa comune,⁵ secondo il dettato genesiaco, che sia capace di una vera e propria ecologia architettonica.

La sostenibilità economica dei beni parrocchiali, interconnessa a quella ambientale, chiede uno sguardo sul lungo termine che permetta di impostare sia un ridotto dispendio di risorse, che dipenderà in buona parte da una corretta progettazione del bene, sia il recupero dell'investimento iniziale in tempi e modi auspicabili.

¹ FRANCESCO, *Laudato si'*, n. 2.

² *Greenwashing*: «Strategia di comunicazione o di marketing perseguita da aziende, istituzioni, enti che presentano come ecosostenibili le proprie attività, cercando di occultarne l'impatto ambientale negativo», in *Vocabolario Treccani*, https://www.treccani.it/vocabolario/greenwashing_%28Neologismi%29/

³ I sistemi complessi, con i loro diversi livelli di organizzazione della realtà, sono caratterizzati dal cambiamento continuo che oggi si mostra veloce più che mai; cfr. FRANCESCO, *Laudato si'*, n. 18. Vedi inoltre, G. BONACCORSO, *Critica della ragione impura. Per un confronto tra teologia e scienza*, Assisi, Cittadella Editrice, 2016, 15-167.

⁴ Cfr. F. GIORGINO, *L'obiettivo «sostenibilità» e il fattore «complessità»*, in «La Gazzetta del mezzogiorno» 8 giugno 2020, <https://www.lagazzettadelmezzogiorno.it/news/analisi/1229568/lobiettivo-sostenibilita-e-il-fattore-complessita.html>.

⁵ FRANCESCO, *Laudato si'*.

La sostenibilità culturale comporta la valorizzazione del bene nonché le esigenze conservative, che sappiano tenere conto delle necessità d'uso da parte delle comunità e anche dei bisogni di conoscenza dei fruitori, esterni alla comunità parrocchiale, identificabili nell'eventuale pellegrino/turista.

Il percorso chiede la continua verifica del rapporto tra i benefici delle scelte progettuali sul bene e i costi, dove i primi dovranno essere più grandi possibili e i secondi più contenuti possibili, ma sempre in equilibrio: annullare i costi, annullerebbe i benefici.

Per realizzare tali fini serve capacità innovativa, sviluppata mettendo a frutto il lato creativo della tecnologia, perché «la scienza e la tecnologia sono un prodotto meraviglioso della creatività umana che è un dono di Dio».⁶

Tutto ciò, in particolare modo relativamente all'edificio liturgico che presenta maggiori difficoltà tecniche, va inserito in quella che Tagliaferri definisce la «direttrice escatologica»;⁷ così come l'architettura dello spazio sacro è metafora del cammino della vita del cristiano che terminerà nella Gerusalemme celeste - impedendogli di fissare tutto nel «già» -, parallelamente, l'aspetto escatologico della creazione⁸ è in relazione alla prospettiva ecologica «con uno sguardo rivolto al cielo che non dimentica la fedeltà alla terra, ma soprattutto con una fedeltà al futuro da lasciare a chi ci segue».⁹

⁶ FRANCESCO, *Laudato si'*, n. 102, citazione tratta da, GIOVANNI PAOLO II, *Discorso ai rappresentanti della scienza, della cultura e degli alti studi nell'Università delle Nazioni Unite*, Hiroshima (25 febbraio 1981), 3: AAS 73 (1981), 422.

⁷ R. TAGLIAFERRI, *Luogo sacro, religioni e liturgia*, in *Lo spazio sacro. Architettura e liturgia*, a cura di V. SANSON, Padova, Edizioni Messaggero, 2002, 81.

⁸ Cfr. Rm 8,20-21: «La creazione infatti è stata sottoposta alla caducità - non per sua volontà, ma per volontà di colui che l'ha sottoposta - nella speranza che anche la stessa creazione sarà liberata dalla schiavitù della corruzione per entrare nella libertà della gloria dei figli di Dio».

⁹ L. SANDONÀ, *Ecologia umana. Percorso etico e teologico sui passi di papa Francesco*, pref. P. SEQUERI, Padova, Edizioni Messaggero, 2015, 21.



ARCH. FRANCESCA LETO

Francesca Leto si laurea a Venezia in architettura e successivamente consegue la licenza e il dottorato in teologia con specializzazione in liturgia pastorale presso l'Istituto di Liturgia Pastorale di S. Giustina a Padova incorporato al Pontificio Ateneo S. Anselmo di Roma. E' docente incaricata di liturgia presso l'Istituto di Scienze Religiose di Vicenza, dove tiene anche seminari tematici. Tiene lezioni e corsi in diversi istituti e facoltà teologiche e conferenze presso diversi enti e fondazioni: Scuola Beato Angelico di Milano, Fondazione Lercaro di Bologna. È vincitrice della VI edizione Concorso progetti pilota CEI per la chiesa di Sant'Ignazio a Olbia e dell'adeguamento liturgico della cattedrale di Belluno. Partecipa in qualità di architetto e/o liturgista a numerosi concorsi. Si occupa di adeguamenti liturgici e restauri di chiese e progettazione di cappelle. È autrice di vari articoli in riviste e pubblicazioni, anche internazionali.

SOSTENIBILITÀ: UN CAMBIO DI PARADIGMA NECESSARIO E RESPONSABILE

Filippo Busato

Presidente AiCARR – Associazione italiana Condizionamento dell’Aria Riscaldamento Refrigerazione

Professore associato di fisica tecnica industriale – Universitas Mercatorum

Membro del MENSA

Sommario

Sostenibilità non è un concetto sfumato, ma una definizione formale. Questa memoria analizza il significato del concetto di sostenibilità partendo da un’introduzione generale per poi approfondire le applicazioni relative al mondo dell’edilizia, nel processo costruttivo e nell’esercizio degli edifici.

Introduzione

Il tema della sostenibilità è stato declinato secondo diversi approcci e vari ambiti nel corso degli ultimi anni, e ripreso in successive “ondate” a partire dagli anni ’80.

In termini puramente teorici è possibile riassumere il concetto dal punto di vista sistemico, come la caratteristica di un processo o di uno stato che possa essere mantenuto indefinitamente nel tempo.

E’ possibile infatti definire una sostenibilità ambientale, economica, sociale. Mantenere indefinitamente uno stato richiede il raggiungimento di una condizione di equilibrio del processo, in termini di risorse impiegate e di impatti generati.

Un primo interrogativo importante riguarda il punto di vista rispetto al quale viene valutato questo equilibrio. Un secondo aspetto determinante e che non è possibile sottovalutare riguarda l’orizzonte temporale al quale si fa riferimento. Nel caso semplice del singolo individuo esso potrebbe essere la condizione nella quale l’individuo vede soddisfatti i propri bisogni essenziali senza eccessi né deficit. Dal punto di vista alimentare è la condizione nella quale l’individuo riesce a soddisfare il proprio fabbisogno nutritivo in maniera esatta, senza surplus né carenze, all’interno del proprio ciclo di vita.

Tuttavia il ciclo della vita del singolo è solo una parte infinitesima del ciclo di vita della popolazione (le generazioni si susseguono), e di una popolazione che cambia nel corso del tempo, non è costante in termini di numeri e di aspettativa di vita media.

Se estendiamo lo sguardo a livello globale, è necessario considerare la diversa composizione ed evoluzione numerica della popolazione.

Un dato di sintesi sul “non equilibrio” in campo alimentare può essere riassunto secondo la considerazione seguente di Andrea Segrè [1]: la popolazione mondiale è 8 miliardi di individui, si produce cibo per 13, e 1 miliardo soffre di grave denutrizione.

E' chiaro quindi che l'approccio alla sostenibilità deve essere considerato in termini globali e non individuali e specifici.

L'aspetto alimentare, rappresentato in maniera estremamente semplificata, non è tuttavia che uno degli aspetti della sostenibilità, che riguarda più in generale le risorse naturali connesse alla vita del genere umano, con riferimento a ciò che la natura rende disponibile (acqua, cibo, minerali) e a ciò che si crea nei processi di trasformazione (rifiuti, emissioni). Sostenibilità è infatti un termine che potrebbe eventualmente anche perdere il suo significato se venisse dissociato dall'essere umano, che è il fulcro attorno al quale ruota il concetto dell'esistenza. Sostenibilità quindi con l'uomo al centro, sostenibilità dell'uomo, per l'uomo, e soprattutto gestita dall'uomo.

Come insegna il secondo principio della termodinamica [2], ogni trasformazione lascia una traccia nell'universo, detta anche "irreversibilità" non tanto intesa nel senso di degradazione quanto piuttosto come segno inesorabile del passaggio del tempo [3].

La sostenibilità non è quindi un concetto istantaneo, la descrizione di uno stato, quanto piuttosto l'approccio ad un processo fortemente caratterizzato dallo scorrere del tempo.

Dal concetto alla definizione di sostenibilità

Sottoponendo ad un bambino la fotografia in Figura 1, la superficie del pianeta Marte, si potrebbe chiedere se quell'ambiente rappresenti:

- Una terra prima della comparsa dell'uomo;
- Una terra senza l'uomo;
- Una terra dopo il passaggio dell'uomo.

Molto probabilmente sarebbe utile inserire anche, nel novero delle risposte possibili, l'alternativa "tutte le precedenti".



Figura 1. Superficie del pianeta Marte.

Sicuramente il periodo di incertezza, dal punto di vista geopolitico, delle forniture energetiche e alimentari [4], che il mondo (o perlomeno una parte di esso) vive nel corso degli ultimi anni, rafforza in taluni degli approcci non sempre globali quanto invece locali (se non addirittura regionali); si può trattare probabilmente di un "bias cognitivo" che tende a

cercare di raggiungere una “zona di comfort” delle proprie sicurezze ed opinioni, tuttavia ha il potere e il merito di innescare una riflessione, seppur scaturita dal tema energetico, aspetto che incarna solo parzialmente il tema della sostenibilità. Il tema dell’alimentazione presentato nell’introduzione e quello energetico non possono esimere dal voler cercare comunque una risposta e una posizione complessiva del problema, che molto spesso può apparire sfumato, inafferrabile. Ecco che un richiamo formale alla definizione di sostenibilità può venire in aiuto, si tratta della definizione data dalla Commissione Brundtland delle Nazioni Unite il 20 marzo 1987:

“Soddisfare i bisogni della generazione presente senza compromettere quelli della generazione futura”

Questa definizione, ripresa in diverse varianti, ha dato origine anche ad una interpretazione particolarmente evocativa e pregena di significato nell’espressione “la terra non è ciò che abbiamo ereditato dai nostri padri ma ciò che abbiamo preso in prestito dai nostri figli”. Tutto ciò avviene in un contesto che è dinamico, “mobile”, per due motivi principali:

1. L’evoluzione della demografia mondiale ha subito una brusca accelerazione nel corso degli ultimi 150 anni (Figura 2);
2. Cambiano in maniera drastica le condizioni di vita, a partire dalla composizione del paniere alimentare, ad esempio quello dell’Italia (Figura 3) con riferimento alle proteine animali.

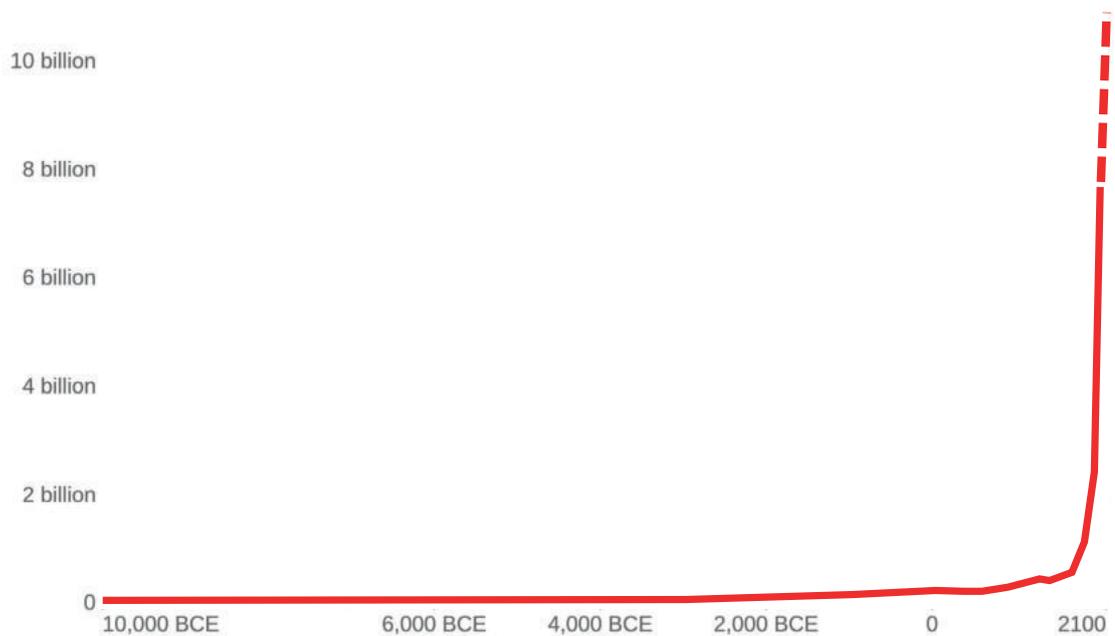


Figura 2. Evoluzione demografica mondiale.

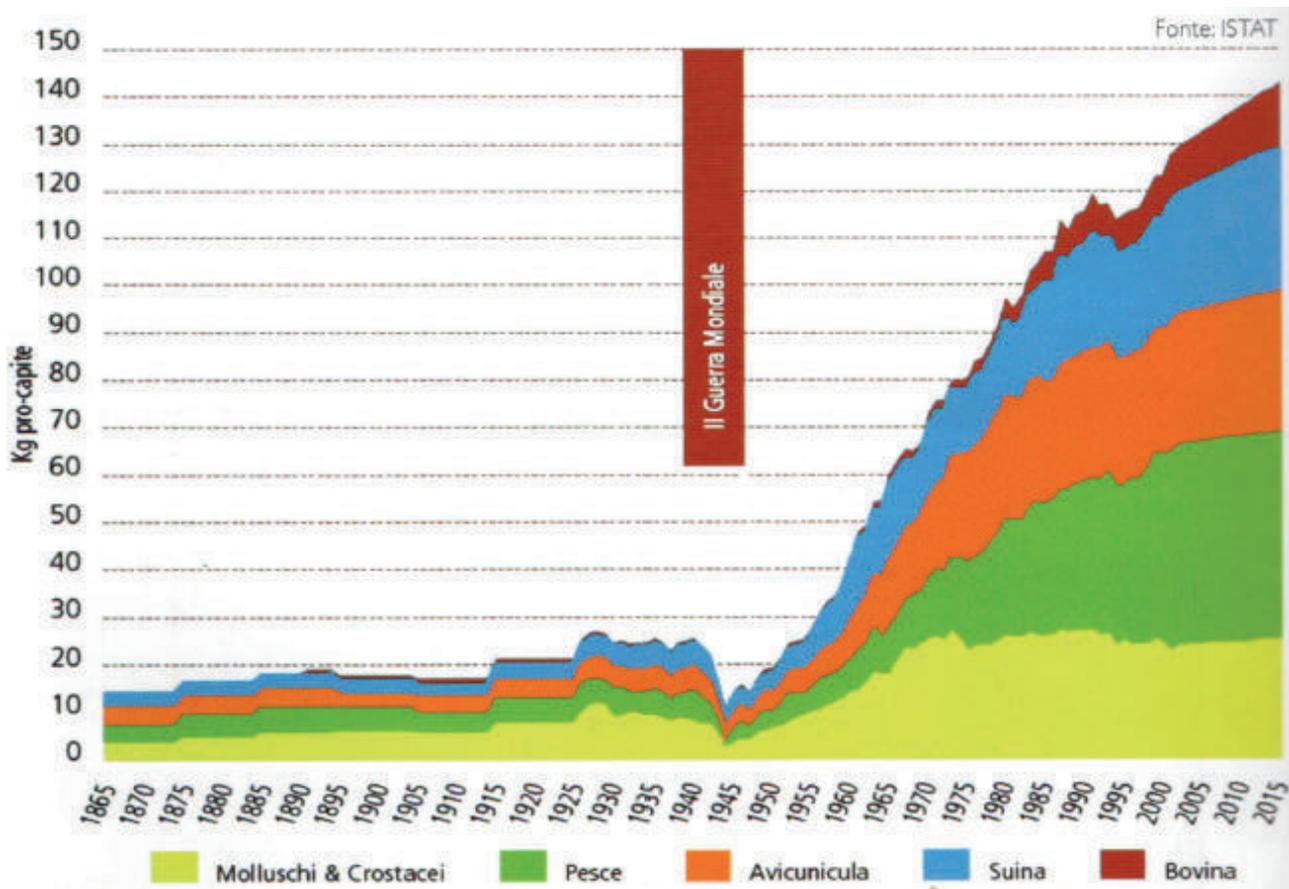


Figura 3. Modifica del paniere alimentare medio nazionale dal 1865.

Se si vuole avere un'idea di come i cambiamenti siano avvenuti anche sul piano delle risorse minerarie ed energetico, può risultare utile sintetizzare con alcuni dati questi concetti:

- Dalla sua comparsa sulla terra circa 1,5 milioni di anni fa, l'uomo ha consumato circa 400 Gtep (miliardi di tonnellate equivalenti di petrolio) di energia primaria, di cui 300 non rinnovabili;
- 1/3 di questo consumo è avvenuto negli ultimi 10 anni;
- Altrettanto avverrà nei prossimi 8 anni.

Per favorire una maggiore dimestichezza con queste misure, si prenda in esame la dimensione del lago di Garda (Figura 4), del volume di circa 49 km³. Essi corrispondono a 49 miliardi di metri cubi. La densità del greggio è di circa 850 kg/m³, ma volendo in prima approssimazione considerare la corrispondenza "grezza" tra un m³ e una tonnellata t, ne ricaviamo che l'uomo ha consumato in un miliardo e mezzo di anni circa 6 laghi di Garda di petrolio; il dato non è così elevato, quello che impressiona è però l'accelerazione dei consumi, che fanno sì che 2 dei 6 laghi siano stati consumati negli ultimi 10 anni.



Figura 4. Lago di Garda.

Il consumo di risorse fossili (passato e, in previsione, futuro) ha un impatto ambientale in termini di emissioni, che rende quindi necessario rivolgere per prima cosa uno sguardo al passato, a partire dal contesto climatico.

L'evoluzione del clima nel corso della storia dell'umanità

"Tempo meteorologico e "clima" sono termini che nel linguaggio comune vengono spesso usati erroneamente come sinonimi; dal punto di vista strettamente scientifico invece i loro significati sono distinti.

Quando si parla di "clima" ci si riferisce alle condizioni ambientali che persistono in una zona per periodi lunghi almeno qualche decina di anni (da minimo 10 anni a migliaia di anni) e condizioni atmosferiche che tendono a ripetersi stagionalmente, mentre variazioni meteo giornaliere, stagionali o annuali devono essere considerate variazioni del tempo meteorologico di una zona. In pratica quando si parla di clima si parla non soltanto delle condizioni meteo ma soprattutto all'ambiente ad esse associate: una variazione del clima è

una variazione stabile non solo delle condizioni meteo di un'area ma anche dell'ambiente di quell'area: piante, animali, attività erosive, morfologia ecc.

La parola clima deriva dal greco "klima" che significa "inclinato: pertanto fin dall'antichità vi è stata consapevolezza del fatto che le condizioni climatiche fossero influenzate in maniera decisiva dalla modalità con cui i raggi del sole incidevano sulla superficie terrestre.

Il clima è riferito ad aree terrestri che vanno dalla piccola estensione fino ad aree molto vaste come ad esempio le fasce climatiche o interi continenti.

In particolare l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) ha stabilito che la durata minima delle *serie storico-temporali* di dati continui per poter individuare le caratteristiche climatiche di una data località è di minimo 30; inoltre esiste una precisa norma che consente di definire con precisione l'anno tipo, caratteristico di una determinata località in un certo periodo a partire dalle serie storiche, si tratta della [5] UNI EN ISO 15927-4:2005

"Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling".

Risulta pertanto evidente come anche il clima di una regione, sebbene mostri una certa regolarità nel tempo, possa essere soggetto a cambiamenti temporali, anche con periodi piccoli comparabili con la durata media della vita umana; succede quindi abbastanza di frequente che una persona, nella sua vita, si trovi a sperimentare dei piccoli cambiamenti climatici. A maggior ragione, quindi, possono esserci cambiamenti climatici su periodi lunghi, in risposta a variazioni nei fattori sotto elencati.

In questo contesto vengono ad assumere particolare importanza gli studi di 'analisi climatica' delle suddette serie storiche che evidenziano i *trend* e le ciclicità statistiche delle grandezze meteo-climatiche osservate, ovvero le *anomalie* e le regolarità dei parametri rispetto alla media del periodo di riferimento (hanno scarso senso climatico invece le analisi di breve periodo riferite a singoli eventi meteorologici in quanto rientranti invece nella comune variabilità meteorologica). Seguono poi in genere gli studi di attribuzione delle cause dei cambiamenti climatici stessi.

Nell'approccio a questa materia sono risultati fondamentali i riferimenti alla classificazione dei climi di Köppen [6], e il testo Storia Culturale del Clima [7].

Nel corso di tutta la storia umana, il clima non è certo rimasto stabile e i suoi effetti sulle culture sono stati enormi. Non si può prescindere dalle condizioni climatiche nello studio delle civiltà, dei popoli, delle guerre, delle migrazioni, delle carestie, delle religioni e persino dell'arte e della letteratura. E non si può prescindere dal clima come problema politico, economico, industriale, sociale.

La Figura 5 riporta l'andamento delle temperature medie della Terra in diversi archi temporali; questo diagramma è tratto dal rapporto dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* [8] del 2007, e illustra molto bene la variabilità del clima nell'ultimo milione di anni. Dalle sezioni bassa e di mezzo emerge in maniera chiara la variazione climatica che può essere rinvenuta in forme scritte dall'uomo, quindi le variazioni degli ultimi duemila anni ovvero i massimi del medioevo (quanto di coltivava la vite fino al Vallo Adriano nell'attuale Scozia) e i minimi della cosiddetta "piccola era glaciale" del '700.

La storia del clima può essere studiata attraverso gli "archivi della terra", i sedimenti naturali tramite i quali possiamo ricavare informazioni sui climi del passato; la ricerca in questo campo ha conosciuto un enorme sviluppo dopo la scoperta della radioattività.

Un'altra fonte altrettanto importante è quella dei cosiddetti "archivi della società", cioè ogni genere di trasmissione consapevole delle informazioni che si serva di archivi, biblioteche, pubblici o privati.

Esistono poi delle relazioni, largamente accettate, tra l'evoluzione dell'uomo, i processi geologici e le oscillazioni climatiche. Una grande evoluzione fu giocata dalla nascita della grande fossa tettonica dell'Africa orientale, l'apertura della *Rift Valley* che circa 10 milioni di anni fa pose le basi per la formazione del sistema sudoriparo, la perdita del pelame, la postura eretta.

L'epoca romana è poi definita l'*optimum climatico*, ed è diffusa l'idea che il clima fu uno degli aspetti che contribuì in maniera fondamentale allo sviluppo e al prosperare della civiltà romana, dalle radici all'impero; il clima fu favorevole alle coltivazioni, avverso alle carestie e alle epidemie.

Naturalmente l'evoluzione climatica non è sempre stata regolare e lenta, ma alcuni eventi geologici ebbero impatti molto forti e rapidi, basti pensare all'esplosione del vulcano Tambora nel 1815, le cui ceneri disperse in atmosfera schermarono la radiazione solare al punto che il 1816 per molti paesi europei viene ricordato come l'anno senza estate (*Eighteen hundred and froze to death*), e lo storico John D. Post lo ribattezzò "l'ultima grande crisi di sopravvivenza del mondo occidentale".

A titolo di esempio facilmente apprezzabile di fenomeno di questa piccola era glaciale, si ricorda la laguna di Venezia, in alcuni anni tra '700 e '800 fu percorribile da carrozze sul ghiaccio per periodi continui di tre mesi.

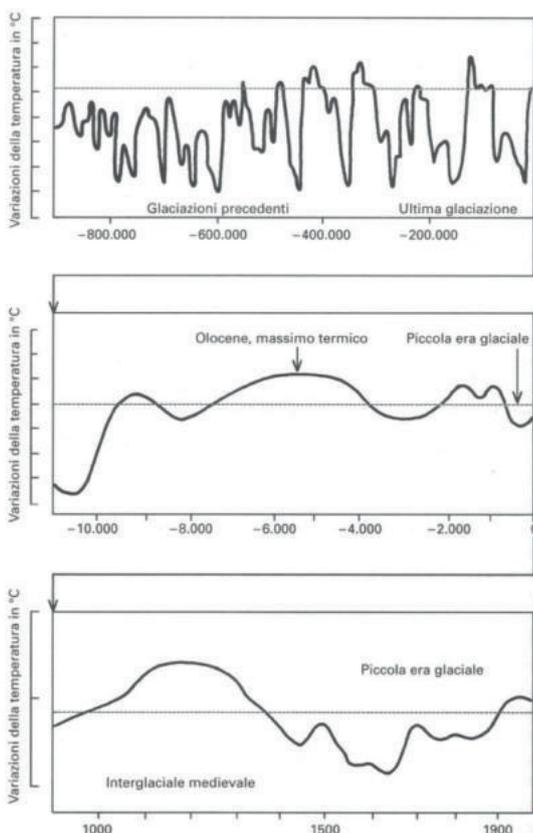


Figura 5. Andamento della temperature in 1 milione (alto), 10.000 (centro) e 1000 (basso) anni.

Fu ironia della sorte che proprio quegli anni conclusivi della piccola era glaciale vedessero la nascita della rivoluzione industriale, l'utilizzo delle macchine termiche per la produzione di energia (prima meccanica e poi elettrica) che necessitavano la combustione di fonti fossili, con la conseguente emissione in atmosfera di anidride carbonica, a cui nei giorni nostri si attribuisce una grande responsabilità all'interno del tema del riscaldamento globale. Questo viene spesso inquadrato all'interno del più ampio "cambiamento climatico", che viene studiato dal gruppo intergovernativo IPCC. In particolare, già nel 2007 con la

pubblicazione del “fourth assessment report on climate change”, nel volume “The Physical Science Basis” al capitolo 7 “Coupling between changes in the Climate system and biogeochemistry” [8] si afferma in maniera inequivocabile l’origine antropica del cambiamento climatico, con particolare riferimento al ciclo della CO₂ che non può essere smaltita con efficacia dalla fotosintesi vegetale e dall’assorbimento oceanico. Ancor più interessante è il medesimo volume del “fifth assessment report on climate change” (IPCC, 2014), ai capitoli 11 e 12 che presentano diversi scenari di previsione climatica rispettivamente per il medio e il lungo periodo, decisamente poco confortanti. Si tratta degli studi più completi, approfonditi e condivisi di cui si disponga sul clima, e che raramente vengono portati all’attenzione del pubblico.

