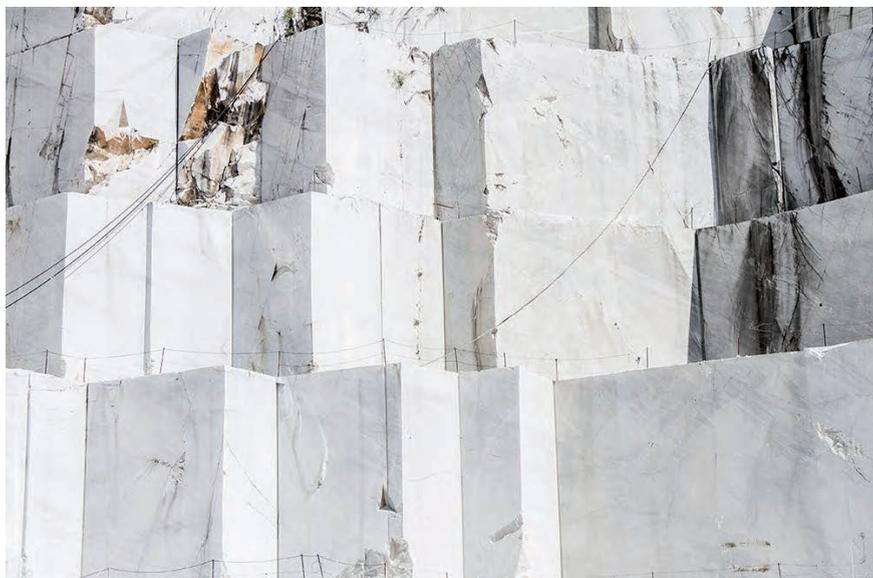


Federica Rosso

Involucro lapideo

**Innovazione, sfide e valorizzazione
del materiale per il risparmio
di energia e risorse**



Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI



Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.



RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

diretta da Giovanni Zannoni (Università di Ferrara)

Comitato scientifico:

Andrea Boeri (Università di Bologna), Carlos A. Brebbia (Wessex Institute of Technology, Southampton), Joseph Galea (University of Malta), Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Giorgio Giallocosta (Università di Genova), Maria Chiara Torricelli (Università di Firenze), Jan Tywoniak (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

La collana *Ricerche di tecnologia dell'architettura* tratta prevalentemente i temi della progettazione tecnologica dell'architettura e del design con particolare attenzione alla costruibilità del progetto. In particolare gli strumenti, i metodi e le tecniche per il progetto di architettura alle scale esecutive e quindi le modalità di realizzazione, trasformazione, manutenzione, gestione e recupero dell'ambiente costruito.

I contenuti scientifici comprendono la storia e la cultura tecnologica della progettazione e della costruzione; lo studio delle tecnologie edilizie e dei sistemi costruttivi; lo studio dei materiali naturali e artificiali; la progettazione e la sperimentazione di materiali, elementi, componenti e sistemi costruttivi.

Nel campo del design i contenuti riguardano le teorie, i metodi, le tecniche e gli strumenti del progetto di artefatti e i caratteri produttivi-costruttivi propri dei sistemi industriali.

I settori nei quali attingere per le pubblicazioni sono quelli dei progetti di ricerca nazionali e internazionali specie di tipo sperimentale, le tesi di dottorato di ricerca, le analisi sul costruito e le possibilità di intervento, la progettazione architettonica cosciente del processo costruttivo.

In questi ambiti la collana pubblica progetti che abbiano finalità di divulgazione scientifica e pratica manualistica e quindi ricchi di spunti operativi per la professione di architetto.

La collana nasce sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi nel 1974.

I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.

A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata affidata a un Comitato scientifico, diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura e proseguire l'importante opera di divulgazione iniziata quarant'anni prima.

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

Federica Rosso

Involucro lapideo

**Innovazione, sfide e valorizzazione
del materiale per il risparmio
di energia e risorse**

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

In copertina: Davide G. Aquini, *Making of*. Per gentile concessione

Copyright © 2018 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

Indice

Prefazione, di <i>Marco Ferrero</i>	pag.	9
1. Energia e risorse: fino al 40% e 80% di potenziale risparmio nell'involucro lapideo	»	13
1. Le sfide attuali: la ricerca della sostenibilità	»	13
2. La questione energetica	»	14
3. La questione delle risorse e il settore lapideo	»	18
4. Un approccio alla questione per il settore delle costruzioni lapidee	»	26
2. Su alcuni elementi costruttivi lapidei oggi: tecniche, vantaggi e problematiche	»	29
1. Ridurre la richiesta di energia e l'utilizzo di risorse con gli involucri lapidei	»	29
2. Lo stato dell'arte	»	34
2.1. Involucro cool e traslucido: la pietra sottile	»	35
2.1.1. Applicazioni nell'ambiente costruito	»	38
2.2. Involucro cool da elementi di scarto: i gabbioni di pietra	»	50
2.2.1. Applicazioni nell'ambiente costruito	»	52
3. Vantaggi e problematiche: le basi per la ricerca	»	56
3. Analisi energetica dell'involucro lapideo	»	61
1. Introduzione	»	61
2. Bilancio termico delle superfici costruite e proprietà dei materiali	»	63
3. Prestazione energetica dell'involucro verticale cool e traslucido	»	65
3.1. Materiali analizzati	»	66
3.2. Metodo di indagine	»	68
3.2.1. Le proprietà intrinseche dell'elemento costruttivo: misure in laboratorio	»	69