World map of Köppen-Geiger climate classification

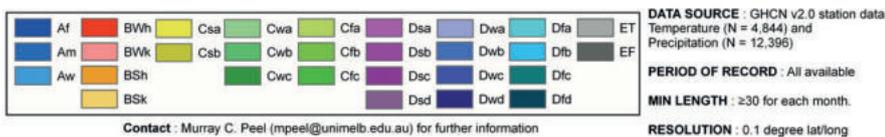
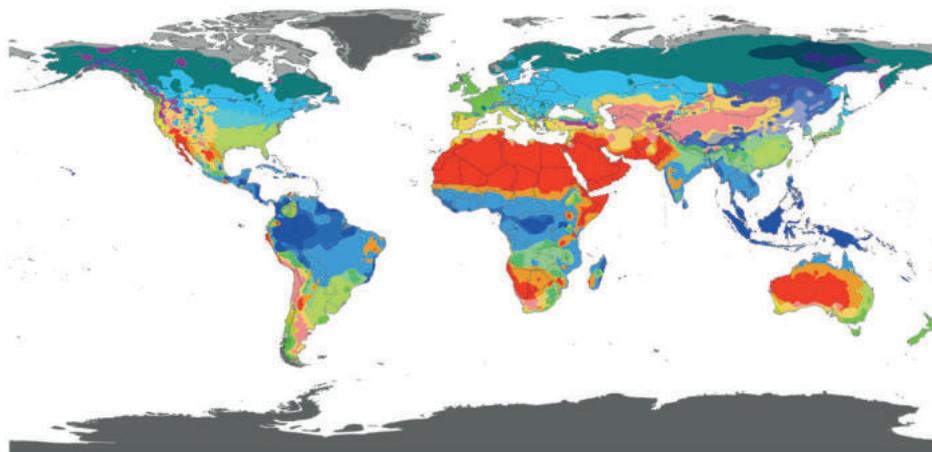


Figura 6. Mappa planisfero della classificazione dei climi di Koeppen

La classificazione climatica di Wladimir Köppen (Figura 6) è la più usata tra le classificazioni climatiche a scopi geografici. Il sistema di Köppen è in gran parte empirico; ciò vuol dire che ciascun clima viene definito in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazioni, calcolati conformemente alle medie annue o di singoli mesi. In tale classificazione non si tiene conto delle cause del clima in termini di pressione e di fasce di venti, di masse d'aria, di fronti o di perturbazioni. È possibile invece assegnare una certa località ad un particolare sottogruppo climatico soltanto sulla base dei dati locali di temperatura e di precipitazioni purché, naturalmente, il periodo di osservazione sia abbastanza lungo da fornire delle medie significative.

Un sistema climatico su questi principi ha un grande vantaggio; le aree coperte da ciascun tipo di clima possono essere identificate per grandi regioni del globo.

Sei gruppi principali sono contraddistinti da lettere maiuscole. I gruppi A, C e D hanno calore e precipitazioni sufficienti di alberi d'alto fusto (vegetazione forestale e boschiva).

A Climi tropicali umidi: La temperatura media di tutti i mesi è superiore a 18°C. Questi climi non hanno una stagione invernale. Le precipitazioni annue sono abbondanti e superano l'evaporazione annua.

B Climi aridi: L'evaporazione potenziale supera in media le precipitazioni nel corso di tutto l'anno. Non c'è eccedenza idrica, per cui nelle zone dei climi B non prendono origine corsi d'acqua a carattere permanente.

C Climi temperati delle medie latitudini (mesotermici): Il mese più freddo ha una temperatura media inferiore a 18°C ma superiore a -3°C; almeno un mese ha una temperatura media superiore a 10°C. Pertanto i climi C hanno sia una stagione estiva che una invernale.

D Climi freddi delle medie latitudini (microtermici): Il mese più freddo ha una temperatura inferiore a -3°C. La temperatura media del mese più caldo è superiore a 10°C; la corrispondente isoterma coincide approssimativamente con il limite polare della foresta.

E Climi polari: La temperatura media del mese più caldo è inferiore a 10°C. Questi climi non hanno una vera estate.

H Climi di altitudine: Generalmente più freddi e più piovosi in funzione dell'altitudine. Dai sottogruppi nell'ambito dei gruppi principali sono designati da una seconda lettera, in base al codice:

S Clima della steppa: È un clima semiarido, con circa 380-760 mm di precipitazione annue alle basse latitudini. I limiti esatti della piovosità sono determinati da una formula che tiene conto della temperatura.

W Clima desertico: È un clima arido. La maggior parte delle regioni che vi sono comprese ha meno di 250 mm di piovosità annua. Il limite esatto rispetto al clima della steppa è determinato per mezzo di una formula (le lettere S e W si applicano soltanto ai climi aridi B, dando luogo alle due combinazioni BS e BW).

f Umido: Precipitazioni abbondanti in tutti i mesi. Manca una stagione asciutta. Questo termine di modificazione si applica ai gruppi A, C e D.

w: Stagione asciutta nell'inverno del rispettivo emisfero (stagione a sole basso).

s: Stagione asciutta nell'estate del rispettivo emisfero (stagione a sole alto).

m: Clima della foresta pluviale, eccettuata una breve stagione asciutta nel regime delle precipitazioni di tipo monsonico. Si applica soltanto ai climi A.

Dalle combinazioni dei due gruppi di lettere risultano:

Af: Clima tropicale della foresta pluviale (anche Am, una variazione di Af).

Aw: Clima tropicale della savana.

BS: Clima della steppa.

BW: Clima desertico.

Cw: Clima temperato piovoso (mesotermico umido) con inverno asciutto.

Cf: Clima temperato piovoso (mesotermico umido), umido in tutte le stagioni.

Cs: Clima temperato piovoso (mesotermico umido) con estate asciutta.

Df: Clima freddo, nivale, a foresta (microtermico umido), umido in tutte le stagioni.

ET: Clima della tundra.

EF: Climi del gelo perenne (calotte glaciali).

Per differenziare ancora di più le variazioni di temperatura o di altri elementi, Köppen aggiunse una terza lettera al codice, con significato:

a: Con estate molto calda; il mese più caldo è superiore a 22°C (climi C e D).

b: Con estate calda; il mese più caldo è inferiore a 22°C (climi C e D).

c: Con estate fresca e breve; meno di 4 mesi al di sopra di 10°C (climi C e D).

d: Con inverno molto freddo; il mese più freddo inferiore a -38°C (soltanto i climi D).

h: Caldo-asciutto; temperatura media annua al di sopra di 18°C (soltanto i climi B).

k: Freddo-asciutto; temperatura media annua al di sotto di 18°C (soltanto i climi B).

La figura che ha cambiato tutto

La Figura 7, per quanto concerne gli aspetti sostenibilità ambientale nel contesto delle emissioni antropiche, spesso viene definita come “la figura che ha cambiato tutto”. Apparsa nella letteratura scientifica a metà del 2019, rappresenta l’evoluzione della concentrazione di CO₂ in atmosfera nel corso dell’ultimo milione di anni. A volte distrattamente viene confuso con l’asse delle ordinate destro quella che in realtà è il tracciato in impennata quasi verticale delle emissioni a partire dagli anni '60 del secolo scorso. Questa figura, insieme alle considerazioni dell’IPCC presentate sopra è, con buona pace dei negazionisti, dimostrazione del fatto che:

- L’origine delle emissioni di CO₂ è antropico;
- L’aumento di temperatura del pianeta è di causa antropica.

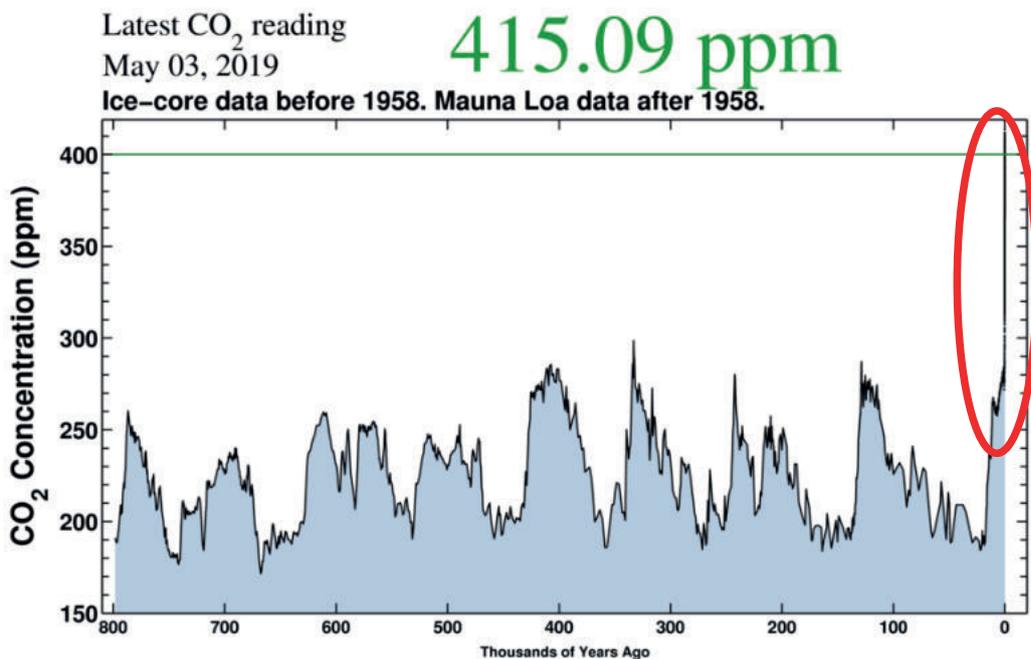


Figura 7. Concentrazione di CO₂ in atmosfera.[9]

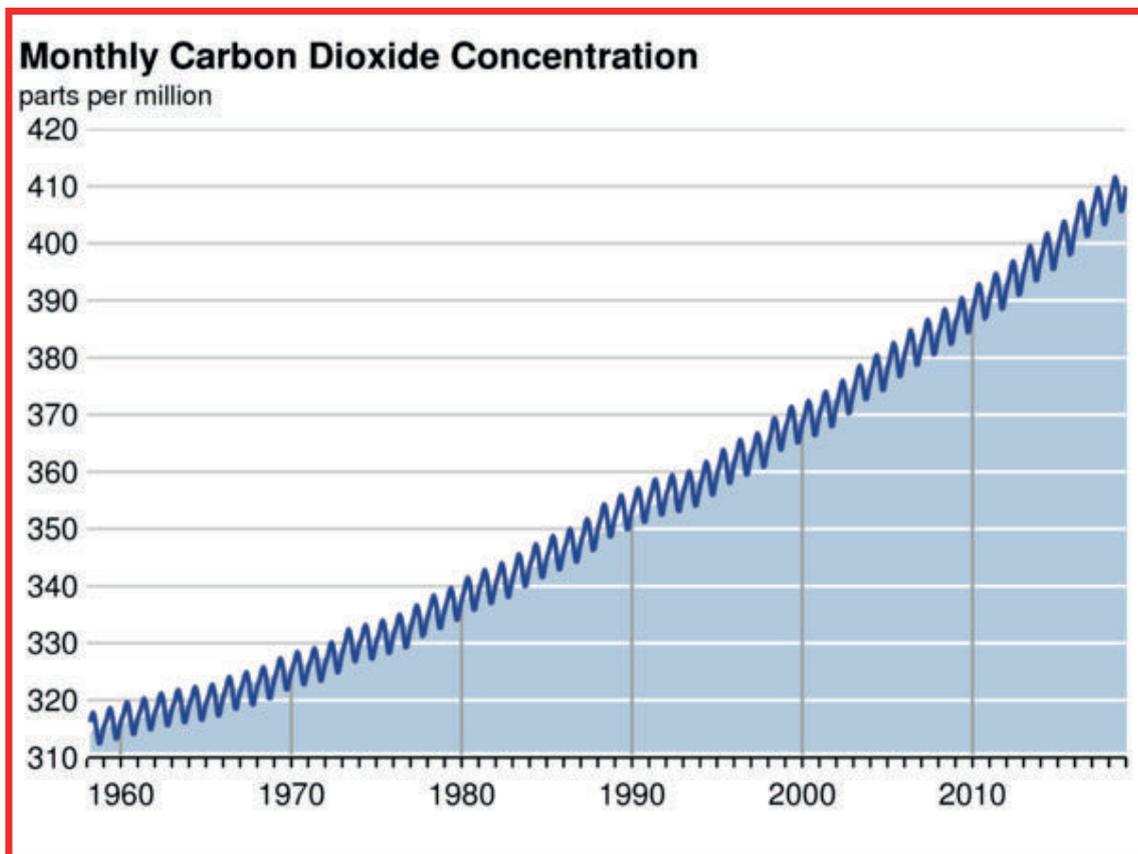


Figura 8. Concentrazione media mensile di CO₂ in atmosfera negli ultimi 60 anni. [9]

L'ulteriore supporto fornito dalla Figura 8 dimostra come l'andamento della concentrazione di CO₂ in atmosfera (su base mensile) sia in accelerazione. Tra meno di 20 anni raggiungeremo il valore di 450 ppm, ritenuto invalicabile per salvaguardare il pianeta (e oggi ritenuto non più sufficiente).

Vale la pena spiegare l'andamento "a dente di sega" del grafico; una parte significativa delle emissioni di anidride carbonica è data dal riscaldamento degli edifici, ed essendo i climi invertiti tra gli emisferi boreale ed australe e la popolazione dell'emisfero boreale molto più numerosa, si deduce come l'andamento sia alternato nel corso dell'anno. Tuttavia la tendenza della media globale è quella alla crescita.

L'intensità energetica e le emissioni

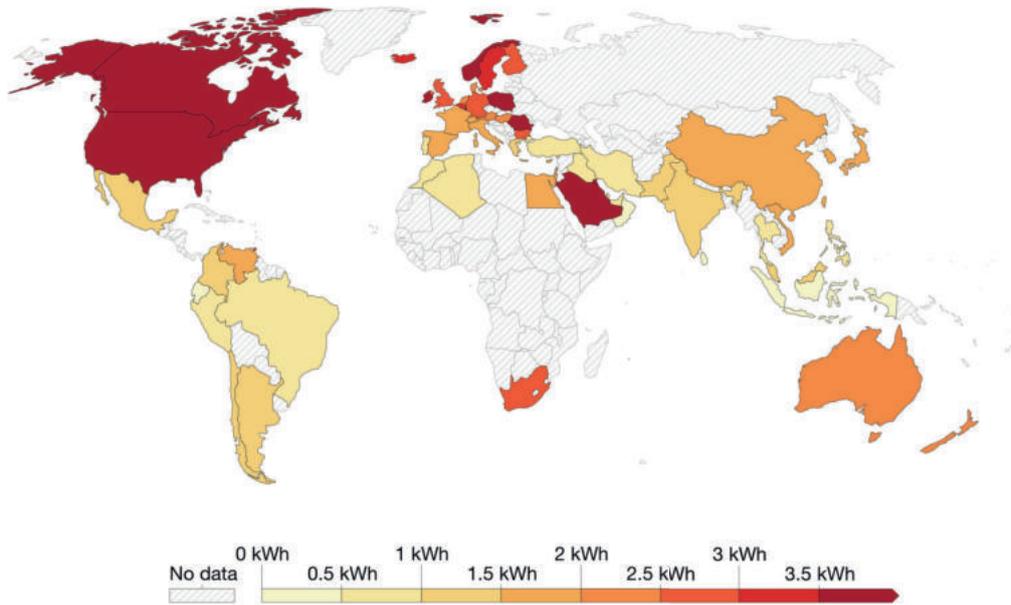
Benchè il rapporto tra emissioni e consumo di energia primaria non sia uniforme in tutto il globo (ciascun paese ha un mix diverso di fonti disponibili, importazioni, tecnologie di conversione), "i combustibili fossili sono stati (e sono tuttora) il motore del formidabile sviluppo economico che l'umanità ha vissuto a partire dalla rivoluzione industriale. Sono purtroppo anche i principali responsabili del continuo incremento della concentrazione di CO₂ in atmosfera, incremento che è fonte di tante preoccupazioni sulla futura salute del pianeta"[9].

Si definisce "intensità energetica" il rapporto tra l'energia primaria consumata da un sistema e il valore del PIL/GDP prodotto, con riferimento al medesimo intervallo temporale. Il riferimento della misura del GDP è il dollaro americano del 2011. I seguenti grafici [10] da Figura 9 a Figura 14 comprese rappresentano l'evoluzione dell'intensità energetica nei paesi per i quali è stata registrata, e si può apprezzare come per la quasi totalità dei paesi considerati vi sia stata una riduzione dell'intensità energetica nel ventennio 1998-2018,

ovvero dopo che è scattato l'allarme climatico con la conferenza di Kyoto del 1997. Minori consumi a parità di PIL, quindi minori emissioni, sempre a parità di PIL.

Energy intensity, 1968

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



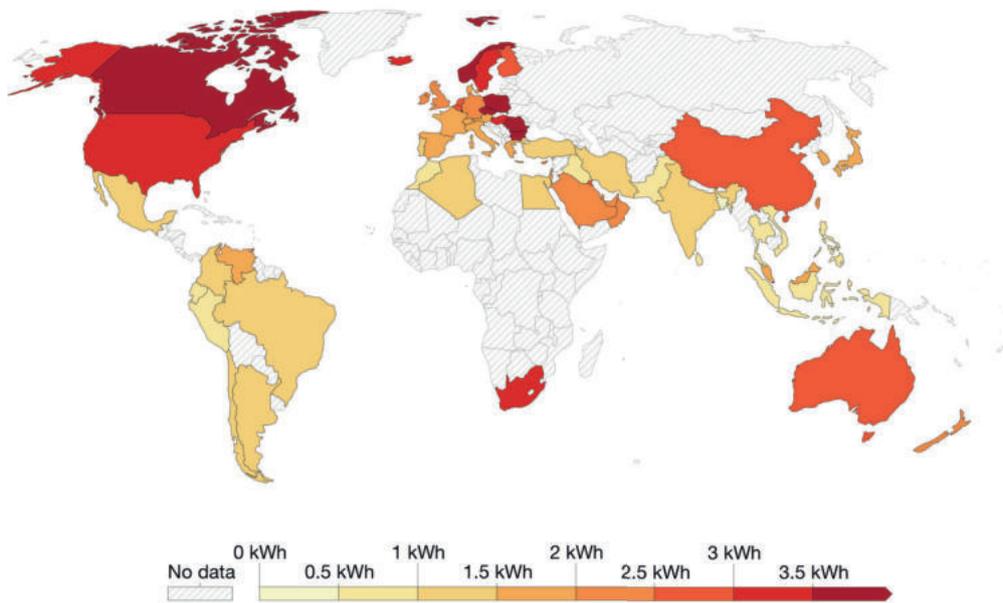
Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 9. Intensità energetica, 1968

Energy intensity, 1978

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



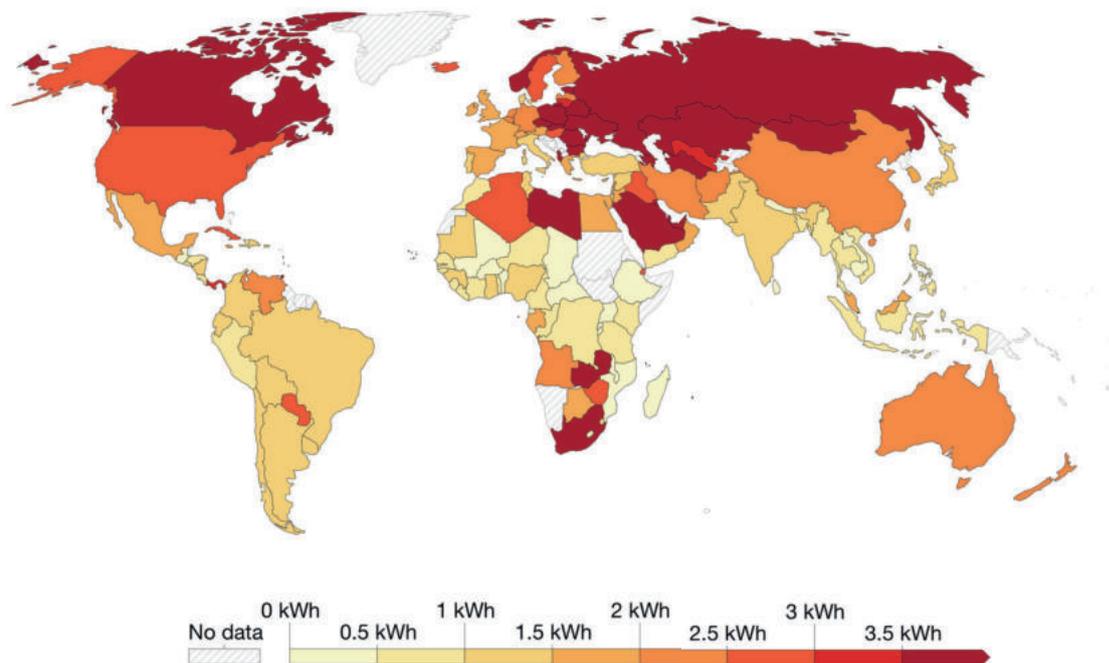
Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 10. Intensità energetica, 1978

Energy intensity, 1988

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



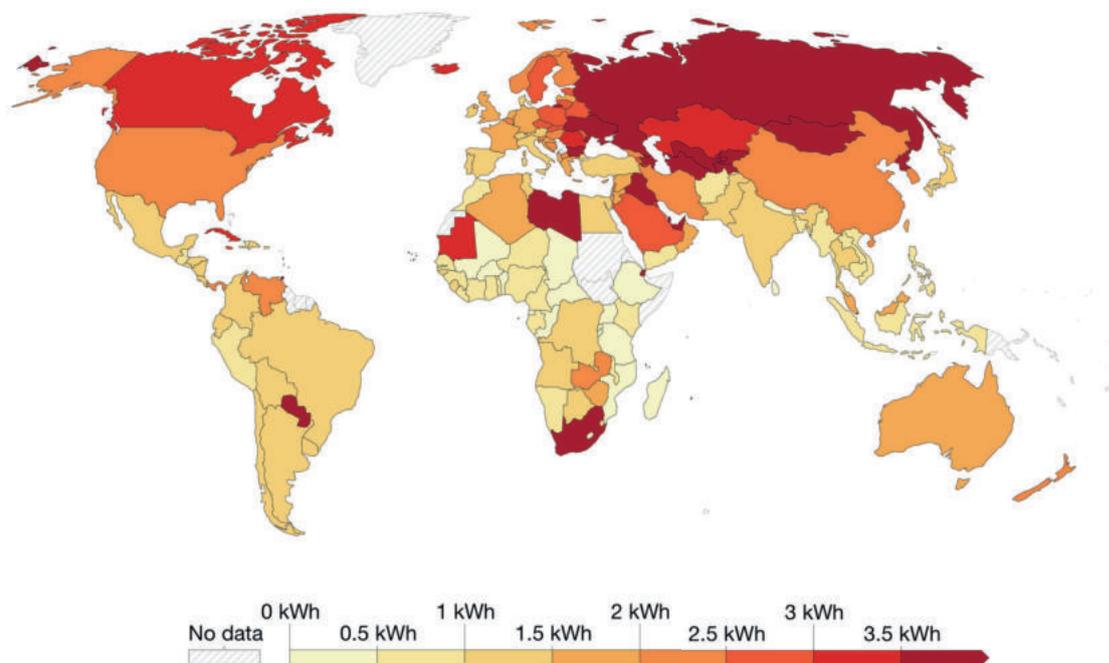
Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 11. Intensità energetica, 1988

Energy intensity, 1998

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



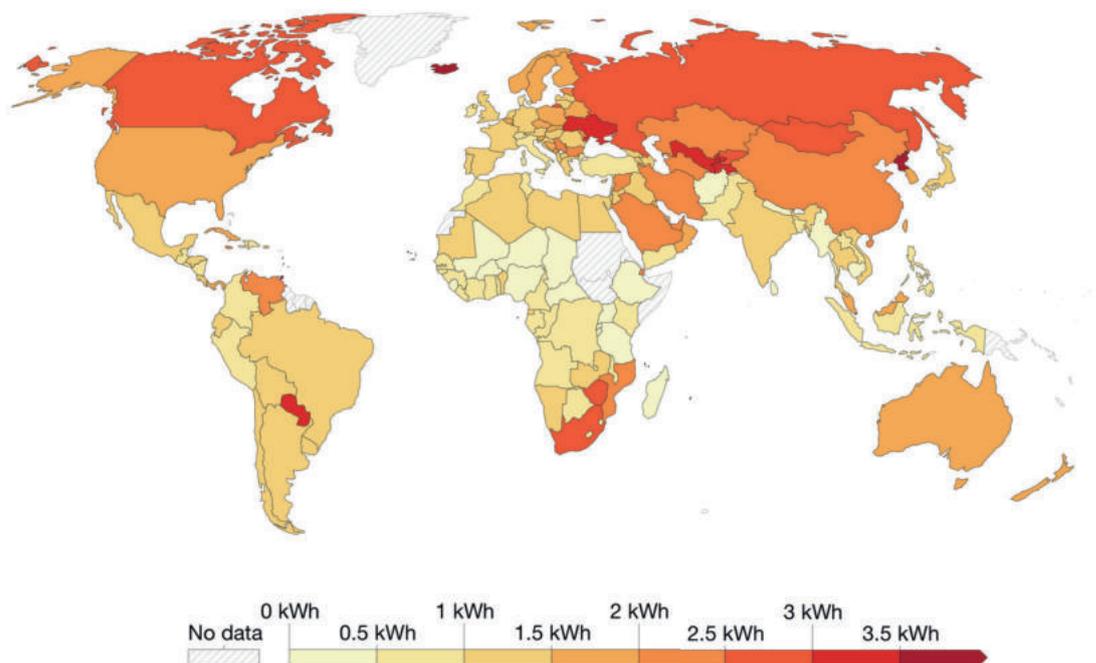
Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 12. Intensità energetica, 1998

Energy intensity, 2008

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



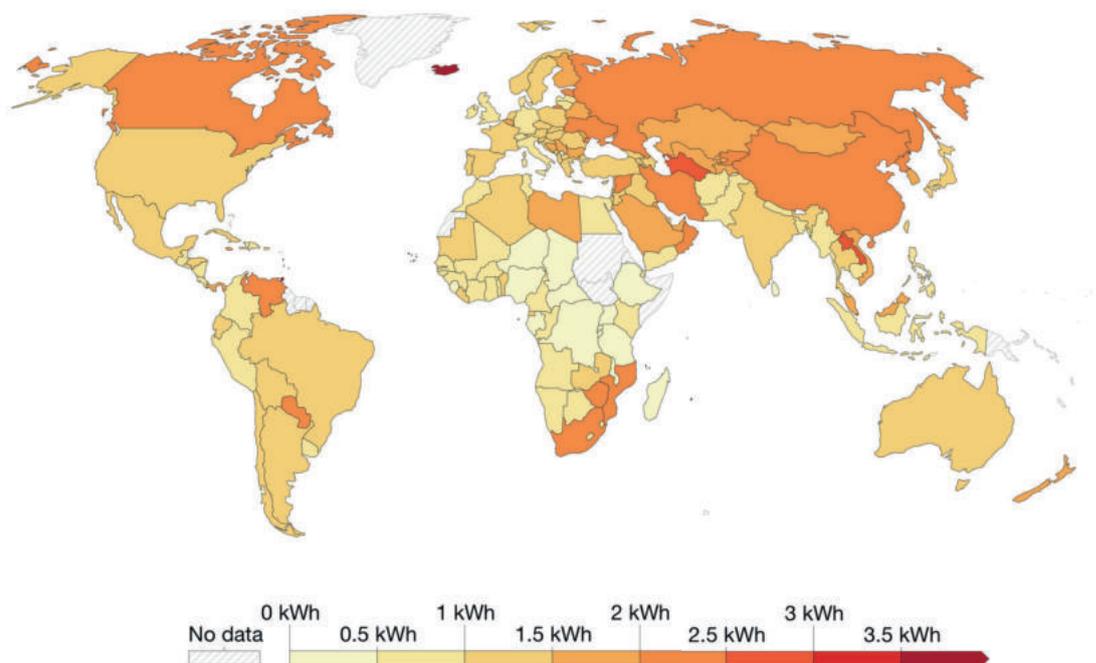
Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 13. Intensità energetica, 2008

Energy intensity, 2018

Energy intensity is measured as primary energy consumption per unit of gross domestic product. This is measured in kilowatt-hours per 2011\$ (PPP).



Source: Our World in Data based on BP; World Bank; and Maddison Project Database

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Figura 14. Intensità energetica, 2018

Tuttavia le emissioni “assolute” e l’accumulo di CO₂ in atmosfera necessitano un approfondimento di trattazione.

Responsabilità delle emissioni in atmosfera

Nel contesto globale e variegato, suddiviso in maniera seppur grossolana tra paesi sviluppati, paesi in via di sviluppo e paesi sottosviluppati, è opportuno cercare di suddividere la responsabilità dell'accumulo di anidride carbonica in atmosfera. Ci viene in aiuto la Figura 15 nella quale si può apprezzare la ripartizione della responsabilità delle emissioni negli ultimi 150 anni e la tendenza futura.

Le ragioni nella variazione della composizione della quota del 100% (annuale) si possono naturalmente ricercare nello sviluppo del "nuovo mondo" (dalla metà del XIX secolo) e nella crescita dei nuovi paesi in via di sviluppo. Le incognite per il futuro sono rappresentate dallo sviluppo dell'Africa.

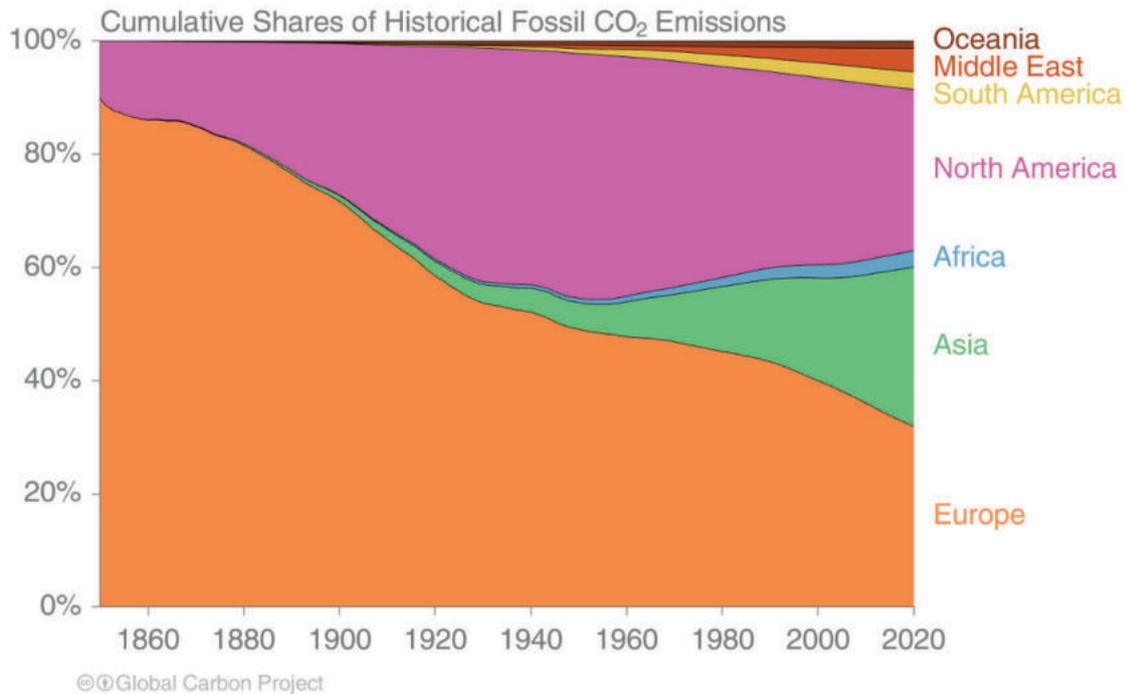


Figura 15. Responsabilità dell'accumulo di CO₂ atmosferica negli ultimi 150 anni.

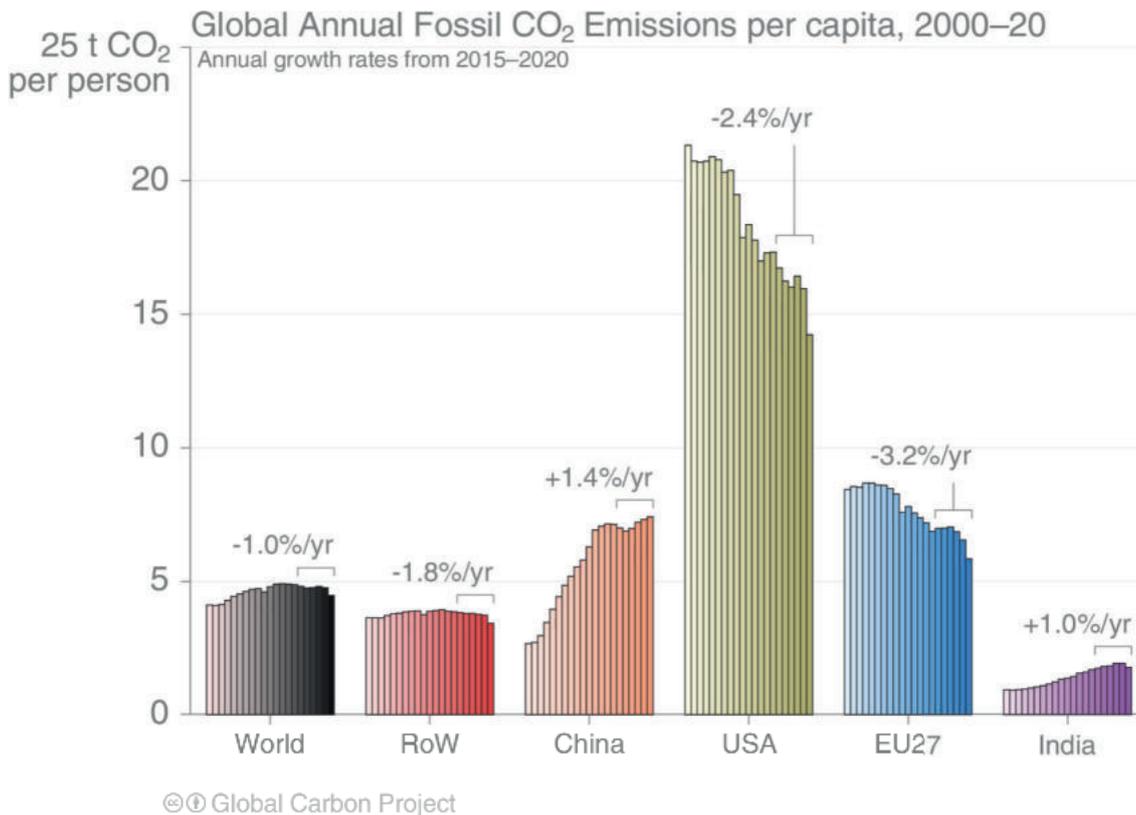


Figura 16. Emissioni di CO₂ pro-capite nell'ultimo ventennio.

Nel caso si pensasse che “il mondo sviluppato non agisce con efficacia nei confronti della crisi climatica” la Figura 16 presenta l’andamento delle emissioni pro-capite di anidride carbonica negli ultimi 20 anni.

Come si può vedere negli ultimi 5 anni a livello mondiale le emissioni pro-capite sono diminuite mediamente dell’1% l’anno, con il record della riduzione delle emissioni (pro-capite) realizzato dall’UE (-3,2%), ma risultati importanti sono stati raggiunti anche dagli USA (-2,7%). Si tratta di emissioni di paesi che sono in sostanziale equilibrio demografico. Sono invece in aumento le emissioni dei paesi in crescita demografica (India) o di altri in sostanziale equilibrio ma estremamente popolosi (Cina).

Quindi ci si può chiedere quale sia la ragione che porta la concentrazione di CO₂ in atmosfera a crescere. E’ necessario dividere il ragionamento in due parti.

La prima riguarda l’equilibrio globale della CO₂: esso si mantiene qualora le emissioni siano compensate (essenzialmente) dall’assorbimento oceanico e dalla fissazione nella fotosintesi clorofilliana (crescita della vegetazione). E’ evidente che questo equilibrio non c’è.

La seconda riguarda il fatto che le emissioni pro-capite devono essere moltiplicate per l’entità della popolazione. Un tema fondamentale per quanto riguarda il controllo, e il ristabilimento di un equilibrio della CO₂ atmosferica è legato all’esplosione demografica; nel 2022 il pianeta ha superato gli 8 miliardi di abitanti, le stime al 2050 prevedono 10 miliardi di abitanti e 11,2 miliardi al 2100 (stima media ONU), con l’aumento percentuale più significativo che riguarda il continente africano.

Il fatto incontestabile è che la diminuzione delle emissioni pro-capite non compensano l’aumento della popolazione, allo stato attuale.

Due informazioni a corredo piuttosto interessanti riguardano le componenti della riduzione dell’intensità energetica. Per i paesi OECD è disponibile il grafico di Figura 17, che mostra come la voce più importante nella riduzione dell’intensità energetica sia costituita dagli

interventi di incremento dell'efficienza (di conversione e di utilizzo), mentre la penetrazione delle rinnovabili rivesta un ruolo di secondo piano (anche se apprezzabile e significativo).

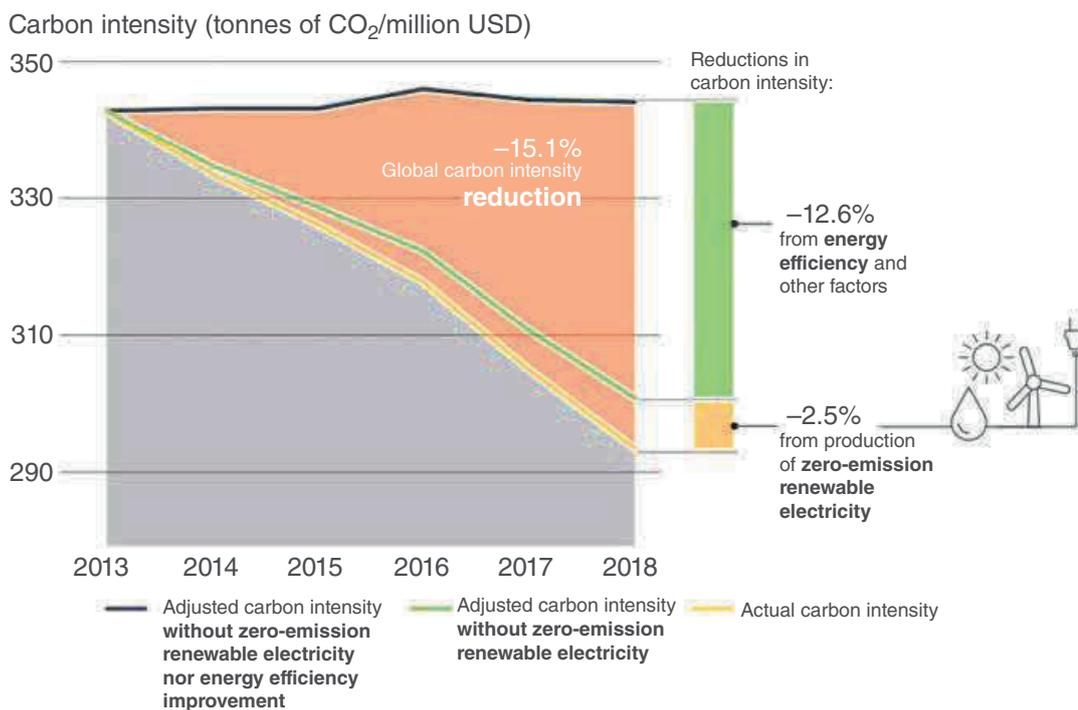


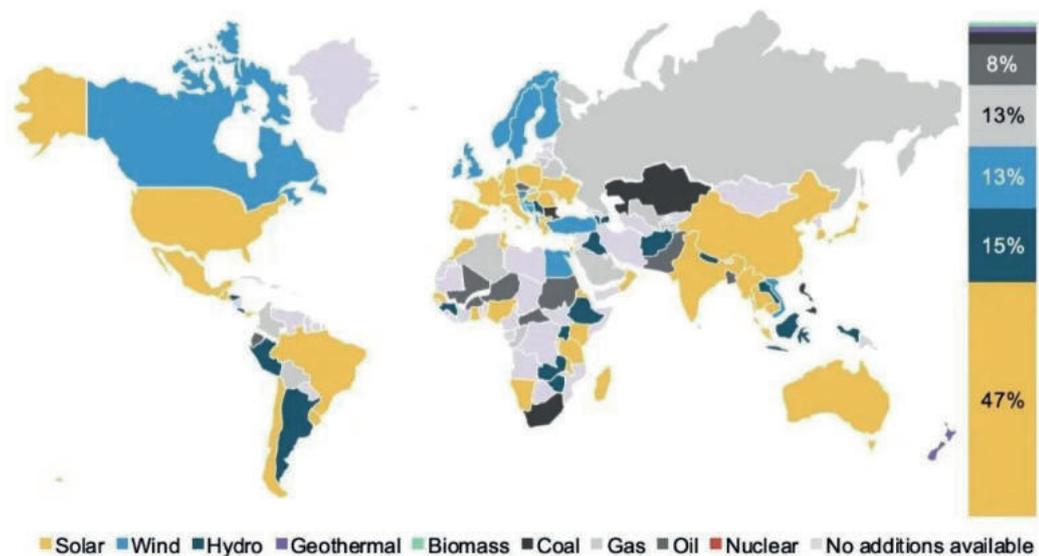
Figure 10.2 Reduction in global carbon intensity from energy efficiency. Source: REN21[3]/with permission of REN21.

Figura 17. Riduzione dell'intensità energetica.

Un secondo elemento rilevante è rappresentato in Figura 18, nella quale si apprezza per ciascun paese come la quota maggiore di nuova potenza elettrica installata sia quella da fonte rinnovabile, e quindi esente da emissioni dirette di CO₂. Come si può apprezzare il nucleare non è stato la scelta principale di nessun paese.

Renewables were the top choice for most countries in 2021

Most popular new power-generating technology installed in 2021 (by capacity)



Source: BloombergNEF. Note: Map colored by which technology was most installed in 2021 alone. Chart depicts the percentage of nations that installed the most MW of each technology. It is based on country-level data for 136 countries, but excludes countries that have not recorded any capacity additions. Solar includes small-scale PV.

Figura 18. Installazione di nuova potenza elettrica nel 2021 (per tipologia).

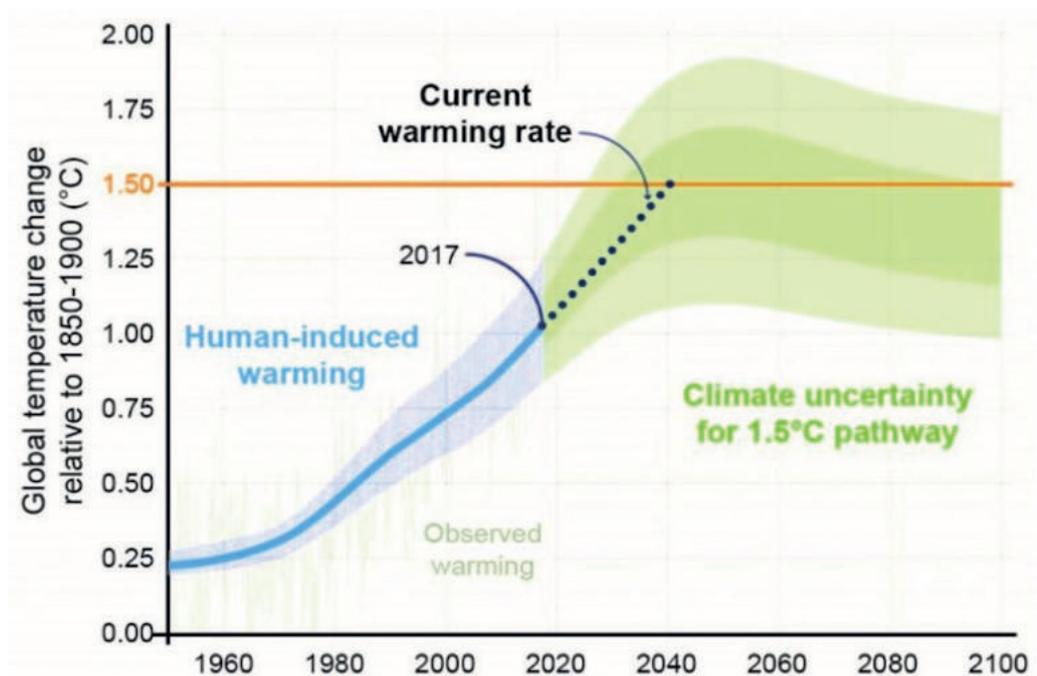


Figura 19. Proiezione climatica globale

Il quadro della proiezione climatica è raffigurato in Figura 19, che presenta una linea di tendenza della temperatura media globale che, allo stato attuale, intercederà la soglia di aumento di 1,5 °C rispetto all'epoca preindustriale nel 2040.

Nel 2019 la rivista Nature pubblica un articolo intitolato: "Amplification of future energy demand growth due to climate change" (amplificazione della crescita, non semplicemente della domanda), secondo questo testo al 2050 vi sarà un aumento del 58% della domanda energetica comprensiva di tutti gli ambiti (civile, industrial, trasporti) dovuta al cambiamento climatico.

E' necessario un cambiamento, coordinato, in tutti i paesi, per cui in riferimento alla realtà italiana e comunitaria vi sono due linee guida:

- PNIEC in Italia
- Fit for 55% a livello comunitario

Il cambiamento è necessario.

Alcune osservazioni di base sulla sostenibilità nello sviluppo dell'ambiente costruito

La superficie abitativa del pianeta raddoppierà al 2060, è questo un primo dato fondamentale per comprendere il tema della progettazione della sostenibilità. La Figura 20 presenta lo scenario, per step temporali, dell'aumento della superficie calpestabile (abitabile: residenze, luoghi di lavoro, luoghi di aggregazione). Come si può vedere gli aumenti meno significativi riguardano Europa, USA, Cina, America meridionale, mentre aumenti decisamente più significativi coinvolgeranno Africa e India. La linea tratteggiata in rosso divide simbolicamente il *nord* "global north" dal *sud* "global south".

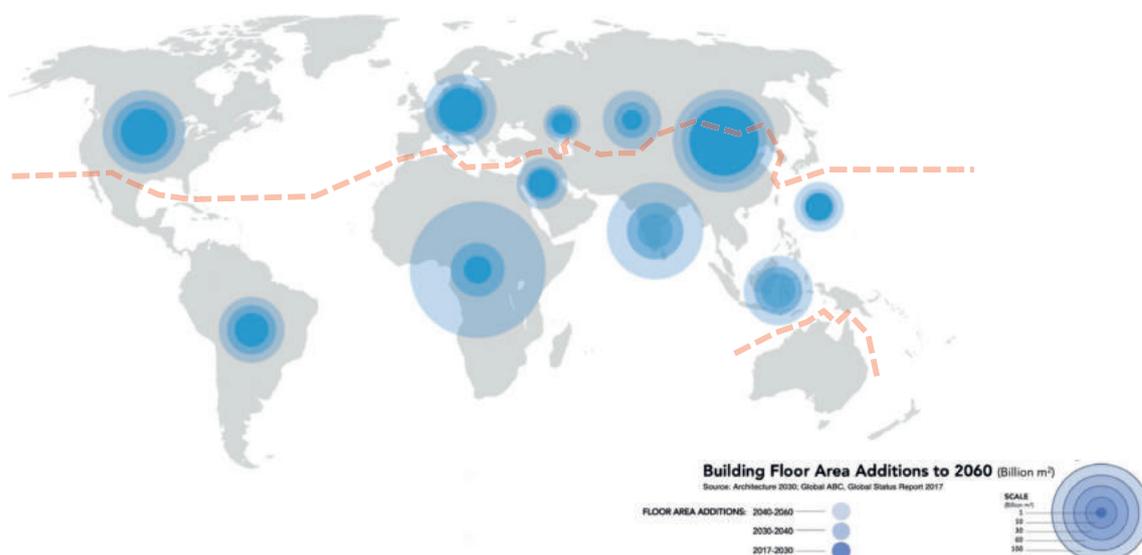


Figura 20. Proiezione dell'aumento della superficie calpestabile degli edifici

La Figura 21 mostra invece quali siano le componenti dello sviluppo attualmente responsabili delle emissioni [11]; è opportuno soffermarsi sui consumi degli edifici (percentuali in rosso); attualmente a livello globale il 28% delle emissioni è responsabilità

del funzionamento degli edifici (climatizzazione, illuminazione) ma non è trascurabile l'11% che rappresenta la CO₂ emessa attraverso la produzione dei materiali da costruzione e il processo stesso di costruzione. Si tratta di quella che viene comunemente definita "embodied energy", ovvero l'energia "incarnata" nell'edificio, alla quale faremo più specificamente riferimento nel prosieguo della trattazione.

Considerando pari a 100 l'emissione di anidride carbonica legata agli edifici, quasi il 30% è legata ai materiali e alla costruzione. Non si tratta di una quota trascurabile, come semplicisticamente e molto spesso si è indotti a pensare, assumendo che l'edificio abbia un impatto sulle emissioni di CO₂ soltanto durante il suo funzionamento/gestione.

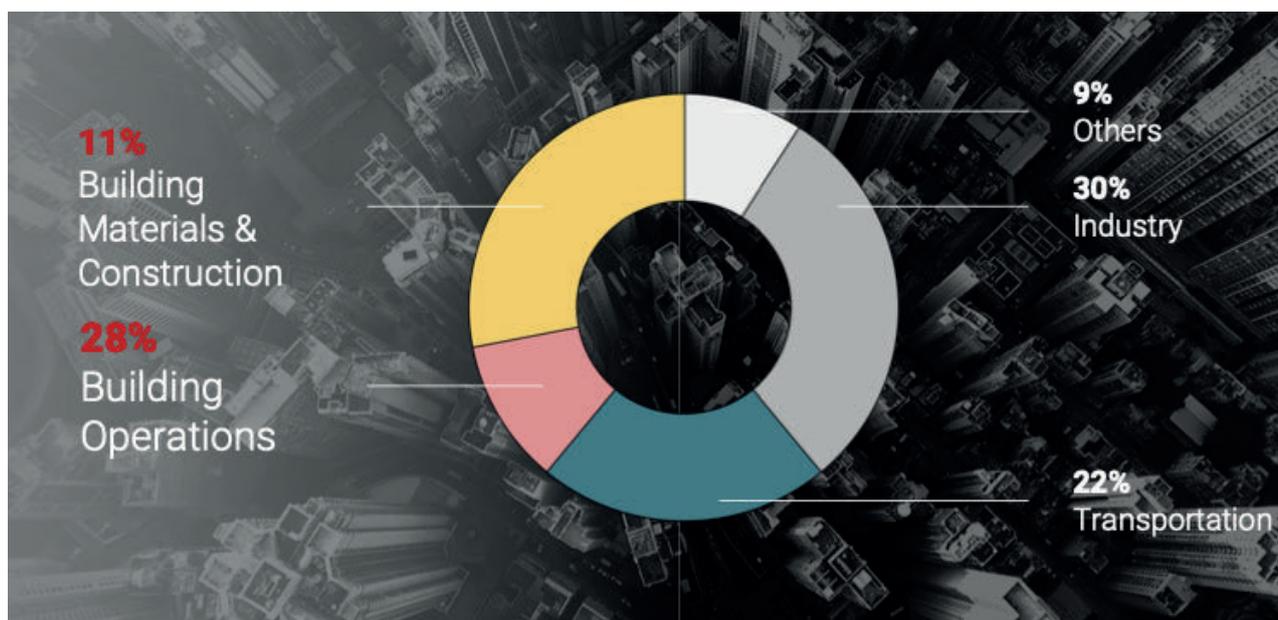


Figura 21. Peso specifico delle diverse componenti delle emissioni climalteranti

L'obiettivo di riduzione delle emissioni legate agli edifici: un bersaglio mobile

La riduzione delle emissioni negli edifici passa attraverso:

- Riduzione delle emissioni legate al processo edilizio (costruzione ma non solo, anche dismissione, riutilizzo)
- Riduzione delle emissioni legate al funzionamento dell'edificio

Inquadrare e pesare questi due aspetti non strettamente interconnessi non è un procedimento semplice, poiché se il processo edilizio è legato a tecniche costruttive e a disponibilità di materiali che variano di paese in paese, anche il funzionamento dell'edificio è legato alle fonti e ai vettori energetici caratteristici di ciascun paese, e i diversi sistemi energetici nazionali hanno diversi impatti in termini di CO₂ emessa.

Una valutazione preliminare dell'impatto ambientale della produzione di energia elettrica si può trovare facilmente in rete [12], e se restringiamo il campo di analisi alla sola comunità europea possiamo apprezzare la situazione in Figura 22. Dall'app o dal sito la mappa è "navigabile" e interattiva, fornisce le informazioni numeriche di dettaglio (relative alla produzione o al consumo, prendendo in esame quindi anche l'efficienza di trasporto e distribuzione). Sono apprezzabili e quantificati anche i flussi tra le diverse porzioni di rete elettrica, internamente ai paesi e transfrontaliere tra i paesi. Sono riportate anche alcune

informazioni relative al mix produttivo dei diversi sistemi; la mappa è “navigabile” anche nel tempo (naturalmente all’indietro), all’interno di una giornata precisa (ora per ora) e all’interno dei mesi e degli anni (fino a 5 anni).