3.2.2. Come valutare i dati ottenuti: analisi statistica	pag.	70
3.2.3. Selezione e caratterizzazione del caso di studio	»	70
3.3. Le caratteristiche ottiche intrinseche dell'elemento costruttivo	»	74
3.3.1. Riflettanza, trasmittanza, assorbanza solare	»	75
3.3.2. Indice di resa cromatica – Color Rendering Index (CRI)	»	76
3.4. Il risparmio di energia per il raffrescamento: analisi termica ed energetica	»	77
3.4.1. L'analisi termica dell'edificio	»	77
3.4.2. L'analisi energetica dell'edificio	»	80
3.5. Il risparmio di energia per l'illuminazione	»	81
4. Prestazione energetica dell'involucro cool orizzontale	»	84
4.1. Materiali e metodo	»	84
4.2. Le caratteristiche ottiche e la prestazione termo-energetica	»	86
4.2.1. Monitoraggio sperimentale delle temperature superficiali: prestazione termica	»	87
5. Conclusioni	»	89
6. Appendice	»	91
4. La durabilità e il degrado dell'involucro lapideo	»	97
1. Introduzione	»	97
2. Materiali lapidei considerati	»	98
3. Metodo di analisi e strumenti	»	99
3.1. Preparazione dei campioni	»	100
3.2. Preparazione del test	»	100
4. Variazione di luminosità, brillantezza (<i>gloss</i>) e <i>Distinctness Of Image</i> (DOI)	»	103
4.1. Luminosità	»	104
4.2. Brillantezza (<i>gloss</i>) e <i>Distinctness Of Image</i> (DOI)	»	106
5. Variazione di colore $L^*a^*b^*$	»	107
6. Variazione di riflettanza solare	»	114
7. Conclusioni	»	116
5. Interazione tra energetica e degrado dell'involucro lapideo	»	119
1. Introduzione	»	119
2. Materiali	»	120
3. Metodo	»	120
3.1. Caso di studio e simulazione dinamica	»	121
4. Risultati	»	122
5. Durabilità ed energia: conclusioni	»	125
6. Conclusioni generali e possibili sviluppi	»	126

Postfazione , di <i>Anna Laura Pisello</i>	pag. 129
Ringraziamenti	» 131
Bibliografia	» 133
Indice delle figure	» 143
Indice delle tabelle	» 149

Prefazione

*di Marco Ferrero*¹

La scelta dell'involucro lapideo evoca sempre un linguaggio architettonico che vede le sue origini negli albori della civiltà umana. La forza evocativa della pietra ha permesso a questo materiale di resistere alla rivoluzione modernista del primo novecento e, molti anni dopo, di rinascere quando le ceneri della guerra lo volevano sepolto insieme con il regime che lo aveva imposto nelle sue architetture. Oggi, come in passato, marmi e graniti caratterizzano le sedi delle istituzioni pubbliche e private, i luoghi di culto e spesso anche le più semplici abitazioni.

L'involucro è divenuto, tuttavia, un sistema complesso, cui si richiede di partecipare sia attivamente che passivamente al bilancio energetico dell'edificio; un ruolo finora mai considerato nell'uso dei materiali lapidei. Inoltre la pietra, pur essendo un materiale naturale, produce un'enorme quantità di scarti di produzione, con un impatto sull'ambiente che appare inadeguato rispetto agli attuali criteri di sostenibilità.

Da queste considerazioni emerge in modo chiaro quali siano le sfide da affrontare per consentire alla pietra di mantenere il ruolo di rilievo nelle costruzioni che la storia le ha finora riconosciuto. Sfide che sarà possibile vincere soltanto investendo nell'innovazione tecnologica, in un settore che ancora in gran parte è governato con criteri tradizionali e non molto dissimili – se non per l'elevato grado di meccanizzazione – da quelli impiegati nell'antichità.