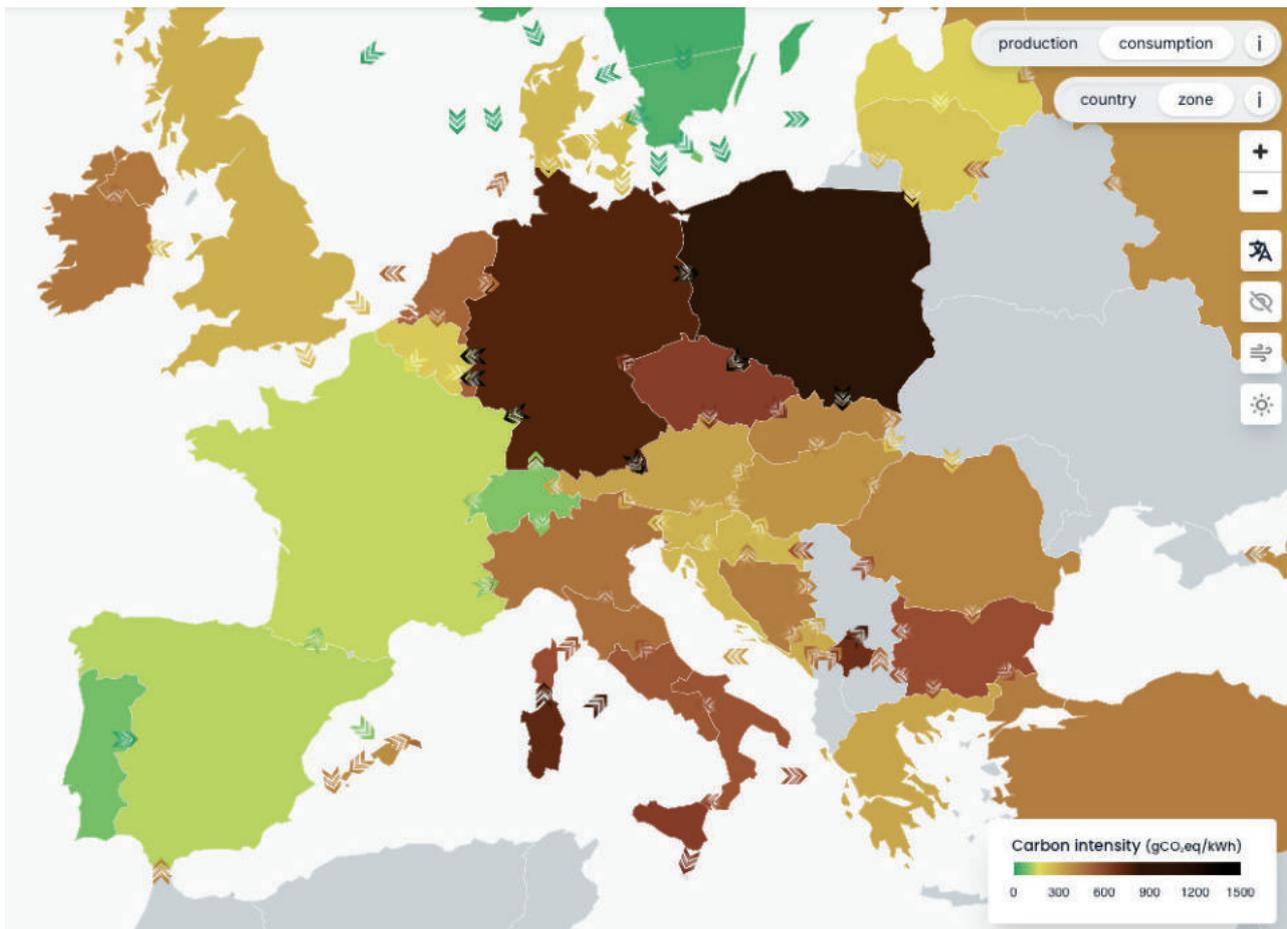


Figura 22. Emissioni di CO2 legate alla produzione elettrica (26 gennaio 2023 ore 10).

L’obiettivo è quindi un bersaglio mobile, nello spazio e nel tempo. Volendo approfondire l’analisi si riporteranno alcuni esempi.

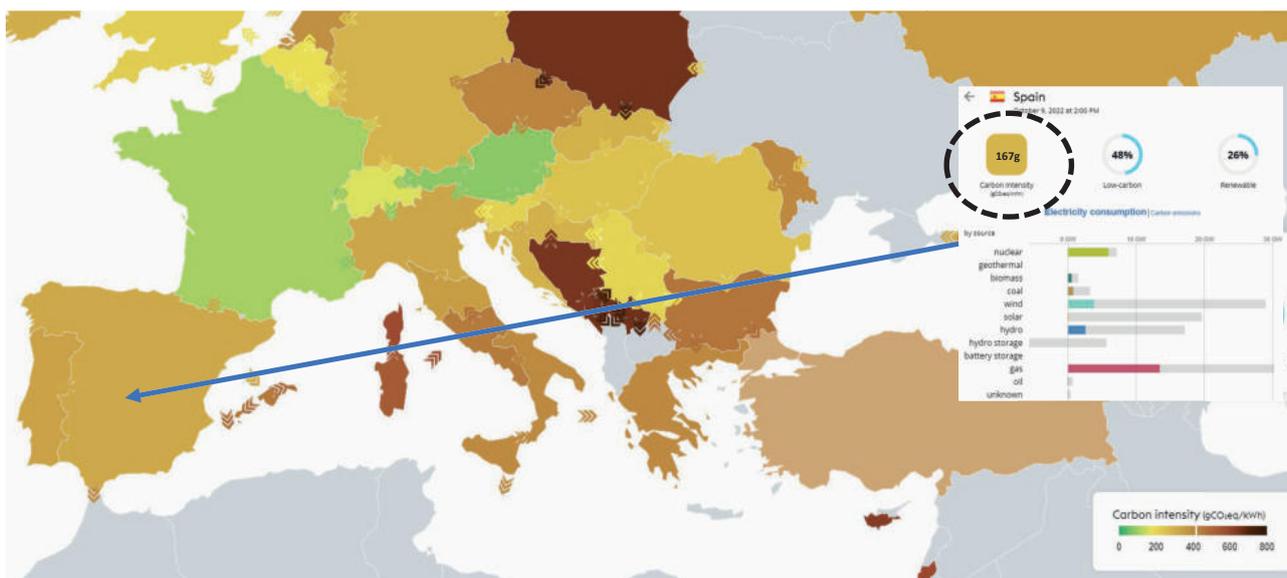


Figura 23. Carbon intensity per la Spagna (8 ottobre 2022 ore 14).

La Figura 23 mostra ad esempio la situazione in Spagna l'8 ottobre 2022 (quella in Figura 24 l'analogo per la Turchia), si noti ad esempio come il colore è cambiato rispetto a quello di Figura 22, perché diversi sono gli istanti di tempo considerati.

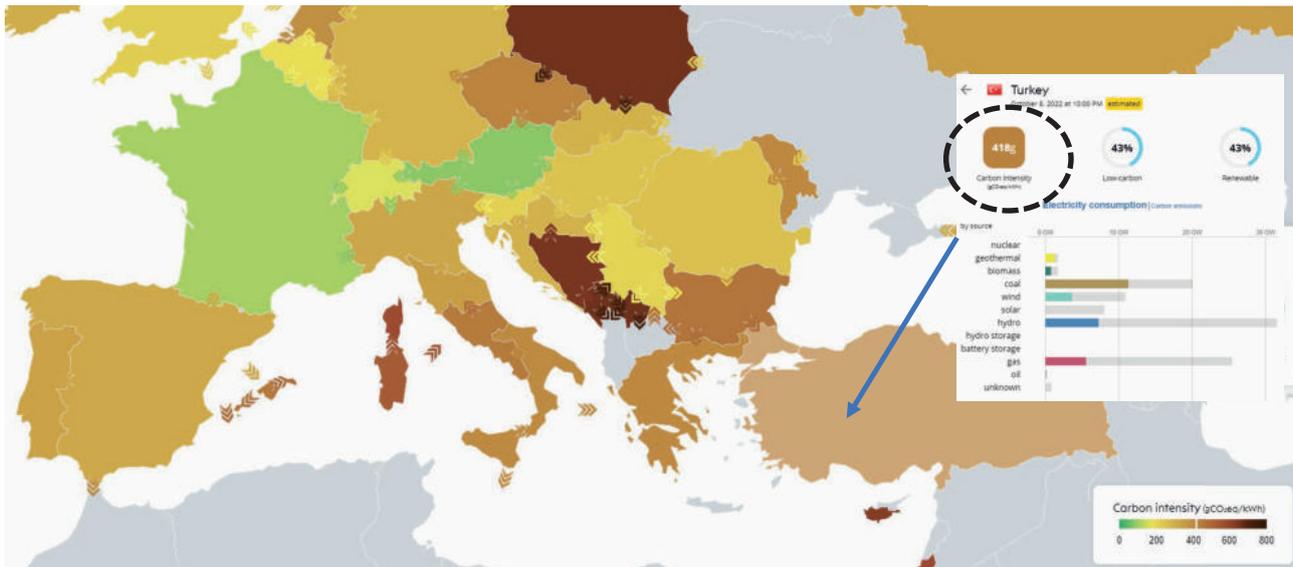


Figura 24. Carbon intensity per la Turchia (8 ottobre 2022 ore 14).

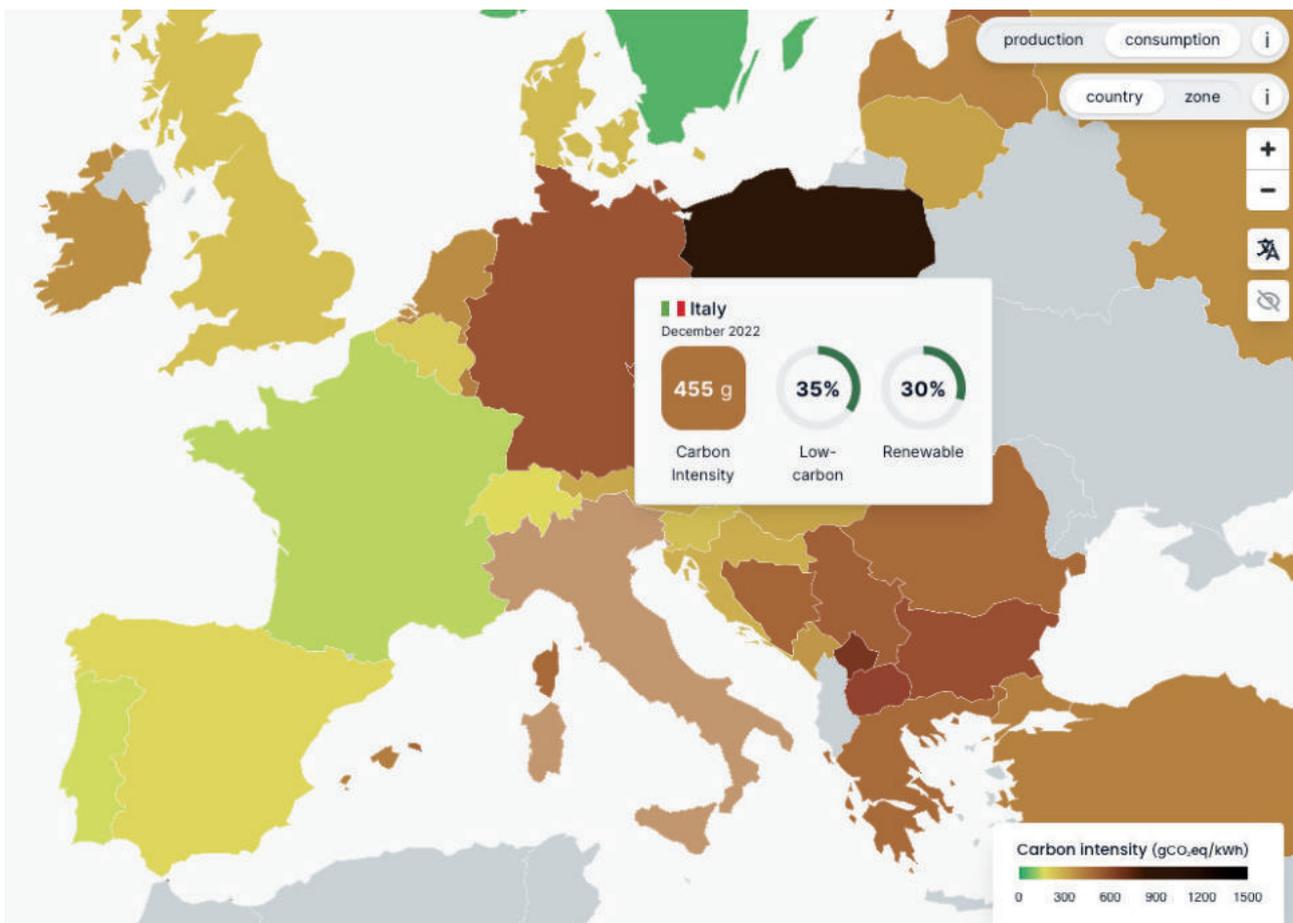


Figura 25. Carbon intensity per l'Italia (2022).

La Figura 25 riporta la situazione complessiva per l'anno 2022, anche in questo caso i colori sono diversi.

Qual è lo scenario corretto da considerare? E' uno scenario che varia nel tempo. Poiché lo scenario varia nel tempo non è completamente corretto nemmeno considerare la media annuale, sarebbe più corretto adottare un modello mobile?

O forse l'approccio più intelligente sarebbe quello di rendere "mobile" anche il comportamento energetico dell'edificio, facendo uso di intelligenza artificiale? Si tratta di stimoli interessanti, e per la verità alcuni approcci (anche parziali) a questo tipo di problema sono incarnati dai cosiddetti "sistemi ibridi a pompa di calore" per il riscaldamento, ai sistemi di accumulo e interfaccia con la rete elettrica. A questo proposito un ruolo determinante sarà quello dell'interazione impianto-rete per gestire il "traffico" elettrico a livello di produzione e distribuzione locale, per adattarsi nella maniera più intelligente ed efficiente possibile alle fonti non programmabili (come alcune rinnovabili).

Questo tipo di analisi ci porta a riconsiderare il ruolo dell'efficienza energetica dell'edificio, che non è particolarmente significativa se non viene legata al contesto del sistema energetico del paese in cui l'edificio insiste.

Si consideri ad esempio un edificio commerciale medio, del consumo di circa 225 kWh/(m² anno) di energia primaria. La Figura 26 illustra la composizione dell'impatto in termini di CO₂ confrontando l'inserimento del medesimo edificio nella rete "media" mondiale e in una rete "più pulita" come ad esempio quella spagnola.

Il colore verde si riferisce alle emissioni generate dall'esercizio dell'edificio, il colore blu alla "embodied carbon" del processo costruttivo delle opere civili, l'arancione alla "embodied carbon" della costruzione impiantistica (MEP sta per Mechanical, Electrical, Plumbing), e il grigio alla CO₂ associata ai refrigeranti contenuti negli impianti di climatizzazione.

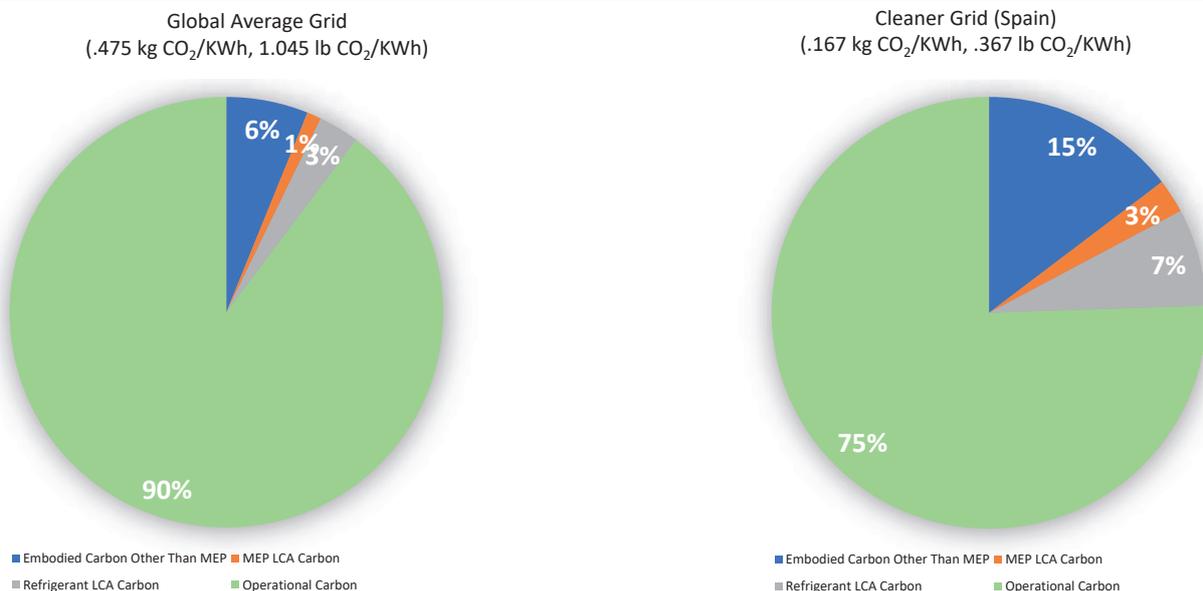


Figura 26. Emissioni di CO₂ per edificio commerciale medio esistente (225 kWh/(m² anno)), anno 2022.

La Figura 27 presenta le stesse valutazioni per un edificio ad alta efficienza (100 kWh/(m² anno) di energia primaria). Si nota come le proporzioni dei diversi impatti cambiano sensibilmente.

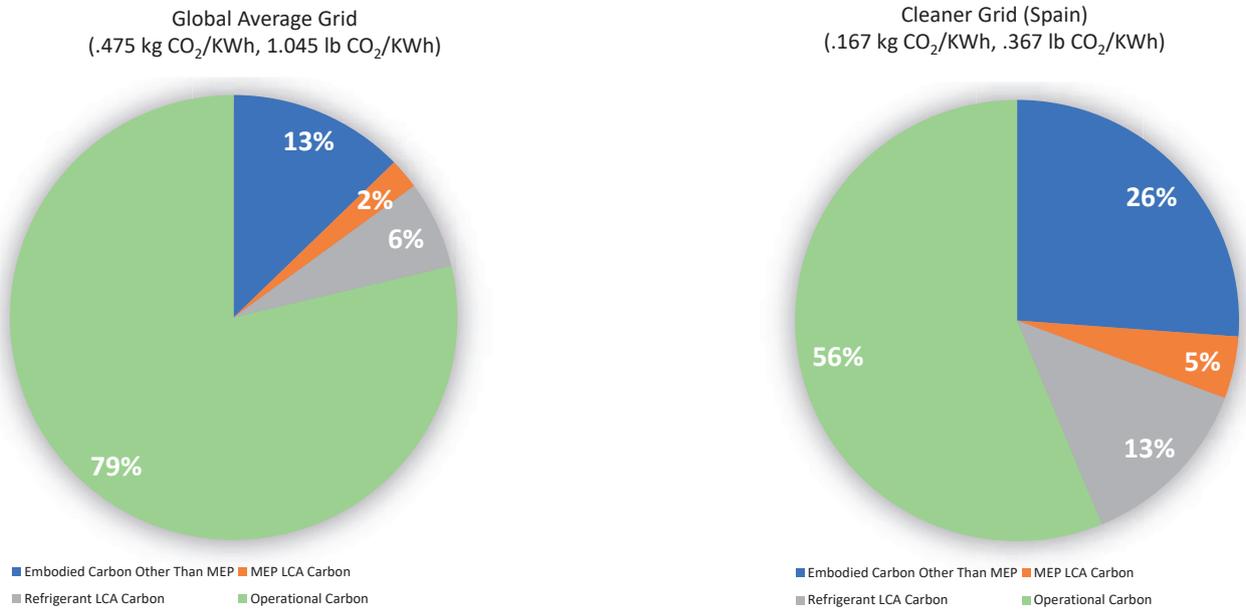


Figura 27. Emissioni di CO2 per edificio commerciale a basso consumo (100 kWh/(m² anno)), anno 2022.

Queste considerazioni sono valide in un lasso di tempo nell'intorno del presente, ma l'analisi deve considerare anche l'impatto delle rinnovabili (ulteriori 70 GW di potenza da installare solo in Italia entro il 2035), pertanto le figure precedenti vengono riproposte considerando l'aumento della potenza rinnovabile prevista dal programma europeo "Fit for 55", rispettivamente nella Figura 28 e Figura 29.

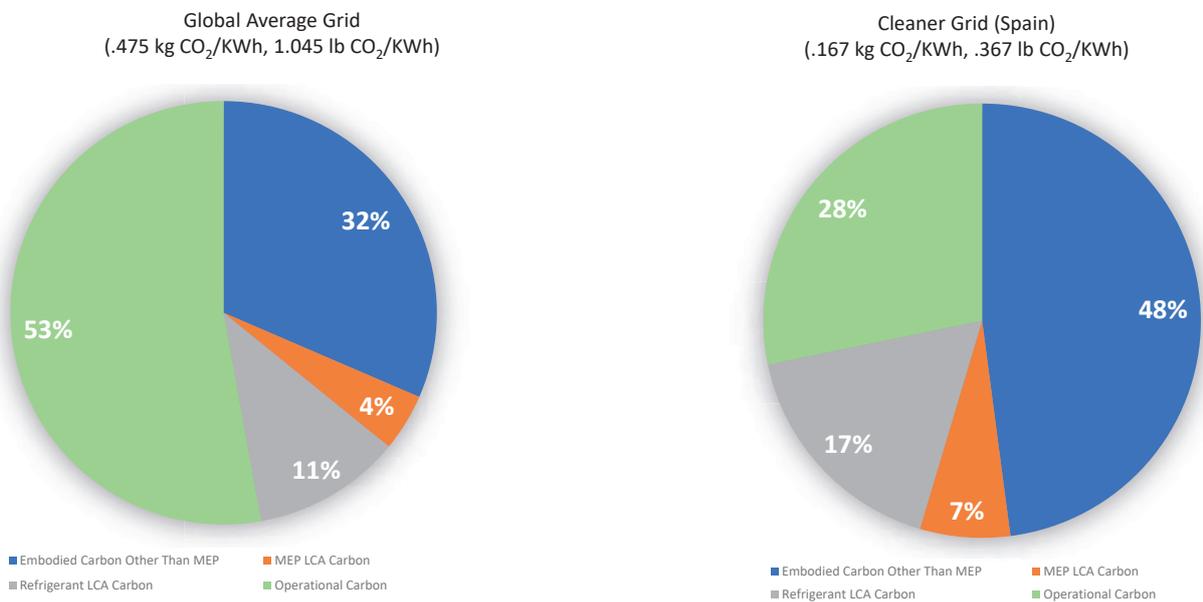


Figura 28. Emissioni di CO2 per edificio commerciale medio esistente (225 kWh/(m² anno)), proiezione al 2035.

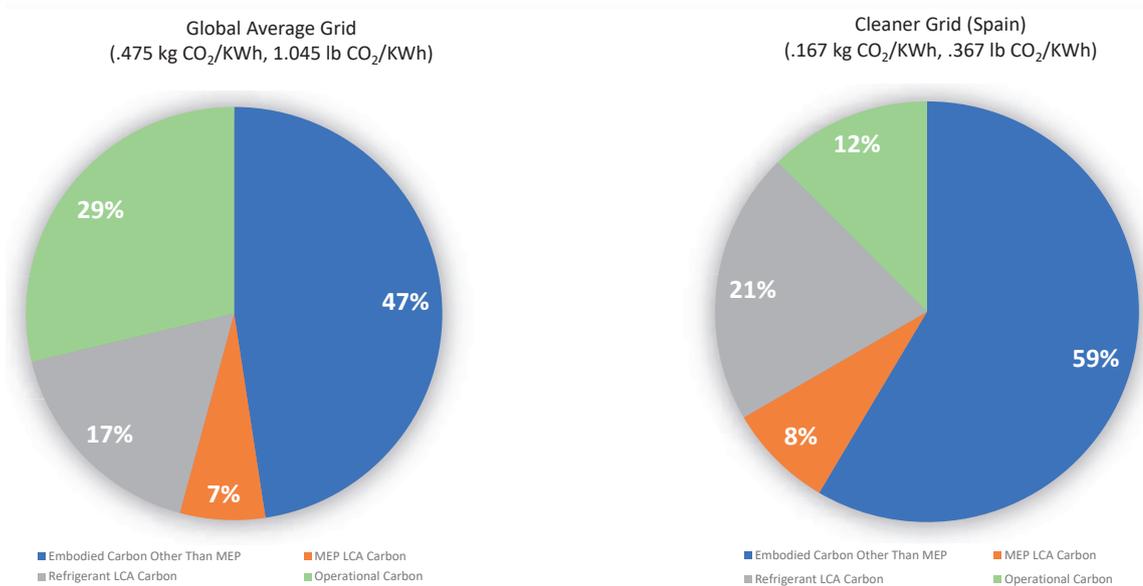


Figura 29. Emissioni di CO2 per edificio commerciale a basso consumo (100 kWh/(m² anno)), proiezione al 2035.

I commenti e i confronti numerici a questo punto potrebbero moltiplicarsi a dismisura, tuttavia è necessario constatare che l'aumento di efficienza degli edifici e delle reti ha un enorme impatto sulla composizione del paniere di emissioni di anidride carbonica legate alle costruzioni. A fortiori l'aumento della penetrazione delle rinnovabili porterà a considerare con sempre maggior attenzione la "embodied carbon" legata al processo costruttivo, che in uno scenario di rete ad alta efficienza, al 2035 e per edifici a basso consumo, potrebbe costituire quasi i 2/3 dell'impatto climalterante totale dell'edificio, un cambiamento drastico se confrontato con il misero 6% che la stessa componente rappresenta per un edificio medio attuale inserito in una rete con scarsa penetrazione di rinnovabili.

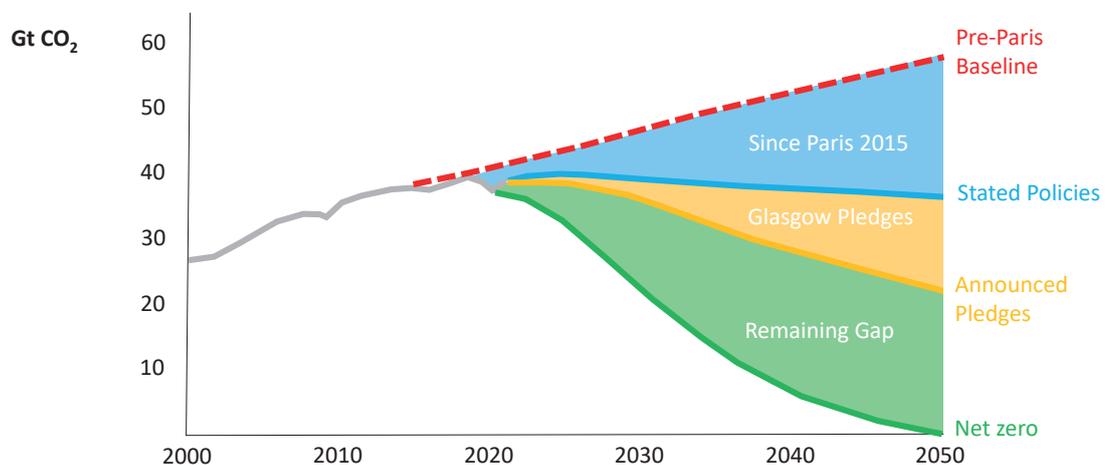


Figura 30. Evoluzione delle strategie di decarbonizzazione (per la fase di esercizio).

In Figura 30 si riporta l'evoluzione progressiva delle strategie di decarbonizzazione implementate. Oggi siamo sulla linea azzurra "stated policies", il programma è quello di arrivare al "net zero" al 2050, naturalmente per la sola fase di esercizio.

Si tratta del passaggio che è stato compiuto a partire dal 2015 dalla prospettiva di “net zero ENERGY”, ovvero edificio a consumo netto zero (o quasi zero) che bilancia produzione e consumo, alla prospettiva di “net zero EMISSION”, cioè edificio a emissioni zero (o quasi zero) a livello di rete. Non solo quindi bilanciamento di consumi, ma anche di emissioni tra quelle prodotte e quelle evitate. Si tratta sempre e comunque di riferimento alla fase di esercizio, che come è stato visto è destinata in ogni caso ad avere un peso via via decrescente all’interno del parco edilizio e delle nuove costruzioni.

Cosa significa “cambio di paradigma”

Il cambio di paradigma consiste nel cambiare il modello interpretativo che è stato finora utilizzato per nell’approccio al sistema edilizio. Come è stato ampiamente suggerito dalle immagini e dai ragionamenti del paragrafo precedente questo cambiamento che è necessario introdurre nei ragionamenti, nella progettazione e nella gestione degli edifici deve tener conto del cambiamento dei sistemi energetici che sottolineerà con sempre maggiore evidenza il ruolo di materiali e tecniche costruttive.

La norma EN 15978 [13] descrive le metodologie di calcolo per la determinazione della prestazione ambientale degli edifici, il cui schema è riportato in Figura 31; lo schema si riferisce alle fasi di:

- Produzione dei materiali (risorse di materie prime, processo produttivo, trasporto)
- Costruzione (procedimento)
- Utilizzo dell’edificio (funzionamento, manutenzione, riqualificazione, mantenimento)
- Dismissione (demolizione, trasporto, gestione dei rifiuti)



Figura 31. Schema UNI EN 15978.

Questo primo step di cambiamento allarga l’obiettivo dalla semplice fase di utilizzo dell’edificio a tutte le fasi che compongono la sua vita, e costituisce nella terminologia classica l’approccio LCA (Valutazione del Ciclo di Vita) nella classica versione “dalla culla alla tomba”, ma proprio negli anni dal 2015 si è fatta strada una visione ancor più completa e prospettica del problema, che abbracciando i temi dell’economia circolare diventa “dalla culla alla culla”, come rappresentato in Figura 32. Oltre il ciclo di vita dell’edificio si aprono i temi del riutilizzo, del riuso e del riciclaggio dei componenti del

processo. Si tratta al momento della visione più completa che si può dare del concetto di “sostenibilità”, ossia la continuità che punta a ridurre al minimo la “spazzatura”, un po’ come per la raccolta differenziata in ambito domestico e urbano.



Figura 32. La prospettiva circolare del processo edilizio.

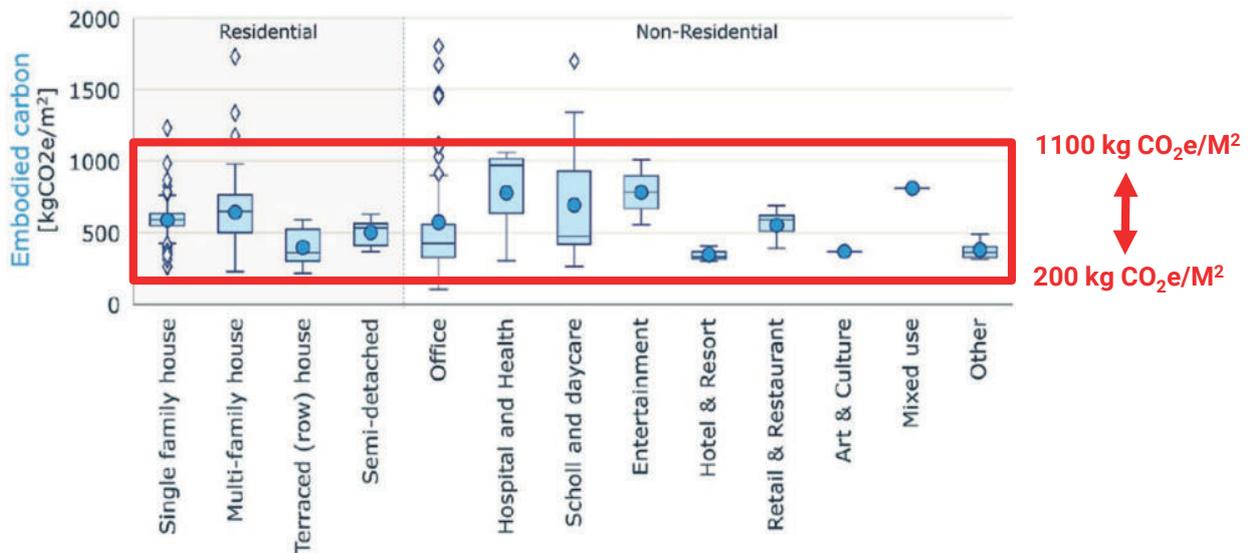


Figura 33. Riferimenti dell'embodied carbon per varie tipologie edilizie.

Ricordando il tema dell'embodied carbon, è possibile riportare dei valori indicativi di riferimento per le varie tipologie edilizie, in Figura 33. Deve essere un punto di partenza per regolare qualsiasi valutazione, su scala urbana e territoriale, di quello che è l'impatto energetico “fisso” della costruzione, che è necessario ridurre anche attraverso la maggior considerazione dell'ultimo step della valutazione del ciclo di vita, che è proprio che vuole essere messa in atto dai concetti e dagli approcci dell'economia circolare.

Il cambio di paradigma è proprio il passaggio dal concetto semplice di “energia zero” a quello di “ciclo di vita ad emissioni zero”, raffigurato in Figura 34.



Figura 34. La sintesi del cambio di paradigma.

Non solo CO₂

Sostenibilità in edilizia è in primis riduzione delle emissioni di gas climalteranti, ma non solo. E' necessario anche richiamare l'attenzione su altre emissioni, come quelle di NO_x (legate alle combustioni). Come ricorda la Figura 35, le emissioni di ossidi di azoto si combinano con l'ossigeno atmosferico e con i composti organici volatili (VOC), dando origine all'ozono, che pur con la sua funzione benefica di filtro per la dannosa radiazione ultravioletta (quindi positiva la sua presenza in quota), è in realtà dannoso per la salute umana quando viene respirato.

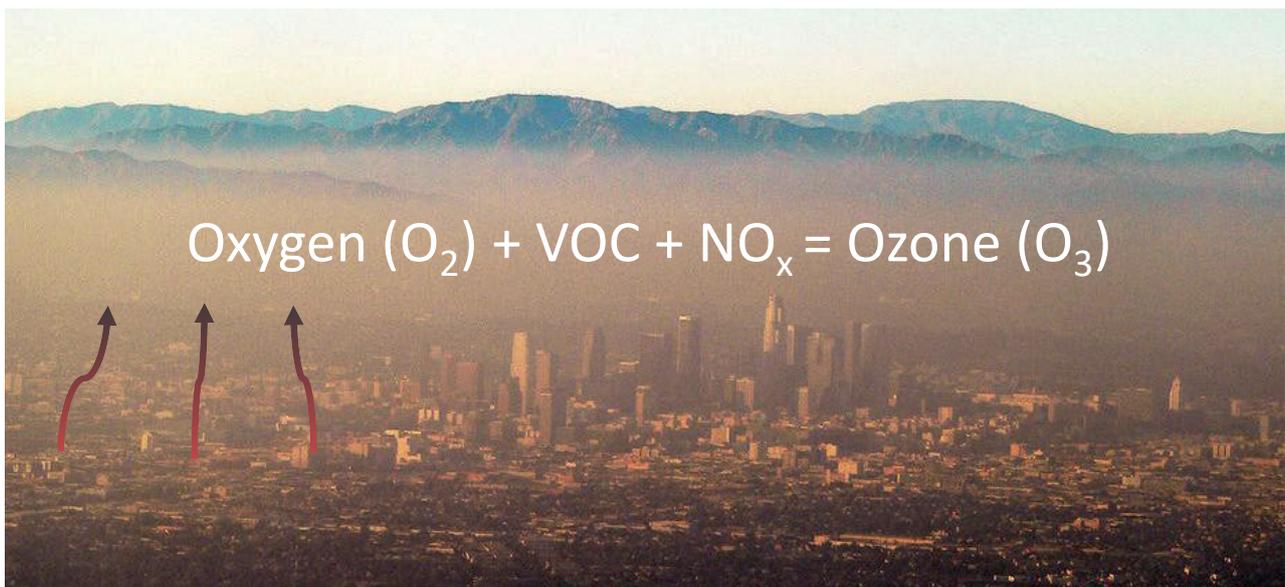


Figura 35. Produzione di Ozono a livello urbano.

Un altro aspetto da non dimenticare è quello relativo all'eutrofizzazione dei mari causata dai reflui di prodotti di sintesi agricoli e della zootecnica, rappresentato in Figura 36 (golfo del Messico). Eutrofizzazione che contribuisce all'ipossia di alcuni tratti di mare, non solo in prossimità delle coste, poiché il fenomeno è diffuso dalle correnti marine superficiali (Figura 37).

Un passo "green" decisamente importante in questo senso è il rispetto della vegetazione (urbana e agricola), che deve essere aumentato grazie a tecniche agricole e zootecniche rispettose delle vite, delle risorse, e degli elementi terra, acqua, aria.

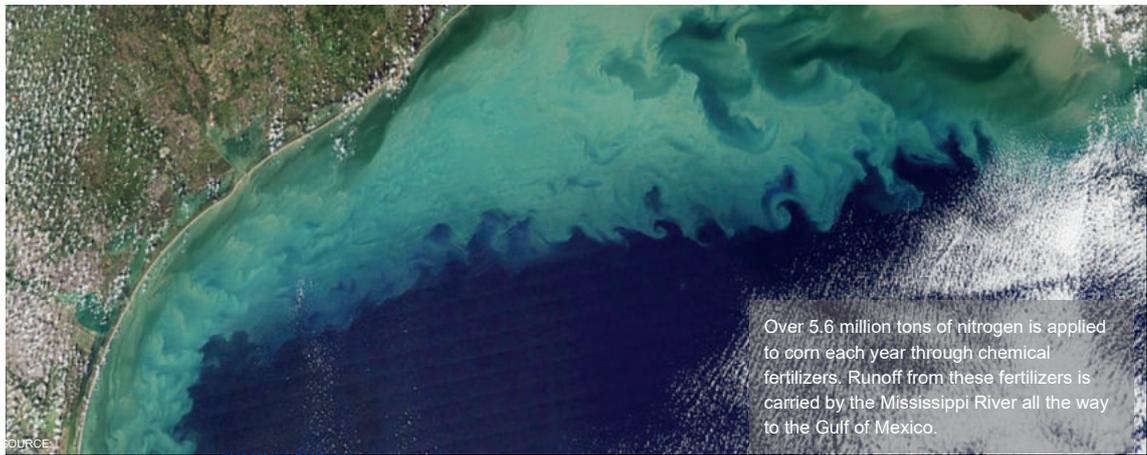


Figura 36. Eutrofizzazione del golfo del Messico.

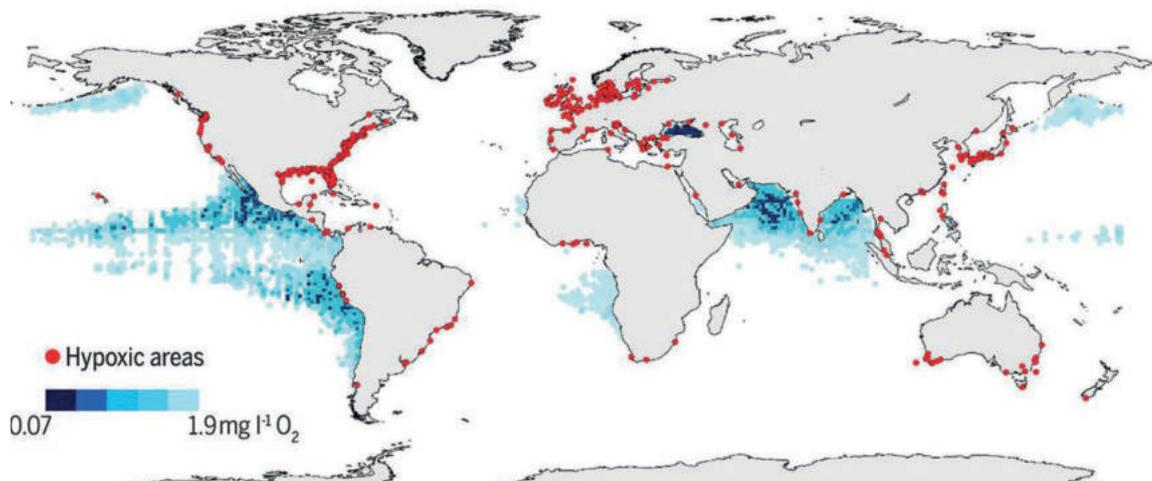


Figura 37. Aree ipossiche dei mari mondiali.

Cambiano anche le esigenze degli ambienti confinati

Non va dimenticato che le esigenze energetiche della vita cambiano nel corso degli anni. In 10 anni il numero di apparecchi connessi alla rete (e alimentati, o ricaricabili) è cresciuto da 2 miliardi a 17 miliardi.

I telefoni cellulari in 20 anni sono passati a 1 miliardo a 7 miliardi, nel 2005 con batterie da 800 mAh a 3,7 Volt, nel 2022 con batterie da 4000 mAh (stessa tensione). Considerato lo stesso numero di ricariche, l'energia necessaria per alimentarli è cresciuta di 35 volte. Così come cambia la tecnologia (non solo per telefoni, ma per tutte le apparecchiature), cambiano anche le esigenze impiantistiche degli edifici. Un'importante considerazione riguarda le esigenze di ventilazione degli spazi, di ricambio e filtrazione dell'aria, per controllare e rendere più confortevoli le case e più produttivi gli ambienti di lavoro. La recente pandemia di SARS-CoV-2 ha fatto emergere in maniera ancor più determinante queste nuove esigenze, poiché si è imparato (e dolorosamente, ahimè) che la ventilazione è non solo comfort, ma anche sicurezza. se abbiamo diritto ad acqua potabile, dobbiamo avere anche diritto a respirare aria sana. Ogni giorno ingeriamo 2 litri di acqua (controllata),

1 kg di cibo (controllato da standard di sicurezza alimentare) e respiriamo 15 kg di aria, per la quale dovrebbero valere standard di igiene e sicurezza. La realizzazione di impianti di ventilazione (in molti casi obbligatori per legge) richiede risorse, e il loro esercizio dà origine a consumi da un lato, e a risparmi energetici anche maggiori dall'altro; inoltre consente di realizzare edifici più sani e sicuri, parallelamente a quanto accade per la sicurezza statica. E' imperativo categorico conciliare nella progettazione con obiettivo "net zero whole life carbon" anche questi nuovi aspetti impiantistici.

Conclusioni

Il cambio di paradigma relativo all'approccio al mondo dell'edilizia e dell'ambiente costruito è un tema inderogabile. E' necessario per la conservazione della vita, della salute, dello sviluppo.

Architettura, ingegneria, pianificazione territoriale non si possono esimere da considerazioni sul ciclo di vita e sull'economia circolare.

Tutto questo va studiato e attuato in un contesto "mobile", in cui sempre di più le nuove tecnologie e l'intelligenza artificiale dovranno penetrare, ma non potranno mai sostituire le concezioni e il pensiero dell'uomo, che resta l'unica guida al cambiamento.

Bibliografia

- [1]. Segrè A., 2022, *D(i)ritto al cibo. Spreco, dintorni, contorni e...canzoni*, Scienza Express.
- [2]. Cavallini A., Mattarolo L., 1990, *Termodinamica Applicata*, Cleup Padova.
- [3]. Prigogine I., 1990, *Termodinamica*, Istituto Piaget.
- [4]. Rampini F., 2022, *Il lungo inverno*, Mondadori.
- [5]. UNI EN ISO 15927-4:2005 "*Hygrothermal performance of buildings - Calculation and presentation of climatic data - Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling*".
- [6]. Wikipedia. 2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Köppen_climate_classification
- [7]. Behringer W., 2013, *Storia culturale del clima*, Bollati Boringhieri
- [8]. IPCC. 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- [9]. Macchi E., 2022, *Idrogeno e fuel cells: tecnologie promettenti per il futuro*, Convegno nazionale AiCARR Bari.
- [10]. <https://www.ourworldindata.org>
- [11]. Leung L., 2022, *ASHRAE Global HVAC&R Summit*, Istanbul.
- [12]. <https://app.electricitymaps.com/>
- [13]. UNI EN 15978:2011 Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione della prestazione ambientale degli edifici - Metodo di calcolo



FILIPPO BUSATO

Nato a Vicenza il 20 novembre 1976, ingegnere gestionale e dottore di ricerca in Fisica Tecnica presso l'Università degli Studi di Padova.

Laureato "in lire", ma figlio della generazione "Erasmus".

Professore associato di Fisica Tecnica (ING/IND-10) presso l'Università Telematica Mercatorum di Roma, libero professionista nello studio 3f-engineering e come direttore tecnico di Econ Energy srl società del Gruppo Contec Ingegneria, ESCO ai sensi della 11352. Mi occupo di progettazione termotecnica, simulazione termoenergetica dinamica, consulenza energetica, acustica applicata.

Lavoro per l'energia sostenibile, come professionista e formatore, ponendo la mia forma mentis di ingegnere gestionale a servizio dell'energia e del benessere.

Sono presidente AiCARR (Associazione italiana Condizionamento dell'Aria Riscaldamento e Refrigerazione) per il triennio 2020-2023.

Consigliere dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Vicenza dal 2013 al 2022.

Accademia

Docente di ruolo nei corsi di Fisica Tecnica per il CdL di Ingegneria civile trasporti e design del prodotto e della moda.

Docente al Master universitario di primo livello "Gestione strategica del patrimonio immobiliare" dell'Università La Sapienza di Roma.

Docente al Master MATES in "Renewable Energy" dell'Università degli Studi di Padova e ENSTP (Ecole National Supérieure Travaux Publique) di Yaounde – Cameroun.

Autore di oltre 100 pubblicazioni scientifiche in riviste e atti di convegni nazionali e internazionali, e di 3 monografie, sui temi dell'impiantistica termotecnica, dell'energia e dell'analisi economica per l'energia.

Guest editor per Applied Sciences.

Professione

Progettazione impiantistica termotecnica e acustica.

Consulenza energetica industriale

Consulenza per l'incentivazione finanziaria e fiscale dell'efficienza energetica.

Premi e riconoscimenti

Vincitore del concorso Impianti premiati nel 2007

Vincitore del Premio Sanguineti nel 2010

Chairman di conferenze internazionali dal 2011

LE COMUNITÀ COME SOGGETTI CONSAPEVOLI NELLA GESTIONE ENERGETICA DEI BENI DELLE PARROCCHIE

Arch. Francesca Leto

Abstract:

La comunità parrocchiale, definita “soggetto comunitario ecologico”, soggetto collettivo di cultura, ha il compito di prendersi cura del creato, conscia che si tratta anche di un atto culturale; coltivare è anche rendere culto, servire, abbellire, ornare, trattare con riguardo e lavorare. Azioni, queste, che sono etiche ed estetiche. Non va perseguita una diversa gestione energetica dei beni con il fine esclusivo del risparmio economico, che guarda quindi esclusivamente al principio del possesso, ma va attuata una progettazione che si inserisce in una visione più ampia, quella dell'uso responsabile delle risorse secondo il principio della custodia e cura della casa comune, cioè la creazione. Il principio guida della gestione energetica dei beni comuni chiede dunque un approccio ecologico: che comprende che la terra stessa sia la possibilità dell'incontro tra umano e divino. Va ancora oltre la prospettiva della teologia ortodossa che ci mostra come la questione cruciale per la sopravvivenza del mondo risiede nell'atto della sua comunione con Dio come totalmente altro rispetto al mondo. La terra, quindi, sopravvive se l'uomo è capace di metterla in relazione con Dio. Il senso di comunità parrocchiale fiorisce soprattutto dalla celebrazione eucaristica, dal rendere grazie e per il soggetto comunitario ecologico, vi sarà anche un *ethos eucaristico*, come modalità etica di rendere grazie. La responsabilità compartecipativa ai beni della terra dunque ha la sua fonte nella partecipazione liturgica, luogo comunione per eccellenza. L'agire ecologico comporterà delle spese maggiori sul breve termine, ma avrà una ricaduta di contenimento del consumo energetico e di conseguenza delle spese sul lungo termine. Il principio che lo governa è quello che vede l'altro, che ancora non conosco e che verrà dopo di me, come mio prossimo di cui mi prendo cura fin d'ora, prendendomi cura della casa comune.

Abbandonato ogni criterio egoistico di accumulo e di immediatezza, seguendo criteri etici ed estetici, il progetto di gestione energetica avrà come fini: un'attenzione speciale ai luoghi di culto che sono molto spesso beni culturali soggetti a tutela; un concreto risparmio di risorse primarie; una ridotta emissione di inquinanti; un risparmio sulla spesa e un determinato recupero dell'investimento iniziale.

Questo necessita una sinergia tra progettazione architettonica e specialistica, una conoscenza delle tecniche e dei materiali disponibili, l'utilizzo di fonti possibilmente rinnovabili nella sua totalità, una relazione interattiva tra costi realizzativi e abbattimento di gestione che deve avere un orizzonte di massima ottimizzazione in un tempo coerente.

«In ascolto dello Spirito, che ci aiuta a riconoscere comunitariamente i segni dei tempi»,¹ quindi come «soggetto comunitario»,² iniziamo a prenderci cura della casa comune,³ che, in questo specifico caso sono i complessi parrocchiali, secondo un nuovo approccio. Riprendendo una felice espressione di Sandonà, la comunità parrocchiale, soggetto comunitario, si trasformerà quindi in «soggetto comunitario ecologico»,⁴ un soggetto che sa custodire e prendersi cura dei beni che le sono affidati secondo una più ampia prospettiva di custodia del creato. Il soggetto comunitario non è semplicemente la somma degli individui che compongono la comunità parrocchiale, ma per uno dei principi base della teoria della complessità, è molto di più, cioè è «popolo in quanto popolo, considerato comunitariamente, come soggetto collettivo di cultura».⁵

Il vocabolo cultura deriva dal participio passato, *cultus*, del verbo latino *colere* che significa, coltivare, lavorare, curare, abitare, vivere, trattenersi, frequentare, ornare, adornare, abbellire, onorare, venerare, trattare con riguardo, essere devoto a qualcuno, praticare, esercitare, celebrare, solennizzare e similmente nell'ebraico antico, il verbo *ʾavad* (עבד), significa, lavorò, coltivò, servì. L'uomo dunque nel suo atto di prendersi cura, di custodire, di coltivare la terra a immagine di Dio - così come emerge nei primi capitoli della Genesi -, allo stesso tempo compie un atto culturale e culturale, glorificando Dio e cioè effettua un'azione di glorificazione di Dio e di umanizzazione dell'uomo.⁶ Prendersi cura, nel verbo latino *colere*, ci mostra anche un intreccio tra etica ed estetica, cura e abbellimento, che convivono con l'abitare e il celebrare; azioni del soggetto comunitario che abita i luoghi peculiari della comunità e che in questi luoghi celebra. I beni della terra

1 FRANCESCO, *Evangelii gaudium*, n. 14.

2 J. C. Scannone, Il soggetto comunitario della spiritualità e della mistica popolari, «La Civiltà Cattolica» 3950 (1/2015), 126-141; <https://www.laciviltacattolica.it/articolo/il-soggetto-comunitario-della-spiritualita-e-della-mistica-popolari/>; relativamente al sentirsi «comunità parrocchiale» essa deve fiorire soprattutto nella celebrazione comunitaria della messa domenicale (*Sacrosanctum Concilium*, n. 42); il termine «comunità» non è un termine prettamente liturgico anche se non è assente in alcuni testi eucologici: «Si edifichi la Chiesa, comunità della nuova alleanza, tempio della tua lode» (Prefazio dell'Ordine); «Perché la comunità che qui si raduna possa offrirti un servizio puro e irreprensibile e ottenga pienamente i frutti della redenzione» (Colletta. Anniversario della dedicazione).

³ Francesco, *Laudato si'*.

⁴ L. SANDONÀ, *Ecologia umana. Percorso etico e teologico sui passi di papa Francesco*, pref. P. SEQUERI, Padova, Edizioni Messaggero, 2015, 110.

⁵ J. C. SCANNONE, *Il soggetto comunitario della spiritualità e della mistica popolari*, cit.; si veda anche la teoria teilhardiana dell'unione creativa, secondo la quale, «grazie all'unione con gli altri la particolarità del singolo individuo e del singolo gruppo viene accresciuta e ulteriormente differenziata e così l'unione creativa fa sorgere qualcosa di nuovo formando un tutto più ampio», cfr. U. KING, *Cristo in tutte le cose. Esplorare la spiritualità con Teilhard de Chardin. Conferenza di Bampton 1996*, Padova, Edizioni Messaggero, 2001, 232.

⁶ Cfr. G. LAFONT, *Eucaristia. Il pasto e la parola. Grandezza e forza dei simboli*, Leumann, Elledici, 2005.

hanno inoltre significato affettivo ed estetico, perché capaci di plasmare le relazioni tra le persone, relazioni a loro volta necessarie per la tutela degli stessi beni.⁷

L'abitare comporta l'uso dei luoghi, la loro fruizione, che necessariamente ne determina il consumo. L'uso senza etica conduce all'usura del bene, allo spreco delle risorse energetiche, a un godimento egoistico del bene architettonico, dove il soggetto è come se fosse un individuo che usa per sé, e non più una comunità. Il medesimo principio egoistico sta anche alla base del pensare una diversa gestione energetica dei beni con il fine esclusivo del risparmio economico, che guarda quindi meramente al principio del possesso, se questo non si inserisce invece in una visione più ampia, quella dell'uso responsabile delle risorse, secondo il principio della custodia e cura della casa comune, cioè la creazione. Il principio guida della gestione energetica dei beni si fonderà quindi su di un approccio ecologico e non sul solo risparmio economico.

La corretta gestione energetica dei beni parrocchiali rientra nella necessaria comprensione che la terra, nel suo splendore e bellezza, è il luogo dell'incontro tra l'umano e il divino⁸ e va conservato avendone cura, poiché diversamente si metterebbe a rischio la stessa possibilità di questo incontro. La natura è la nostra casa nella quale viviamo e verso la quale sono necessari responsabilità, attenzione e rispetto.⁹

Secondo la riflessione del teologo ortodosso Zizioulas, «la questione cruciale per la sopravvivenza del mondo risiede [...] nell'atto o nell'evento della sua comunione con Dio come totalmente altro rispetto al mondo. La responsabilità dell'uomo diviene in tal modo cruciale per la sopravvivenza della natura».¹⁰ Infatti, per il teologo, nella cosmologia cristiana, il mondo non contiene in sé garanzie di sopravvivenza, a meno che l'uomo (*munus sacerdotale*) non lo ponga in comunione «con ciò che non è mondo per *natura*, ovvero Dio stesso».¹¹

Se il senso di comunità parrocchiale fiorisce soprattutto dalla celebrazione eucaristica, luogo del rendimento di grazie, sulla scia del pensiero dei Padri della chiesa che vedono il rapporto col mondo secondo l'unione di ecologia ed etica, il mondo ortodosso contemporaneo parla di «*ethos eucaristico*, come modalità etica di rendere grazie».¹²

⁷ P. D. GUENZI, *Bene comune e/o beni comuni?*, in *Bene comune beni comuni. Un dialogo tra teologia e filosofia*, a cura di S. MORANDINI, Padova, Edizioni Messaggero, 2015, 94-96.

⁸ T. BERRY, *Ecology and Future of catholicism. A Statement of the Problem*, in *Embracing the Earth: Catholic Approaches to Ecology*, ed. by A. J. LACANCHE - J. CARROL, Maryknoll (New York), Orbis Books, 1994, XII.

⁹ U. KING, *Cristo in tutte le cose*, cit., 228.

¹⁰ I. ZIZIoulas, *Il creato come eucarestia. Approccio teologico al problema dell'ecologia*, Magnano, Edizioni Qiqajon - Comunità di Bose, 1994, 15.

¹¹ *Ivi*. Corsivo dell'autore.

¹² L. SANDONÀ, *Ecologia umana*, cit., 32.

L'*ethos* ecologico non è trattare per mantenere, ma è agire per trasformare; è costantemente chiesto agli esseri umani di agire (*ethos* ecologico/eucologico) ricevendo «la creazione come una realtà destinata da Dio non solo a sopravvivere, ma anche a raggiungere “pienezza” nelle mani e attraverso le mani dell'uomo». ¹³ Tutti e tutto hanno un fine dossologico poiché, tutte le cose, quelle nei cieli e quelle sulla terra saranno ricondotte a Cristo, e noi siamo predestinati a essere lode della sua gloria. ¹⁴

La responsabilità compartecipativa ai beni della terra, che dipende da un corretto uso delle risorse nella fruizione dei beni di ogni singola comunità parrocchiale, può dunque originare dalla partecipazione alla liturgia che «dà all'agire corporeo quella forma che rende possibile il contatto con il corpo d'altri, un contatto che abbia la qualità della relazione comunione e non della con-fusione e del possesso». ¹⁵ Si potrebbe quasi parlare di incompatibilità tra liturgia e mancata cura della creazione.

Formati dalla liturgia alla cura della casa comune, possiamo iniziare a pensare progetti di gestione energetica responsabile secondo uno sguardo ampio e volto al futuro. Probabilmente questo approccio comporterà delle spese maggiori sul breve termine, ma avrà una ricaduta di contenimento del consumo energetico e di conseguenza delle spese sul lungo termine. Il principio che governa tale approccio è che anche l'altro, che ancora non conosco e che verrà dopo di me, è il mio prossimo di cui mi prendo cura fin d'ora prendendomi cura della casa comune.

Il tema progettuale è molto complesso, poiché il programma dovrà rispondere a determinati requisiti: un'attenzione speciale ai luoghi di culto che sono molto spesso beni culturali soggetti a tutela; un concreto risparmio di risorse primarie; una ridotta emissione di inquinanti; un risparmio sulla spesa e un determinato recupero dell'investimento iniziale. Questo necessita una sinergia tra progettazione architettonica e specialistica, una conoscenza delle tecniche e dei materiali disponibili, l'utilizzo di fonti possibilmente rinnovabili nella sua totalità, una relazione interattiva tra costi realizzativi e abbattimento di gestione che deve avere un orizzonte di massima ottimizzazione in un tempo coerente.

¹³ I. ZIZIOLAS, *Il creato come eucarestia*, cit., 66.

¹⁴ Ef 1,10; cfr. F. CASSINGENA-TREVEDY, *La bellezza della liturgia*, Magnano, Edizioni Qiqajon, Comunità di Bose, 2003, 88.

¹⁵ G. Busani, *Corpi chiamati a formare un corpo*, in *Assemblea santa. Forme, presenze, presidenza Atti del VI Convegno liturgico internazionale*, Bose, 5-7 giugno 2008, a cura di G. Boselli, Magnano, Qiqajon Comunità di Bose, 2009, 41.

La progettazione dovrà inoltre tenere conto della diversità d'uso degli ambienti e del tempo di fruizione che in questo tipo di spazi è particolarmente determinante. Estetica ed etica quindi si intrecciano anche lungo tutta la fase progettuale.



ARCH. FRANCESCA LETO

Francesca Leto si laurea a Venezia in architettura e successivamente consegue la licenza e il dottorato in teologia con specializzazione in liturgia pastorale presso l'Istituto di Liturgia Pastorale di S. Giustina a Padova incorporato al Pontificio Ateneo S. Anselmo di Roma. E' docente incaricata di liturgia presso l'Istituto di Scienze Religiose di Vicenza, dove tiene anche seminari tematici. Tiene lezioni e corsi in diversi istituti e facoltà teologiche e conferenze presso diversi enti e fondazioni: Scuola Beato Angelico di Milano, Fondazione Lercaro di Bologna. È vincitrice della VI edizione Concorso progetti pilota CEI per la chiesa di Sant'Ignazio a Olbia e dell'adeguamento liturgico della cattedrale di Belluno. Partecipa in qualità di architetto e/o liturgista a numerosi concorsi. Si occupa di adeguamenti liturgici e restauri di chiese e progettazione di cappelle. È autrice di vari articoli in riviste e pubblicazioni, anche internazionali.

Impiantistica per i luoghi di culto

Prof. Ing. Piercarlo Romagnoni
Dipartimento di Culture del Progetto
S. Croce, 191 – 30100 Venezia

0. Generalità

Il riscaldamento delle chiese ha sempre creato problemi impiantistici di rilievo dovuti a diversi fattori; è possibile elencarne alcuni che, non solo all'occhio del tecnico esperto, appaiono di una certa rilevanza:

- la presenza di notevoli volumi e dimensioni in altezza ragguardevoli;
- un'utenza ed un utilizzo particolare che richiede l'accensione degli impianti di riscaldamento per poche ore al giorno;
- la necessità di inserire elementi in grado di evitare rumori e risonanze;
- una generale difficoltà di intervenire sulle strutture murarie esistenti;
- necessità di ridurre al minimo l'impatto architettonico;
- necessità di un impianto di riscaldamento/ condizionamento economico nella gestione;
- difficoltà di messa a regime;
- possibile presenza di beni di interesse storico.

Parlando di impiantistica per i luoghi di culto, infatti, ai fini della definizione dell'impianto stesso e della scelta delle condizioni microclimatiche interne, è importante sottolineare come non sia solo la condizione di comfort dell'utenza a guidare le scelte, ma, in un numero consistente di situazioni, occorre rilevare come la presenza di beni di interesse storico-artistico sia determinante per configurare le condizioni di progetto, per definire la posizione degli emettitori nonché la gestione del sistema.

E' proprio nel caso di presenza di beni storico-artistici che è possibile reperire in letteratura diversi esempi di interesse (C. Manfredi, F. Trovò, 2022) e studi approfonditi.

Per una valutazione sistematica, sicuramente il comfort dell'utenza risulta determinante per quanto riguarda la gestione, ad esempio per la definizione dei tempi di utilizzo (ridotti da 30-120 minuti e a volte ripetuti in diversi archi della giornata); è importante considerare che il vestiario indossato dall'utenza è proprio da ambienti esterni e le possibili situazioni di discomfort termico causato da correnti d'aria. Non è da trascurare la presenza di un numero consistente di persone anziane caratterizza le funzioni. Altri fattori importanti per il progetto sono legati al dimensionamento del sistema tecnico: gli ambienti di dimensioni notevoli, lo scarso isolamento della copertura e delle superfici vetrate.

E tuttavia predisporre un'impiantistica tecnica che soddisfi almeno alcuni dei requisiti sopra menzionati non è la sola sfida tecnica.

La giusta ambizione fissata dall'Unione Europea, ovvero ridurre i livelli di emissioni di CO₂ rispetto ai valori del 1990 di un'entità pari al 55% entro il 2030 con un miglioramento del 32,5% dell'efficienza energetica nei settori di uso finale direttamente consumati dall'utente, pone in netta evidenza sia la questione della transizione energetica verso la produzione tramite energie rinnovabili che la necessità del calo dei consumi energetici stessi.

Circa il 75% degli edifici dell'Unione Europea risulta inefficiente dal punto di vista energetico, contribuendo in modo consistente al consumo energetico e alle emissioni di carbonio.

L'uso finale di energia predominante tra i paesi membri dell'UE è quello termico, ossia dedicato al riscaldamento degli ambienti e alla produzione di acqua calda per usi igienico-sanitario; secondo Eurostat essi rappresentano il 78,4% del consumo finale totale di energia.

A ciò si aggiunge il fatto che tra dicembre 2020 e dicembre 2021, i prezzi delle importazioni di energia dell'UE sono quasi raddoppiati.

Relativamente alla produzione e all'uso di energia elettrica, occorre ricordare l'uso sempre più importante che ne viene fatto per il raffrescamento; nel 2021 i consumi di energia elettrica in Italia sono tornati sostanzialmente ai valori del 2019, recuperando il forte calo fatto registrare nel 2020. Secondo i dati di Terna, la società che gestisce la rete elettrica nazionale, il fabbisogno è stato pari a 318,1 miliardi di kWh, un valore in aumento del 5,6% rispetto al 2020 e in linea (-0,5%) con i livelli pre-Covid del 2019.

Tali osservazioni spronano i soggetti coinvolti all'uso, alla gestione dell'energia e l'utenza in genere ad un maggiore impegno nella produzione tramite rinnovabili (solare fotovoltaico ed eolico in particolare, ma non solo) che hanno sinora coperto il 36% della produzione. Operare per salvaguardare il benessere dell'utenza e, al tempo stesso e nei limiti delle diverse situazioni, intervenire per ottimizzare il consumo energetico è quindi una sfida impegnativa che, come tale, deve partire da alcuni presupposti di conoscenza e di metodo per poter essere efficace nei risultati.

1. Metodologia

Un primo e fondamentale punto di partenza metodologico, a mio avviso, è costituito dal concetto di sostenibilità; meglio, partire dai fondamenti della progettazione sostenibile. Questa richiede *lo sviluppo di un sistema di progettazione controllato e strutturato attraverso l'integrazione di saperi diversi, in modo da fornire un prodotto in grado di soddisfare le esigenze dell'utente (qualità dell'ambiente interno) con un impegno minimo di risorse naturali ... e con un significativo contenimento degli impatti ambientali* (M. Filippi, 2014).

La fase di progettazione deve pertanto essere particolarmente accurata rivolgendosi non solo alla fase di costruzione o ricostruzione, ma pure a quella di gestione/ manutenzione.

Relativamente alla fase di progetto, per la parte impianti, chiara deve essere la definizione degli obiettivi ovvero dei parametri termoigrometrici e di qualità dell'ambiente interno, approfondito lo studio sulla tipologia, sulle caratteristiche di funzionamento e sulle prestazioni delle macchine, dettagliate le operazioni relative alla gestione, alla sicurezza e alla manutenzione. L'uso di sensoristica consente ad esempio automazioni nella gestione oltre a segnalazioni di sicurezza e allarmi sempre importanti se non indispensabili.

Progetti accurati oggi si possono avvalere, non solo per casi di particolare dettaglio o interesse, dell'uso di metodi numerici (ad esempio, la Computational Fluid Dynamics consente la valutazione di come possono svilupparsi i movimenti dell'aria internamente agli ambienti in presenza o meno di impianti ad aria o che movimentano l'aria) oppure di raccolte mirate di dati sul microclima interno mediante misure non invasive, dati che devono poi essere analizzati e valutati (P. Baggio et alii, 2004).

L'analisi e la valutazione delle condizioni ambientali indoor e, eventualmente, dello stato di conservazione di oggetti deve (e non: "può") passare attraverso l'utilizzo di benchmarks per la conservazione degli oggetti, la valutazione delle concentrazioni massime dei possibili inquinanti indoor, la definizione di parametri legati all'illuminazione artificiale e all'esposizione alla luce (oltre che all'esposizione alla radiazione UV ed alla radiazione totale), alla presenza di vibrazioni indotte da apparecchiature di diverso tipo (non ultimi i compressori delle macchine frigorifere). Le soluzioni non sono quindi né semplici, né evidenti, né, tantomeno, assolute: ogni singolo caso va dettagliatamente esplorato.

Un secondo punto di metodo può essere ricercato negli standard normativi approvati (UNI EN 15759-1, 2012 e UNI 10869, 1999). Sovente le norme indicano le linee guida per la scelta delle strategie da seguire. Nel particolare, la sopracitata norma UNI EN 15759-1 fa riferimento al *riscaldamento delle chiese, cappelle e altri luoghi di culto ...*, al fine di evitare danni ai beni culturali e al tempo stesso creare un clima interno che permette un uso sostenibile di tali edifici. Tale norma sollecita il progettista ad una accurata *"valutazione dell'edificio, degli interni e dei contenuti"* a partire dalla *"struttura dell'edificio e sue condizioni"* (Punto 5).

Prima di decidere su un impianto di riscaldamento nuovo o modificato, è importante stabilire se:

- *la necessità percepita di intervento è legata all'involucro climatico dell'edificio stesso piuttosto che alla necessità di un nuovo o migliorato sistema di riscaldamento;*
- *parti dell'edificio sarebbero a rischio se la strategia di riscaldamento o il sistema di riscaldamento venissero modificati.*

... Nell'indagine conseguente, particolare attenzione deve essere prestata all'involucro dell'edificio: trasporto dell'umidità, tenuta all'aria e isolamento termico.

L'indagine comprende anche lo stato e la funzionalità degli impianti di riscaldamento esistenti.

- *a seconda delle condizioni climatiche esterne rispetto a quelle interne, il ricambio d'aria può talvolta ridurre i livelli di umidità, talvolta aumentarli; quindi va considerato in parallelo con strategie di condizionamento finalizzate al controllo dell'umidità interna;*
- *....;*

- *il ricambio d'aria crea moti d'aria che possono influire sulle condizioni sia di comfort termico che di conservazione.*

Successivamente la Normativa in oggetto passa a definire possibili strategie che, in edifici di culto contenenti opere di interesse storico-artistico, prevedono:

- nessun riscaldamento/ condizionamento
- riscaldamento/ condizionamento per il comfort dei fedeli
- riscaldamento/ condizionamento conservativo

secondo quanto riportato anche in Tabella 1.

Tabella 1: Strategie di riscaldamento (Fonte: UNI EN 15759-1, 2012)

Basic strategy	Distribution in space	Distribution in time
No heating		
Conservation heating	General heating	Continuous heating
	Local heating	Intermittent heating
Heating for comfort	General heating	Continuous heating
	Local heating	Intermittent heating
		Mixed mode heating

Il contenimento dei consumi appare in molti casi una conseguenza di tipo economico-gestionale dovuta ad alcuni dei fattori evidenziati in precedenza. Tale punto va altrimenti riconsiderato come fondamentale nel momento in cui si debba riconsiderare il progetto del sistema impiantistico in un'ottica di sostenibilità ambientale.

2. Le possibili soluzioni impiantistiche

Nel momento in cui si devono operare delle scelte occorre quindi valutare quali sono le possibili soluzioni che vengono offerte in campo tecnico ricordando come il corretto funzionamento di un impianto è soggetto sì ai limiti progettuali proposti e/ o definiti dal progettista, ma anche alle condizioni fisico-tecniche imposte dai principi fisici su cui si basa il trasferimento di energia per il mantenimento delle condizioni di microclima interno.

Non bisogna infatti dimenticare, in primo luogo, come la struttura di un impianto, in termini energetici, passi attraverso successive "trasformazioni" dell'energia (ad esempio da quella chimica del combustibile a quella termica) e attraverso possibili passaggi con il supporto di "termovettori" (i fluidi che fungono da trasportatori dell'energia).

Lo schema di figura 1 può aiutare a comprendere tali trasferimenti e la complessità progettuale insita nella ricerca di un'ottimizzazione dei flussi di energia richiesti.

Le soluzioni proponibili per la generazione del calore portano ormai a considerare le pompe di calore come soluzione prevalentemente proposta per il condizionamento degli edifici. Tali macchine sono ormai viste come la soluzione di rimpiazzo dei generatori a combustione fossile: la stessa Comunità Europea va verso la loro graduale dismissione entro il prossimo decennio. La soluzione presenta quali possibili criticità la necessità di uso di energia elettrica, l'esigenza di disporre di spazi adeguati allo scambio termico per la sorgente secondaria, il mantenere elevata l'attenzione alla manutenzione e alle corrette condizioni d'uso. Per contro le prestazioni, anche stagionali, sono rilevanti, il design degli apparecchi di emissione ha raggiunto livelli interessanti, la silenziosità nell'uso dei componenti è eccellente e l'elettronica a bordo consente una gestione anche a distanza della macchina.

Relativamente agli impianti di produzione energetica sono gli indici di efficienza di trasformazione dell'energia che costituiscono la guida alla scelta dell'impianto di generazione (nel caso di pompe di calore COP (Coefficiente di Prestazione) e SCOP (Coefficiente di Prestazione Stagionale), e, nel caso di caldaie, l'efficienza di combustione e l'efficienza stagionale).

Le componenti di impianto quali le Unità di Trattamento Aria, i ventilconvettori o i radiatori, nonché i canali d'aria e le tubazioni per i fluidi vanno scelti con criteri che considerino (secondo le necessità e le funzioni d'uso) compatibilità tra i materiali, durata temporale delle prestazioni, capacità di regolazione delle condizioni interne.

Le recenti indicazioni dell'Unione Europea richiedono con sempre maggior insistenza che alcuni elementi vengano attenzionati con sempre maggiore cura per rendere efficaci gli obiettivi di risparmio energetico e di emissioni in ambiente che l'Unione stessa si è prefissata.

Nello specifico, la progettazione impiantistica dovrebbe considerare:

- gli smart HVAC (riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria) che usino sensori per limitare il consumo di energia in zone non occupate;
- il bilanciamento automatico dei sistemi idronici per regolare continuamente il flusso e la pressione all'interno delle tubazioni e dei radiatori per ottimizzare la generazione, la distribuzione e l'emissione di calore attraverso l'edificio;
- l'adozione di sensori e comandi che permettano di variare la richiesta di ventilazione, ottimizzando il livello di qualità dell'aria indoor al minimo costo energetico;
- per la produzione dell'acqua calda sanitaria, l'uso di controlli avanzati che possono ridurre la temperatura senza provocare rischi alla salute dovuti alla legionella;
- controlli avanzati di illuminazione che evitino un uso eccessivo di quest'ultima, attraverso dei dimmer che si regolano in funzione della luce del giorno ed all'occupazione dei locali;
- qualora possibile, la schermatura della luce solare per regolare la quantità di calore solare e luce diurna che entra nell'edificio.

Alcuni di tali spunti sono richiamati in (AAVV, *Efficienza energetica negli edifici storici*, 2014) e dalla recente Direttiva Europea 2018/844.

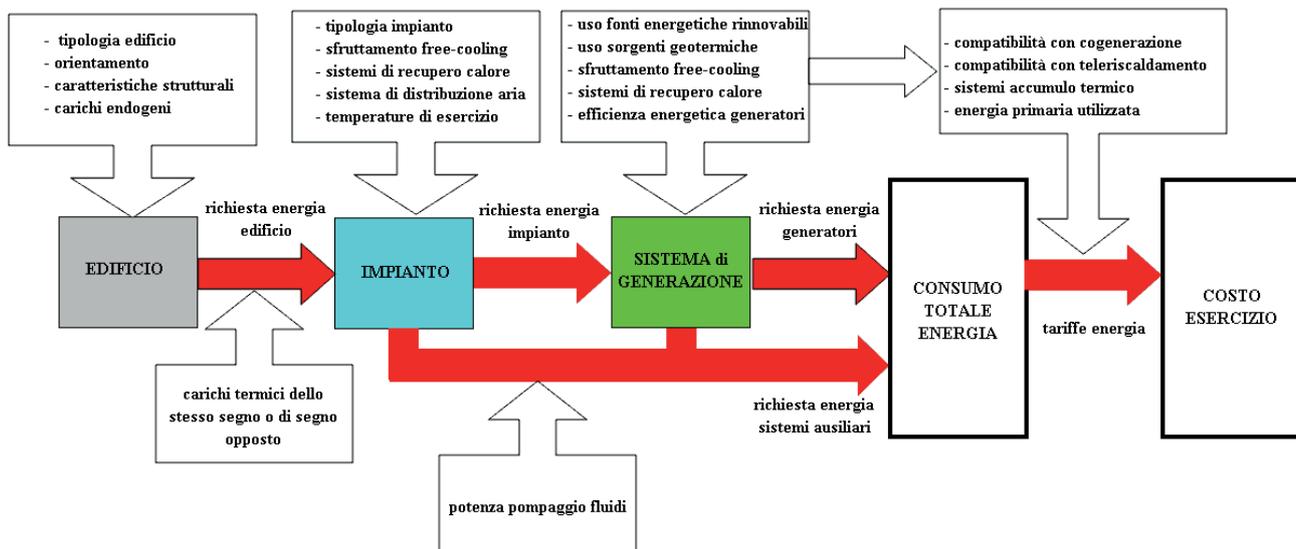


Figura 1: Il consumo di energia nell'impiantistica (Fonte: M. Vio, 2010)

Nella scelta degli impianti è opportuno, da un punto di vista tecnico, definire alcuni step.

Gli obiettivi (targets) possono riferirsi alla necessità di contenere le oscillazioni della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa della stessa, nonché all'esigenza di rispettare determinati valori di qualità dell'aria imponendo in tal modo importanti indicazioni sull'efficienza del sistema di filtrazione. Ragioni di tipo architettonico o di comfort degli occupanti possono richiedere esplicite scelte relative alla posizione e alle caratteristiche dei sistemi di emissione del calore in ambiente. Come sopra ricordato, ragioni legate all'uso dei luoghi, all'attenzione all'ambiente, alle opportunità economiche, richiedono anche una gestione che possa far uso di sistemi automatici di regolazione e di rilevamento in funzione anche all'opportunità dei controlli legati alla sicurezza d'uso dei sistemi e dei luoghi.

Il panorama di possibili scelte impiantistiche forse aiuta a meglio interpretare tali indicazioni.

2.1 Impianti ad aria

Il riscaldamento ad aria calda è di uso assai frequente per il riscaldamento di edifici di medie e grandi dimensioni. Per definizione i sistemi ad aria calda provocano movimenti d'aria. Pertanto

tali sistemi devono essere adeguatamente progettati e messi a punto per ridurre al minimo il movimento dell'aria per le parti "sensibili" all'interno dell'edificio e per fornire, possibilmente, una distribuzione uniforme della temperatura in tutto lo spazio riscaldato. La distribuzione del calore dipende in larga misura dalla disposizione e dal numero dei punti di distribuzione d'aria calda (vedi UNI EN 15759-1, 2012).

Negli impianti ad aria solitamente sono presenti delle griglie di ripresa poste nella zona più bassa. Le griglie di mandata sono a parete o a pavimento. In molti casi la posizione delle griglie non è stata ottimizzata, ma sono state inserite nei soli spazi resi disponibili per tali installazioni.

Questo sistema consente una rapida messa a regime ed è facilmente regolabile in funzione dei costi di gestione. L'utilizzo temporale impostato è solitamente saltuario (accensione poco prima delle celebrazioni e funzionamento durante le stesse). E' possibile riscontrare con tali installazioni problemi di stratificazione dovuto ai volumi e all'altezza dell'edificio nonché problemi relativi a forti oscillazioni termiche e dell'umidità relativa tra i valori rilevati durante i periodi di sosta e il periodo di funzionamento. Le figure 2, 3 illustrano esempi di tali installazioni.

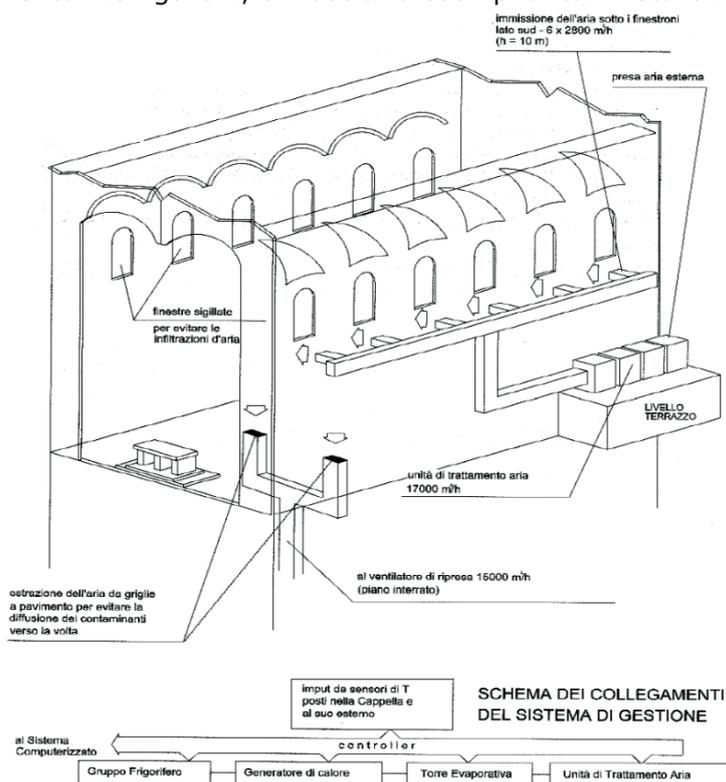


Figura 2: Impianto nella Cappella Sistina (Fonte: A. Borgo, R. Zecchin, 2005)

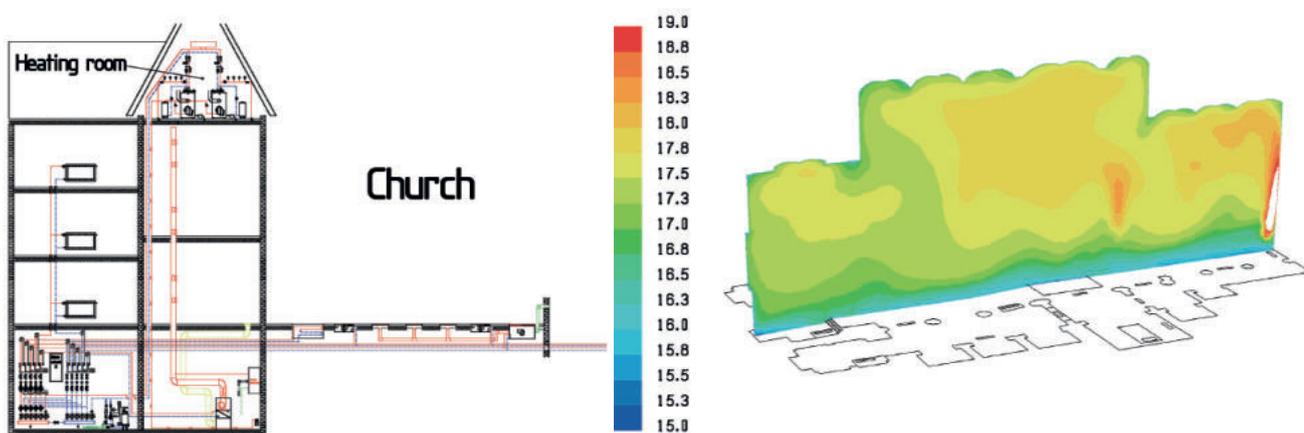


Figura 3: Esempio di installazione di un sistema ad aria nella chiesa di St Georgen (Wismar -D) e studi sul campo termico (Fonte: De Carli et alii, 2005)

2.2 Impianti radianti

Il principio di funzionamento di un sistema radiante si basa sull'emissione termica di una superficie a temperatura più alta rispetto a quelle rilevabili nell'ambiente circostante.

L'entità dell'emissione termica dipende dalla **temperatura** della superficie emittente, dall'angolo di emissione direzione rispetto alla normale e dalla lunghezza d'onda λ [μm] (spettro di emissione).

Per ricevere energia, la superficie irradiata deve essere nel cono di emissione. Si rammenta che maggior è la distanza tra superficie radiante e superficie irradiata, minore è l'energia che questa riceve.

Questa tipologia di impianto può essere indicativamente scomposta in una serie di sottoinsiemi:

- a) *Pannelli radianti a pavimento o a parete* (F. Minchio, P. Romagnoni, 2011):
Richiedono tubazioni (oggi prevalentemente in polietilene) per utilizzo dell'acqua calda posati a pavimento, a parete o a soffitto.
Solitamente le temperature acqua arrivano a circa 40 – 50°C e la temperatura superficiale del pavimento (massima) è di circa 28 °C – 30°C
- b) *Pannelli / elementi elettrici*:
Possono essere di vario tipo e modalità di costruzione. I più semplici possono essere ricondotti a resistenze elettriche (leghe Nichel Cromo, al Tungsteno,..) con la possibilità di raggiungere temperature da 900 a 2200 °C
- c) *Tubi radianti a gas*
In genere utilizzano una piastra (ceramica) riscaldata dal gas combusto. Temperature superficiali raggiungibili 950 °C.

I sistemi radianti consentono una maggiore uniformità nel gradiente termico verticale, di ottenere una superficie scaldante omogenea, di utilizzare energia a bassa temperatura (elemento estremamente importante per il risparmio energetico), oltre a modulare la regolazione termica in funzione delle diverse richieste di zone termiche diverse.

Tuttavia, è necessario ricorrere all'immissione di aria esterna per far fronte alle necessità di ventilazione e/ o di qualità dell'aria interna (Indoor Air Quality) oltre che per l'eventuale regolazione dell'umidità dell'aria.

La Tabella 2 riprende alcuni dei valori riportati per le temperature superficiali secondo quanto disposto dalla normativa UNI EN 15377-1.

Tabella 2: Valori delle temperature superficiali massime e minime per impianti radianti (UNI EN 15377-1, 2008)

		Surface temperature [°C]	
		Maximum $\theta_{S,max}$	Minimum $\theta_{S,min}$
Floor	Peripheral	35	19
Floor	Occupied zone	29	19
Wall		40	see A.3
Ceiling		see A.4 and A.5	see A.4 and A.5

La figura 4 riporta invece esempi di installazioni a pavimento in ambienti di culto



Figura 4: Installazioni di sistemi radianti a pavimento in ambienti di culto

Come ricordato, tra i sistemi radianti vanno ricordati anche sistemi ad alimentazione elettrica che hanno, negli anni, incontrato un relativo successo usufruendo di un vantaggio indubbio fornito dalla semplicità di costruzione e di installazione, oltre al poter collocare i pannelli in modo da poter far fronte a particolari esigenze.

Tra questi, il riscaldamento fissato sui banchi (D. Camuffo et alii, 2007). Diversamente da altri sistemi di riscaldamento finalizzati a riscaldare contemporaneamente l'ambiente e i fedeli, il sistema a banco è una forma di riscaldamento localizzato che fornisce calore individualmente alle persone sedute sui banchi dove sono stati installati gli elementi scaldanti, lasciando sostanzialmente invariata la temperatura dell'edificio.

Questo tipo di riscaldamento prevede un elemento scaldante inserito tra i banchi, i quali debbono essere necessariamente fissati al pavimento o a una pedana.

In alcune installazioni con riscaldamento elettrico, i banchi sono direttamente connessi alla presa sul muro per mezzo di un cavo libero. L'uso di cavi volanti deve essere evitato per ragioni di sicurezza.

La temperatura degli elementi scaldanti che possono venire a contatto delle persone deve essere limitata per evitare rischio di incendio o di scottature (es. 70°C).

Il sistema è particolarmente adatto a riscaldamenti di breve durata e a bassa potenza.

E' frequentemente usato nelle piccole chiese usate saltuariamente (es. solamente nei giorni festivi), o nelle cappelle (anche con uso continuo), nei cori, per piccole congregazioni, etc. ma può essere installato anche in ambienti di grandi dimensioni purché in climi miti o purché si adottino misure per ridurre i fastidiosi moti d'aria che vengono amplificati.

Il sistema ha una dispersione di calore molto ridotta nell'ambiente a vantaggio della conservazione delle opere che non subiscono forti sbalzi termici.

Poiché la temperatura delle pareti e del soffitto rimane quasi invariata, l'eccesso di vapore emesso dalle persone può condensare sulle superfici fredde.

Le modalità di installazione possono essere riassunte in Figura 5.

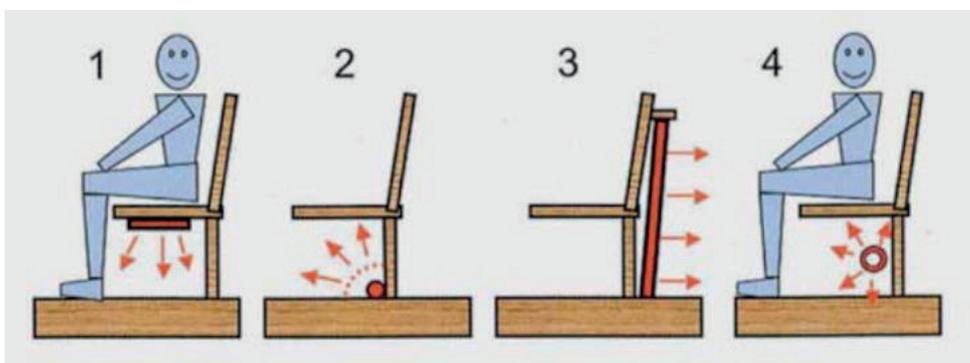


Figura 5: Installazione di riscaldatore a banco (Fonte: D. Camuffo et alii, 2007)

- 1) Riscaldatore elettrico a pannello con isolamento termico;
- 2) Riscaldatore elettrico tubolare con griglia di protezione;
- 3) Riscaldatore elettrico a pannello con griglia di protezione;
- 4) Riscaldatore ad acqua calda

3. La produzione di energia e le fonti rinnovabili (e altro)

L'uso dell'energia negli impianti è una necessità. L'ottimizzazione dei consumi e la gestione economica dei processi sono delle scelte (direi obbligate) che impongono al progettista attento una riflessione sulla modalità produzione dell'energia e sull'uso delle Energie Rinnovabili (RES), in particolare.

Una riflessione ancora più attenta deve riguardare, in un periodo di transizione e di crisi come quello attuale, quegli impieghi volti all'uso (riscaldamento e raffrescamento in particolare, ma anche illuminazione) in luoghi come quelli di culto, per i quali, a mio avviso, lo spreco non si addice. Ancora una volta è necessario approfondire i fondamenti di un processo sostenibile.

L'uso delle energie rinnovabili non è più un'opzione: sicuramente è un costo in termini economici, ma è una necessità se si vuole essere protagonisti di interventi volti alla "cura" del pianeta.

Non bisogna farsi illusioni: l'uso dell'energia rinnovabile richiede spazi, progetti attenti, integrazione con l'architettura e scelte forti.

Ad esempio, la generazione elettrica attraverso i pannelli fotovoltaici è indicata, da sempre, come la soluzione più diretta per l'uso delle energie rinnovabili: tuttavia la prestazione del fotovoltaico, seppur migliorata, è ancora perfezionabile e modifiche estetiche dei pannelli possono ridurla. La produzione da fotovoltaico va inoltre accompagnata a sistemi tecnici per l'accumulo e per l'adattamento del voltaggio oltre che alla disponibilità di superfici.

L'uso di superfici, anche su edifici di pertinenza, esposte in modo corretto al flusso solare è fondamentale (Figura 8).



Figura 8: Campo fotovoltaico Sala Nervi (Roma). (Fonte: De Santoli, 2015)

Una riflessione parallela va condotta su gestione, manutenzione dei componenti e dei materiali: la fase di progettazione può indicare modalità d'uso di materiali e macchine, inserendo, banalmente, manutenzioni programmate volte a favorire impieghi più corretti e duraturi.

Un processo di progettazione e costruzione sostenibile conduce alla riduzione (o comunque ad una produzione consapevole) di rifiuti che devono essere in seguito adeguatamente smaltiti o proposti per il riuso.

In tal senso il Decreto del 22 giugno 2022 sui Criteri Ambientali Minimi (CAM) in edilizia può costituire un utile riferimento.

Conclusioni

La tecnologia offre soluzioni coerenti con gli obiettivi del progetto solo se il processo di progettazione offre una verificata e consolidata consequenzialità tra progettazione, esecuzione e gestione. Anche per i luoghi di culto, una visione globale, la Lettera Enciclica *Laudato Sì* ne è un chiaro esempio, e un forte coordinamento di intenti diviene fondamentale per potersi riferire al principio ispiratore della sostenibilità ambientale.

Alcuni suggerimenti: la proposta sistematica di azioni che portino a manutenzioni programmate, controlli e ispezioni (in campo e sui certificati), al monitoraggio e alla verifica dei risultati ottenuti, il tutto nel *rispetto della legislazione e della normativa vigente*.

Appare sempre più palese la necessità di una sistematica raccolta e analisi delle esperienze pregresse e in corso che contribuirebbe, da un lato, a chiarire la consistenza dello stato di fatto, dall'altro ad evidenziare le inevitabili mancanze/ incongruenze nella componentistica costruttiva ed impiantistica o nelle procedure burocratiche e di progetto e a proporre ed integrare le normative e le linee guida esistenti incentivando in tal modo ulteriori studi e ricerche.

Bibliografia

M. Filippi, *Riflessioni sulla riqualificazione sostenibile degli edifici storici in Italia*, Convegno AiCARR "Edifici di valore storico: progettare la riqualificazione - Una panoramica, dalle prestazioni energetiche alla qualità dell'aria interna", Roma, 26-27-28 febbraio 2014

Direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla *prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica*

AA VV, *Efficienza energetica negli edifici storici*, Guida AiCARR, 2014

P. Baggio, C. Bonacina, P. Romagnoni, A.G. Stevan, *Microclimate analysis of the Scrovegni Chapel in Padua - Measurements and simulations*, Studies in Conservation Vol. 49, nr 3, 2004, pp. 161 -176

M. De Carli, R. Heimsch, B. Olesen, J. Reineke, K. Sommer, R. Zecchin, *Recenti sviluppi nel riscaldamento di chiese storiche: un caso di studio*, Convegno AiCARR Tecnologie Impiantistiche per i musei, Roma, 2005

A. Borgo, R. Zecchin, *Gli impianti di climatizzazione*, Convegno AiCARR Tecnologie Impiantistiche per i musei, Roma, 2005

D. Camuffo, H. Schellen, D. Limpens-Neilen, R. Kozlowski, *Il riscaldamento nelle chiese e la conservazione dei beni culturali: guida all'analisi dei pro e dei contro dei vari sistemi di riscaldamento*, Electa, 2007

D. Camuffo, *The friendly heating Project and the conservation of the cultural heritage preserved in churches*, Convegno *Developments in Climate Control of Historic Buildings*, Linderhof Palace, December 2nd, 2010

C. Manfredi, F. Trovò (a cura di), *Clima negli edifici di culto. Metodi, misura e progetto*. Ed. Mimesis 2022

M. Vio, *L'ottimizzazione energetica degli impianti tecnologici per la climatizzazione di edifici storici: problematiche progettuali e casi studio*, Convegno AiCARR, 2010

L. De Santoli, *Efficienza energetica e Beni Culturali*, Seminario AiCARR L'efficienza energetica nel patrimonio storico: opportunità e limiti, Genova, 2016

F. Minchio, P. Romagnoni, *I sistemi di riscaldamento radianti a pavimento. Teoria e progetto*. Ed. Pantherm

UNI EN 15759-1, 2012 - *Conservazione dei beni culturali. Clima interno - Parte 1: Linee guida per riscaldamento delle chiese, cappelle e altri luoghi di culto*

UNI 10829, 1999 - *Beni di interesse storico artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazione e analisi*

UNI EN 15377-1, 2008 - *Impianti di riscaldamento negli edifici. Progettazione degli impianti radianti di riscaldamento e raffrescamento, alimentati ad acqua integrati in pavimenti, pareti e soffitti - Parte 1: Determinazione della potenza termica di progetto per il riscaldamento e il raffrescamento*

UNI EN ISO 11855, 2021 - *Building environment design - Design, dimensioning, installation and control of embedded radiant heating and cooling systems - Part 1: Definition, symbols, and comfort criteria*

DECRETO 23 giugno 2022, *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi*. Gazzetta Ufficiale 6/8/2022



PROF. ING. PIERCARLO ROMAGNONI

Università IUAV di Venezia, Dipartimento di Dipartimento di Culture del Progetto

Professore ordinario di Fisica Tecnica Ambientale. Dottore di Ricerca in Energetica (1988). Membro ASHRAE dal 1994, socio AiCARR dal 1996. Direttore del Dipartimento di Culture del Progetto.

E' referente scientifico Protocollo di Ricerca tra Università IUAV e la Provincia di Treviso per l'analisi dei consumi energetici del patrimonio edilizio scolastico della Provincia di Treviso. Dal 2019 è coordinatore del Comitato Scientifico della rete Innovativa Regionale Venetian Green Building Cluster; è stato responsabile di contratti di ricerca con ENEA, Provincia di Vicenza - società ViEnergia, CNR – IVALSA e referente IUAV di Progetti Nazionali promossi dal Ministero dell'Università.

Il principale settore scientifica di ricerca è la termofisica dell'edificio, con ricerche sulle proprietà dei materiali da costruzione, sulle prestazioni energetiche del sistema edificio – impianto anche su base di quartiere/ distretto; tecniche di data mining per la valutazione di interventi di riqualificazione energetica in edifici pubblici esistenti, con focus sugli edifici scolastici; valutazione del comfort ambientale interno in edifici scolastici tramite misure microclimatiche oggettive.

ABBAZIA S. MARIA DEL MONTE

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI TERMICI

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	DATI GENERALI	3
2.1	Identificazione del corpo di fabbrica	3
3	STATO DI FATTO	4
3.1	Zone riscaldate	4
3.2	Impianti esistenti	5
3.3	Consumi gas metano	6
3.4	Consumi energia elettrica	6
4	PROGETTO	8
5	FUNZIONAMENTO	12
5.1	Componenti principali	12
5.2	Funzionamento del cogeneratore	12
5.3	Gestione del puffer	12
5.4	Regolazione dei circuiti di riscaldamento	13
5.5	Regolazione del circuito produzione acqua calda sanitaria	13
5.6	Intervento della caldaia	13
6	Executive Summary	14
7	Conclusioni	14

1 PREMESSA

Nella presente relazione si descrivono le proposte di intervento ai fini della riqualificazione degli impianti di climatizzazione invernale, a servizio dell'Abbazia di S. Maria del Monte a Cesena.

La necessità di mantenere determinate condizioni di comfort all'interno degli edifici, per garantire il benessere per gli occupanti, richiede l'approvvigionamento di energia dall'esterno. L'entrata in vigore di specifiche leggi e normative sul risparmio energetico, per fronteggiare l'innalzamento dei livelli di inquinamento delle aree urbane in cui operiamo, impone l'adozione di sistemi tecnologici sempre più efficienti.

Attualmente sono presenti diversi sistemi autonomi di generazione del calore per soddisfare le esigenze minime di comfort in alcuni singoli locali o zone durante la stagione invernale.

La produzione di acqua calda sanitaria è garantita prevalentemente con un impianto solare termico in abbinamento ad una caldaia murale. Sono presenti anche dei produttori elettrici ad accumulo.

Obiettivo della presente relazione è quello definire lo stato ed il limite dei sistemi sopra descritti, determinare sommariamente i fabbisogni energetici invernali per garantire il comfort dell'intero complesso quindi illustrare la soluzione individuata per la riqualificazione anche in un'ottica di contenimento della spesa energetica.

2 DATI GENERALI

2.1 IDENTIFICAZIONE DEL CORPO DI FABBRICA

Il complesso abbaziale sorge su un piccolo colle, a poca distanza dal centro di Cesena.

La struttura è prevalentemente rinascimentale, anche se le origini del complesso si collocano intorno all'anno 1000.

La costruzione è composta da due corpi di fabbrica che sono: la chiesa, con pianta a croce latina e il monastero con pianta ad "L" che si aggancia lungo i prospetti NO-O e SE-E sopravanzando quest'ultimo per un breve tratto.

L'asse principale del complesso si sviluppa nella direzione NO-O - SE-E, con la facciate principali esposte rispettivamente a NO-O e SO-S.



Foto 1 – Foto aerea del complesso abbaziale

3 STATO DI FATTO

3.1 ZONE RISCALDATE

Per il riscaldamento invernale dei locali sono state individuate le seguenti zone termiche:

- Monastero;
- Chiesa;
- Cripta.

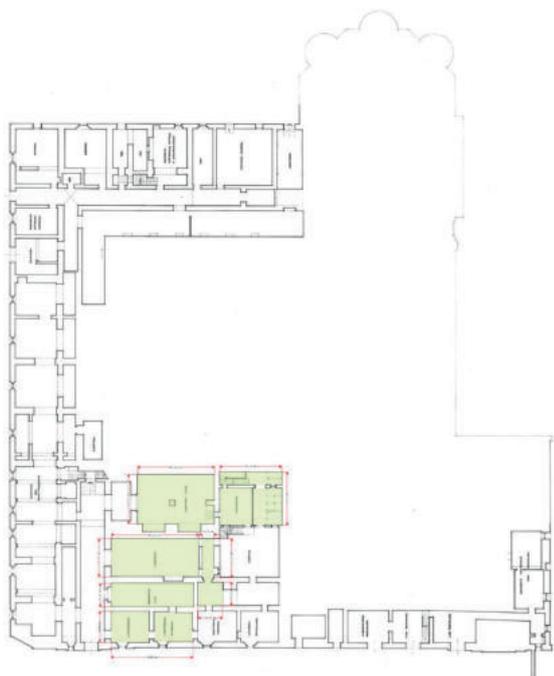


Figura 1 - piano seminterrato

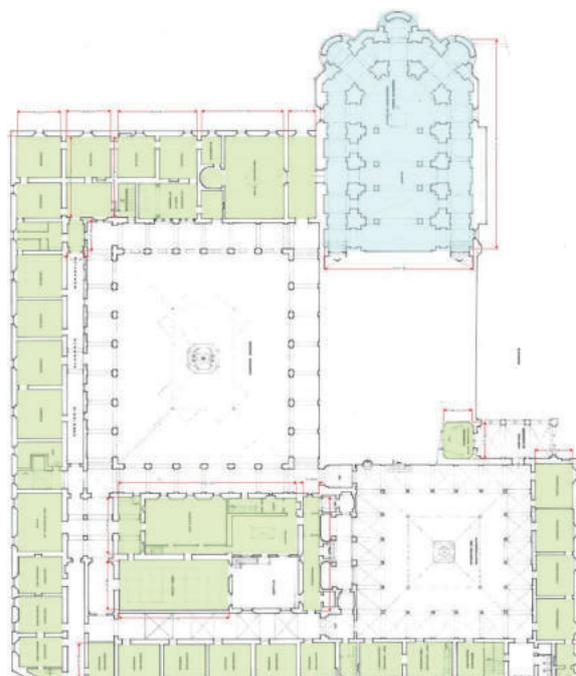


Figura 2 - piano terra

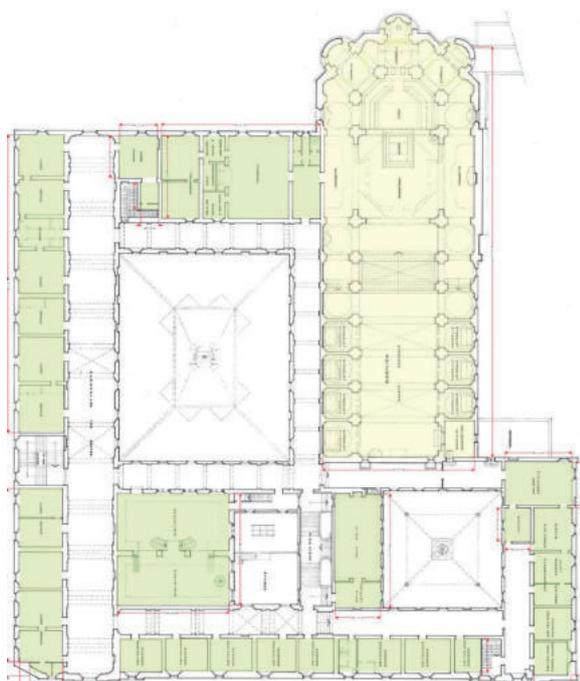


Figura 3 - piano primo

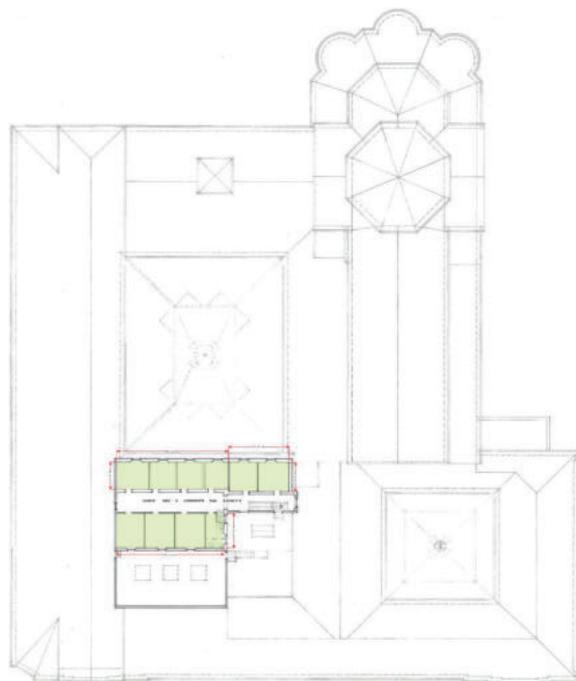


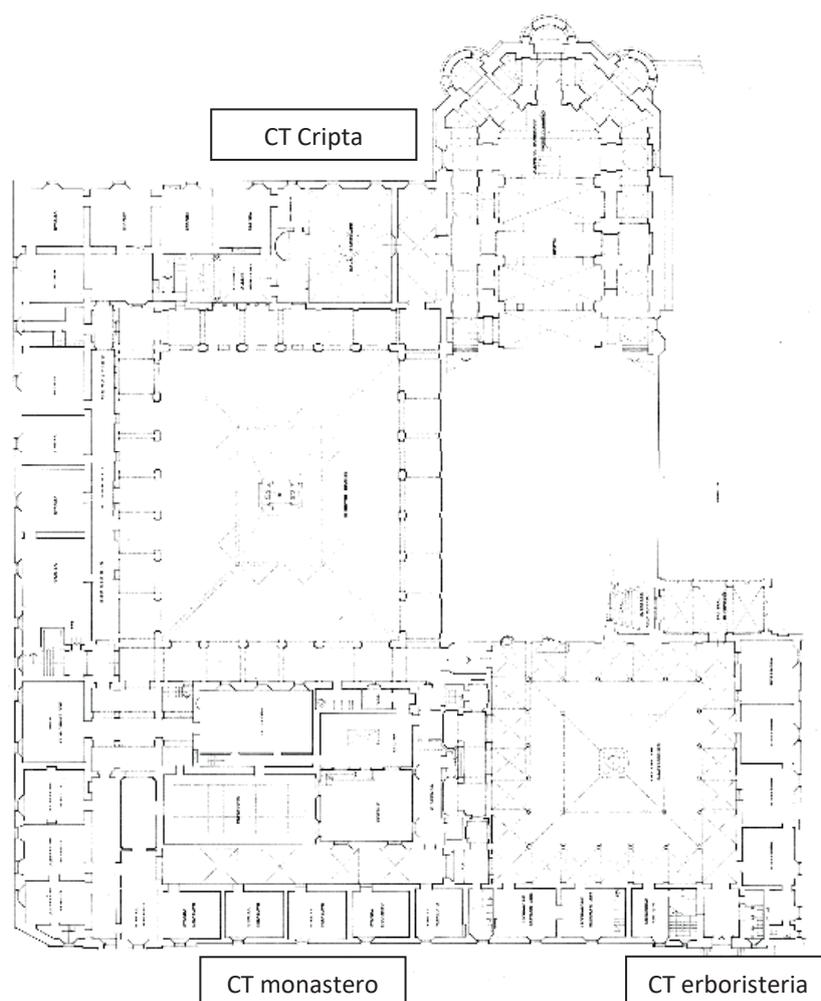
Figura 4 - piano secondo

Nella zona Monastero non tutti i locali sono riscaldati o dotati di terminali di erogazione del calore. Per la stima dei carichi termici, in via prudenziale, tutti i locali indicati sono stati considerati riscaldati.

3.2 IMPIANTI ESISTENTI

I principali impianti di generazione del calore a servizio del complesso monastico sono:

- Centrale termica per il riscaldamento del Monastero e della Chiesa;
- Caldaia a gas per il riscaldamento della zona erboristeria;
- Caldaia a gas per il riscaldamento della Cripta.



Allo stato di fatto la potenza termica totale installata risulta essere così suddivisa:

Centrale termica	generatore
Monastero	349,00 kW
Erboristeria	33,74 kW
Cripta	24,00 kW
totale	406,74 kW

3.3 CONSUMI GAS METANO

Il consumo annuo di gas metano, per il riscaldamento dell'intero complesso, la produzione di acqua calda sanitaria e gli usi di cucina è stato ricavato dalle fatture di acquisto ed è di circa 25'300 Smc per il 2020.

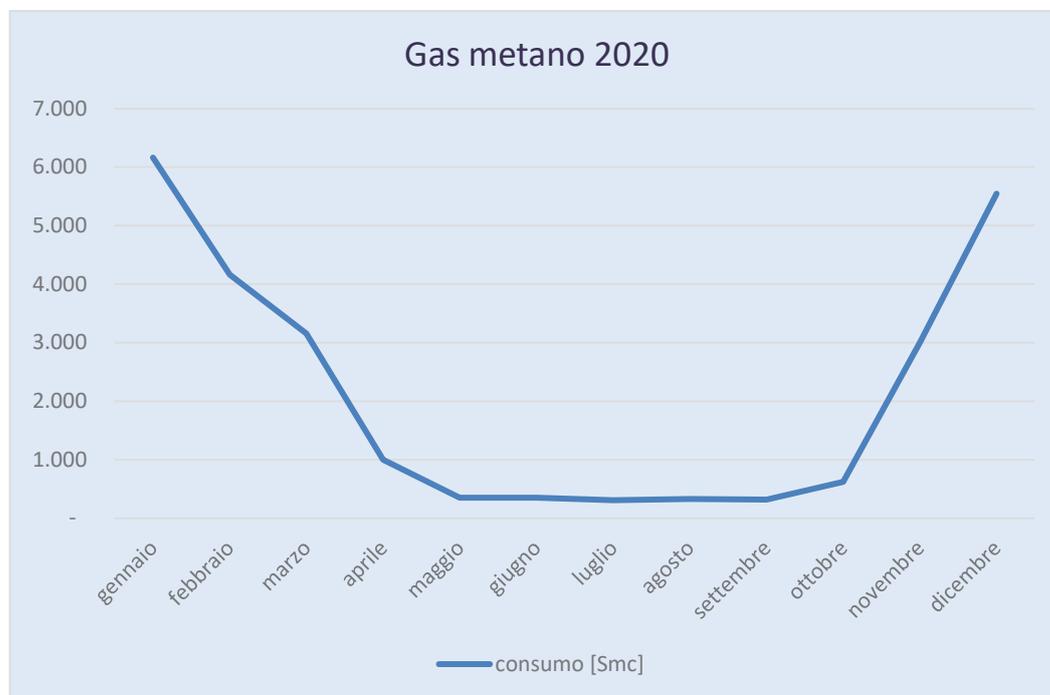


Grafico 1 - Consumi gas metano 2020

Il consumo mensile durante la fase estiva è mediamente di 320 Smc, da attribuire quasi completamente agli usi di cucina. Se consideriamo l'impegno per la cucina costante anche nei mesi invernali, cosa non vera perché in quel periodo si consumano piatti più caldi ma prudenziale, il consumo di gas metano riferito al riscaldamento si può stimare in 21'500 Smc/anno.

3.4 CONSUMI ENERGIA ELETTRICA

Sono stati analizzati anche i consumi di energia elettrica, ricavati anche questi dalle fatture d'acquisto.

Oltre al consumo totale di energia sono stati valutati anche i consumi riferiti alle fasce orarie per meglio comprendere l'effettivo impegno.

Le fasce orarie di energia elettrica si suddividono in:

- F1. attiva dal lunedì al venerdì, dalle ore 8.00 alle ore 19.00, escluse le festività nazionali.
- F2. attiva dal lunedì al venerdì, dalle ore 7:00 alle ore 8:00 e dalle ore 19:00 alle ore 23:00 ed il sabato dalle ore 7:00 alle ore 23:00, festività nazionali escluse.
- F3. attiva dal lunedì al sabato dalle ore 00.00 alle ore 7.00 e dalle ore 23.00 alle ore 24.00; domenica e festivi tutte le ore della giornata.

Nell'analisi bisogna tenere in considerazione che è installato un impianto fotovoltaico di potenza elettrica di picco di 14 kW che, pur non rivolto verso una esposizione ottimale, durante la fase estiva dà un buon contributo.

Il consumo annuo di energia elettrica, per gli anni 2019 e 2020, è mediamente pari a 45'500 kWh.

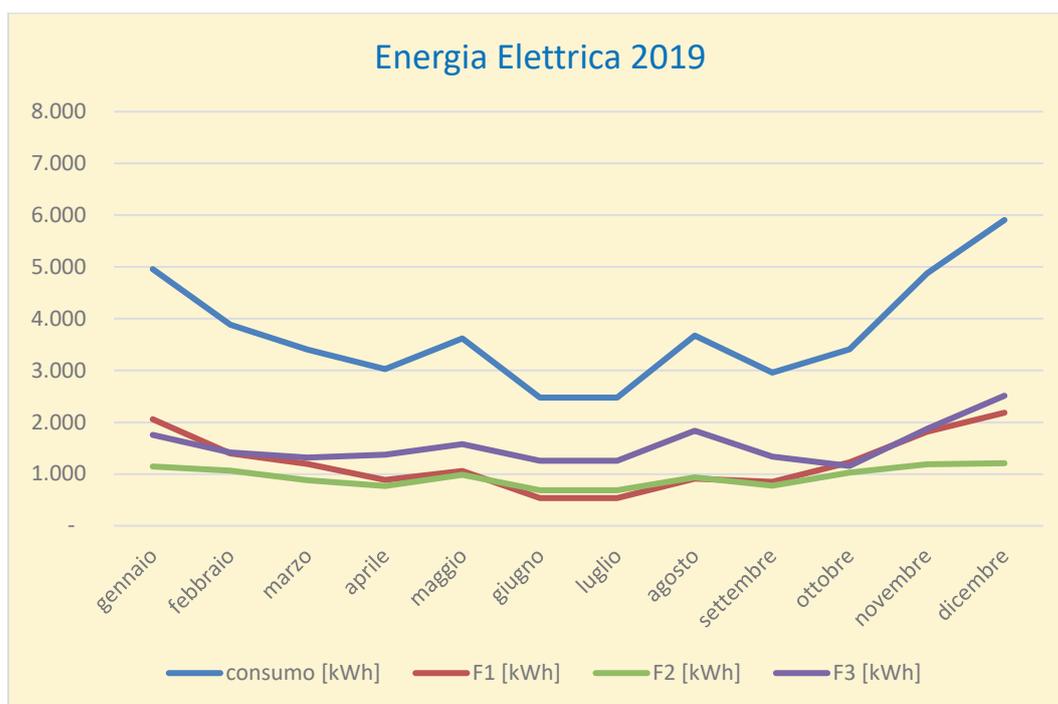


Grafico 2 - Consumi energia elettrica 2019

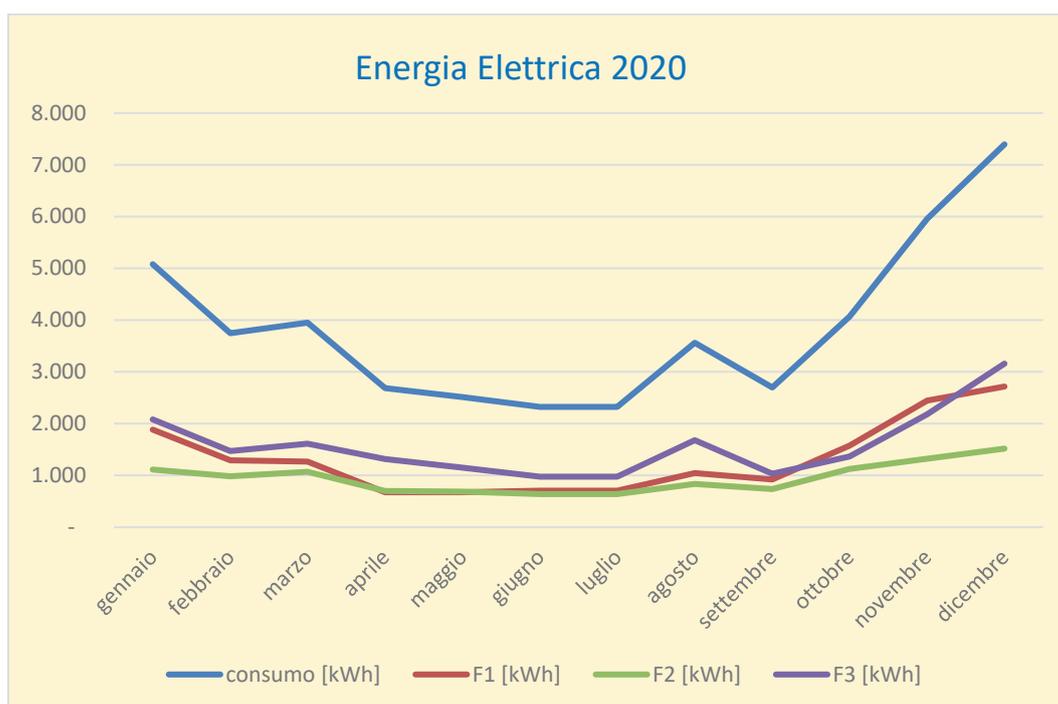


Grafico 3 - Consumi energia elettrica 2020

4 PROGETTO

Sulla base dei consumi rilevati e dei carichi termici ed elettrici stimati, il progetto prevede: la sostituzione degli attuali generatori di calore, la centralizzazione della produzione di energia termica, con l'installazione di un nuovo generatore di calore a condensazione, e la contestuale produzione di energia elettrica, con un impianto di cogenerazione di marca Viessmann.

Sono state valutate due tipologie di cogenerazione: la prima con motore endotermico e la seconda a celle a combustibile. La prima è risultata più conveniente sia per la maggior autoproduzione di energia e sia per il minor costo di investimento iniziale. Nei grafici seguenti è riportata la produzione di energia, termica ed elettrica, ed il confronto con il fabbisogno rilevato.

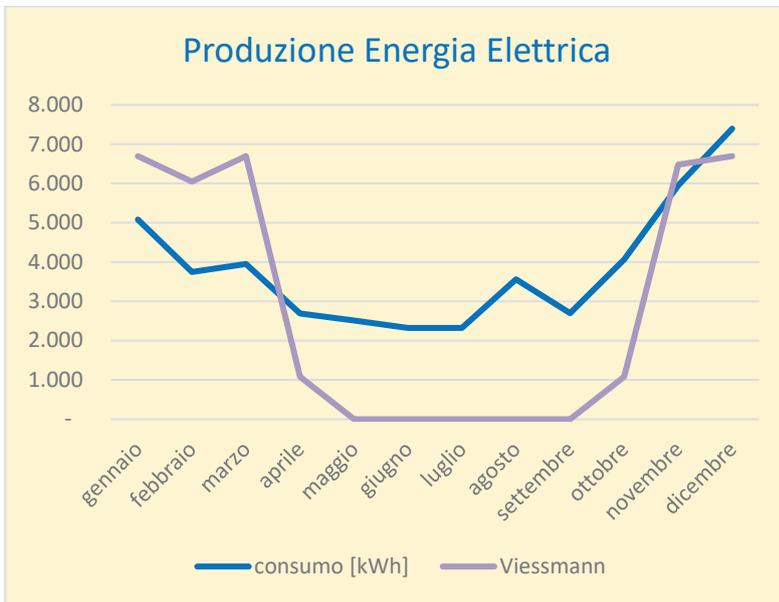


Grafico 4 - energia elettrica autoprodotta

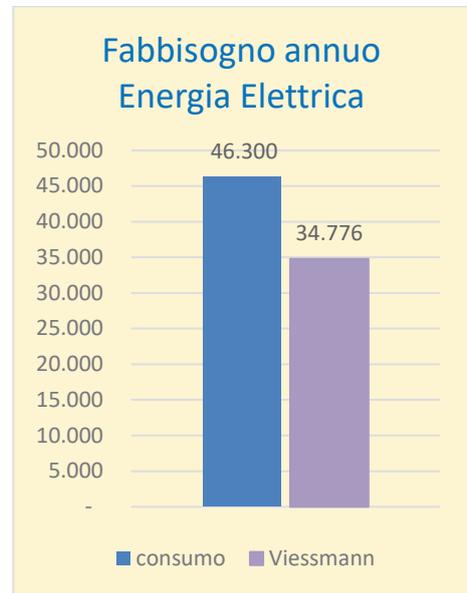


Grafico 5 - copertura fabbisogno elettrico

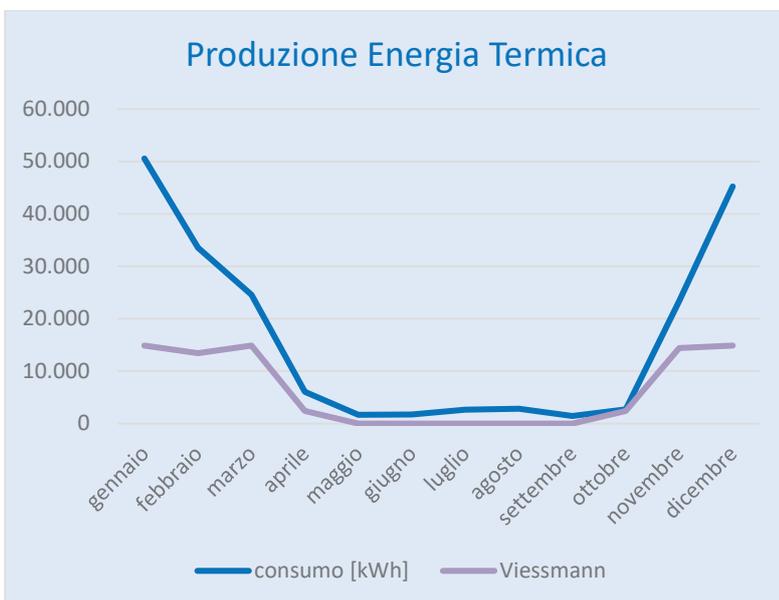


Grafico 6 - energia termica prodotta

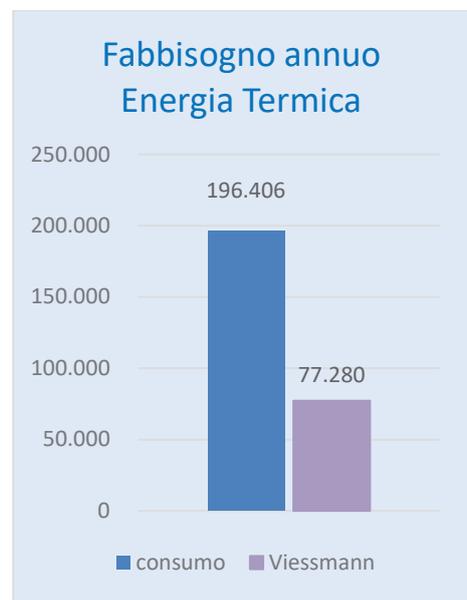


Grafico 7 - copertura fabbisogno termico

In più, trattandosi di una tecnologia presente nel mercato da diversi anni sono state tenute in considerazione anche l'affidabilità e la conoscenza del prodotto da parte dei centri di assistenza.

Il cogeneratore previsto avrà le seguenti principali caratteristiche tecniche:

Viessmann mod. Vitobloc 300 Tipo NG15

- Numero cilindri 3 in linea
- Alimentazione gas metano
- Impiego gas 30,1 kW
- Potenza elettrica 15 kWe
- Potenza termica 38.3 kWt
- Rendimento stagionale 120.6 %
- Tempo funzionamento progetto 4800 h/anno



Figura 5 - cogeneratore

Dato il contesto di installazione, particolare attenzione è stata data anche alla rumorosità dell'impianto ed è stata considerato il modello maggiormente silenziato.

Le misurazioni dichiarate da costruttore, con scarico fumi dotato di silenziatore potenziato e realizzate con un analizzatore di frequenza in tempo reale Classe 1 (EN 60651) secondo DIN 45635, sono le seguenti:

- Distanza 1 m
- Valore misurato 36 dB(A)
- Valore garantito 39 dB(A)

Con questi valori dichiarati possono escludersi problemi di rumorosità all'esterno del locale.

In primo luogo sono previsti la bonifica e lo smantellamento di tutte le apparecchiature presenti nella centrale termica principale a servizio del Monastero, e successivamente alla riqualificazione edile del locale, compresa la risistemazione della pavimentazione e l'intonacatura delle pareti e del soffitto, con adeguamento alle normative vigenti in materia di prevenzione incendi.

All'interno del locale, così riqualificato, è prevista l'installazione di un gruppo di generazione di calore alimentato a gas metano, composto da un cogeneratore che produce acqua calda ed energia elettrica e da una caldaia a condensazione che produce acqua calda aggiuntiva nei momenti di maggior richiesta.

Sarà realizzato l'intero impianto di centrale comprensivo di tutti i dispositivi e le apparecchiature necessari per il corretto funzionamento dell'impianto stesso, compreso un serbatoio di accumulo per ottimizzare il rendimento del cogeneratore.

Il sistema di regolazione sarà rifatto e perfettamente adattato all'installazione dei nuovi generatori.

È prevista anche la riqualificazione dell'impianto di adduzione del gas metano alla centrale termica, nonché il collegamento dello stesso ai due apparecchi utilizzatori.

A partire dalla centrale termica verrà realizzata una nuova rete di distribuzione per il collegamento agli impianti esistenti.

Sarà oggetto di riqualificazione anche la sottocentrale termica del monastero con sostituzione dell'attuale sistema di distribuzione idraulica e l'installazione di sistemi di regolazione per ogni circuito secondario.

Le apparecchiature esistenti e quelle parti di impianto e/o murarie da smantellare, saranno opportunamente rimosse, bonificate (qualora si rendesse necessario) e smaltite da ditte specializzate.

I lavori possono essere riassunti come di seguito specificato:

- svuotamento e allestimento dei locali dedicati alla nuova centrale termica;
- rimozione, asporto e smaltimento dei vecchi generatori di calore;
- demolizione, asporto e smaltimento dei collettori di mandata e ritorno, pompe, valvole e relative tubazioni di raccordo, con relativo isolamento termico;
- demolizione vecchie linee adduzione gas al bruciatore;
- demolizione asporto e smaltimento del quadro elettrico esistente, vecchie linee di potenza, allacciamento punti di regolazione ecc.... (alimentazione pompe, bruciatori, elettrovalvole ecc...), esclusa illuminazione e linee di collegamento alla sonda esterna e sonde ambiente;
- formazione nuovi basamenti di appoggio per i nuovi corpi caldaia e cogeneratore, previa demolizione di quanto esistente;

- fornitura e installazione della nuova caldaia a condensazione e del cogeneratore;
- realizzazione dei nuovi collegamenti idraulici;
- realizzazione nuove linee gas al cogeneratore e al bruciatore, dal tubo principale di adduzione;
- esecuzione di nuovo circuito primario;
- esecuzione dei nuovi collettori principali di mandata e ritorno;
- esecuzione nuovo allacciamento circuito caldaia e cogeneratore ai vasi di espansione;
- fornitura e posa in opera di nuovi gruppi di pompaggio;
- realizzazione isolamento termico sulle nuove linee e collettori acqua calda;
- fornitura e posa in opera di nuovo quadro elettrico;
- fornitura e posa in opera di nuovo sistema di termoregolazione;
- fornitura e realizzazione in opera dei nuovi vasi di espansione chiusi a membrana;
- rifacimento in acciaio al carbonio delle linee di collegamento dei nuovi vasi di espansione al circuito di distribuzione del fluido vettore e di scarico;
- realizzazione di nuova linea idrica per il carico dei vasi di espansione, eseguita in tubo acciaio zincato, dalla CT al relativo locale tecnico, derivata dalla linea esistente a monte dei dispositivi per la decalcificazione e trattamento;
- fornitura e posa in opera di n. 2 nuove canne fumarie in acciaio inox di diametro adeguato;
- realizzazione nuove linee alimentazione caldaie, bruciatori, pompe, prese di servizio, e linea pulsante esterno di sgancio;
- collegamento del cogeneratore all’impianto elettrico esistente e alla rete elettrica per lo “scambio sul posto”
- esecuzione nuovi collegamenti equipotenziali al nodo esistente;
- avviamento dell’impianto e istruzione del personale comunale preposto;
- rilascio delle certificazioni e della documentazione finale prescritta e richiesta.

5 FUNZIONAMENTO

Di seguito verrà descritto il principio di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, con modulo di cogenerazione e caldaia a condensazione, e del collettore installato in sottocentrale termica con circuiti dotati di valvola di miscela a tre vie.

5.1 COMPONENTI PRINCIPALI

I componenti principali dell'impianto sono i seguenti:

- Cogeneratore Vitobloc 300 EM per gestione carico di base
- Caldaia Vitocrossal 200 CT2 (da 370 kW) per gestione carico di picco
- Vitotronic 100 tipo GW2 per regolazione caldaia e circuiti di riscaldamento
- Kit innalzamento temperatura di ritorno per Vitobloc 200 EM
- Puffer di accumulo per Vitobloc 300 EM
- Regolazione puffer SFR
- Circuiti di riscaldamento con valvole miscelatrici
- Bollitore sanitario

5.2 FUNZIONAMENTO DEL COGENERATORE

Il cogeneratore Vitobloc 300 EM preleva il fluido freddo dall'impianto di riscaldamento convogliandolo nel puffer. La pompa di circolazione e la valvola sul ritorno vengono pilotate dalla regolazione del cogeneratore.

Mediante la valvola a tre vie viene garantita una minima temperatura di ritorno come da specifiche del Vitobloc 300 EM. Per le caratteristiche di questi componenti fare riferimento alle specifiche tecniche del modulo scelto.

Per una corretta ottimizzazione dell'impianto il ritorno generale viene collegato al puffer del modulo di cogenerazione e, in serie, all'attacco di ritorno della caldaia a condensazione. La mandata del puffer viene invece convogliata all'attacco di mandata della caldaia.

Il cogeneratore Vitobloc 300 EM viene inserito e disinserto mediante la regolazione del puffer.

Se il sensore temperatura alto del puffer è inferiore al valore impostato (consigliato 70°C) il Vitobloc 300 EM viene avviato. Appena il sensore basso del puffer supera il valore impostato (consigliato 68°C) il Vitobloc 300 EM viene spento.

5.3 GESTIONE DEL PUFFER

Se entrambi i sensori del puffer sono inferiori ai valori impostati il regolatore chiede l'avviamento del cogeneratore. Il Vitobloc 300 EM inizia a scaldare l'accumulo di riscaldamento, la pompa di scarico viene

avviata una volta che è stato raggiunto il valore di set-point impostato sul regolatore e letto dal sensore di temperatura.

La stessa viene spenta quando il valore letto sul medesimo sensore torna sotto al valore di set-point meno una isteresi.

Tutti questi valori sono impostabili sul regolatore; per i valori di set-point da impostare per la regolazione del cogeneratore si consiglia di impiegare i valori consigliati, mentre per il set-point ed isteresi da impostare per l'attivazione del circuito di scarico i valori sono da determinarsi in funzione della tipologia di impianto da asservire.

Per un corretto funzionamento del sistema ad accumulo, la pompa è progettata in modo tale che la portata sia uguale o superiore a quella della pompa con valvola completamente aperta.

5.4 REGOLAZIONE DEI CIRCUITI DI RISCALDAMENTO

I circuiti di riscaldamento vengono allacciati al sistema di regolazione generale. La temperatura di mandata dei circuiti può essere regolata in modo climatico in funzione della temperatura esterna rilevata dall'apposita sonda. Appena viene raggiunta la temperatura esterna di commutazione, la regolazione accende le pompe e comincia ad aprire le valvole di miscelazione impianti. La regolazione comanda apertura e chiusura delle valvole in modo tale da ottenere la temperatura di mandata, rilevate dai sensori, richieste dalle curve climatiche impostate per i due circuiti secondari.

5.5 REGOLAZIONE DEL CIRCUITO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il circuito di carico bollitore sanitario viene allacciato al sistema di regolazione generale. Il sensore di temperatura rileva la temperatura del bollitore, quando il valore rilevato scende al disotto del valore impostato nella regolazione generale, la pompa di carico viene accesa, fino a raggiungimento del valore impostato.

5.6 INTERVENTO DELLA CALDAIA

Come meglio precedentemente specificato, il cogeneratore è stato scelto in base alla tipologia del carico, in modo tale da poter garantire un minimo di funzionamento annuo del modulo.

Quando il carico degli impianti di riscaldamento risulta inferiore alla potenza massima del cogeneratore la portata che ritornerà dagli impianti verrà tutta convogliata al puffer.

Appena questa risulterà superiore alla portata dalla pompa, parte verrà convogliata all'attacco di ritorno della caldaia.

Il passaggio comunque sempre obbligato nella caldaia, permetta alla regolazione della caldaia di controllare la temperatura in uscita mediante l'apposito sensore. Se la temperatura rilevata risulta inferiore al valore richiesto dalla regolazione la Vitocrossal 200 viene avviata.

6 Executive Summary

I principali interventi realizzati sono di seguito elencati:

- Sostituzione del generatore di calore obsoleto con un generatore di calore a condensazione
- Accorpamento di un generatore di calore all'impianto principale e predisposizione per l'allacciamento di altre zone all'impianto centralizzato
- Installazione di gruppo di cogenerazione, per la produzione di energia termica ed elettrica, per funzionamento a gas metano con il 20%vol di idrogeno
- Installazione di uno scambiatore di calore per preservare e proteggere il nuovo generatore di calore e il cogeneratore
- Rifacimento della sottocentrale termica con suddivisione dell'unico circuito di riscaldamento su quattro circuiti dotati ognuno di elettropompa e termoregolazione
- Installazione di valvole termostatiche su ogni corpo scaldante
- Installazione di un sistema di building automation per la termoregolazione, la contabilizzazione dell'energia e la gestione degli impianti anche da remoto
- Installazione di un impianto per il trattamento dell'acqua
- Coibentazione delle tubazioni a vista nei vani tecnici e nei percorsi attraverso vani non riscaldati

7 Conclusioni

Con il progetto e la realizzazione sono stati perseguiti i seguenti obiettivi:

- ✓ Ottimizzazione della produzione di energia
- ✓ Sfruttamento delle Fonti Energetiche Rinnovabili
- ✓ Miglioramento del comfort
- ✓ Risparmi economici
- ✓ Riduzione dei consumi e benefici ambientali

Non è ancora terminata la prima stagione invernale e la validazione dei risultati può essere data solo dopo un ragionevole periodo di funzionamento. Per il momento, le prestazioni degli impianti sono in linea con le previsioni e i primi dati sono soddisfacenti.