Federica Rosso, PhD e assegnista presso il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile Ambientale dell'Università Sapienza di Roma, svolge da molti anni attività di ricerca scientifica sul tema dei materiali lapidei e dell'efficienza energetica. Al suo lavoro si deve in gran parte la costituzione del

¹ Prof. Marco Ferrero, professore associato di Architettura Tecnica e direttore del gruppo di ricerca StonEng presso il DICEA, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Ambientale, Sapienza Università di Roma.

gruppo di ricerca, guidato dal sottoscritto, rivolto allo studio di materiali e tecniche innovative, nell'ambito del settore Architettura Tecnica dello stesso Dipartimento.

Nella presente monografia, la ricercatrice espone e sintetizza i risultati degli studi fin qui condotti. Le conclusioni presentate sono tutte basate su evidenze sperimentali, che la stessa autrice ha sviluppato in parte alla New York University, Tandon School of Engineering, in collaborazione con l'equipe del Prof. Masoud Ghandehari, e in parte in collaborazione con il gruppo di Ricerca del professor Franco Cotana e della dott.ssa Anna Laura Pisello presso il CIRIAF – Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici “Mauro Felli” all'Università di Perugia.

Il testo si apre analizzando le potenzialità di sviluppo dell'involucro lapideo nell'ambito energetico e della salvaguardia delle risorse. Non si tratta – si badi bene – di una semplice introduzione. L'associazione tra lo studio dei materiali lapidei e la tematica energetica è il primo e forse più importante risultato della ricerca condotta da Federica Rosso; un campo di indagine quasi inesplorato eppure, al tempo stesso, di primaria importanza per i motivi di cui si è detto.

Successivamente, nella monografia, sono presentati alcuni procedimenti costruttivi in pietra innovativi che risultano particolarmente efficaci dal punto di vista del risparmio energetico e del corretto utilizzo delle risorse. Si tratta dei pannelli di marmo sottile traslucido e dei “gabbioni” riempiti di pietrame: due soluzioni recenti e tra loro antitetiche, una leggerissima e l'altra massiva. La prima si dimostra utile nel ridurre gli effetti dell'irraggiamento solare in estate, la seconda consente un'ottima inerzia termica e, al contempo, si basa sul riutilizzo degli scarti di produzione.

La successiva parte del libro è dedicata ai risultati sperimentali, che vengono illustrati, analizzati e messi in relazione con le premesse e le conclusioni della ricerca. L'evidenza dei grafici e il supporto numerico costituiscono di per sé una novità rispetto a molta manualistica tecnica del settore.

Segue una trattazione, anch'essa basata su risultati sperimentali, del degrado dei materiali lapidei per effetto dell'esposizione agli agenti atmosferici. Lo studio di questo tema, riferito abitualmente alle problematiche percettive e di restauro dei beni culturali, viene qui del tutto rivisto, evidenziando gli effetti del degrado sulle caratteristiche rilevanti a fini energetici, quali la riflettanza solare dell'involucro lapideo.

L'ultima parte del testo mette vicendevolmente in relazione le risultanze delle parti precedenti, giungendo alle conclusioni finali e individuando possibili sviluppi futuri di ricerca.

Ritengo che il lavoro di Federica Rosso sia innovativo e di sicuro interesse sia per gli studiosi, sia per i progettisti che operano con i materiali lapidei. Si tratta di materiali immortali che, proprio nel momento in cui sembrano in declino, sono in grado di riproporsi e di adeguarsi ai tempi e alle esigenze che cambiano; a patto, naturalmente, di saper guardare più avanti e cogliere in anticipo gli indirizzi da seguire, ciò che, appunto, questo libro si propone di offrire al lettore.

1. Energia e risorse: fino al 40% e 80% di potenziale risparmio nell'involucro lapideo

1. Le sfide attuali: la ricerca della sostenibilità

Garantire la sostenibilità delle condizioni di vita attuali per le generazioni future, nonché migliorarle nel caso di paesi in cui tali condizioni non siano accettabili, è uno degli obiettivi della società civile e scientifica contemporanea. La definizione di sostenibilità si presta a molteplici interpretazioni, a partire dall'ampia definizione data nel report delle Nazioni Unite *World Environmental Commission* (Bruntland 1987), che la definisce relativamente allo sviluppo “*humanity has the possibility to make development sustainable – to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their needs*” (“l’umanità ha la possibilità di rendere lo sviluppo sostenibile – di assicurare che siano soddisfatti i bisogni del presente senza compromettere l’abilità delle future generazioni di soddisfare i loro bisogni”).

Lo studio della sostenibilità, così largamente intesa, avviene all’interno di numerosi ambiti e discipline, ognuna delle quali declina il termine secondo i propri settori di pertinenza (Liu 2009). La sostenibilità può essere intesa come ambientale, economica, sociale. A sua volta, i confini tra questi differenti aspetti della sostenibilità si sovrappongono e si includono, influenzandosi a vicenda (Fig. 1).

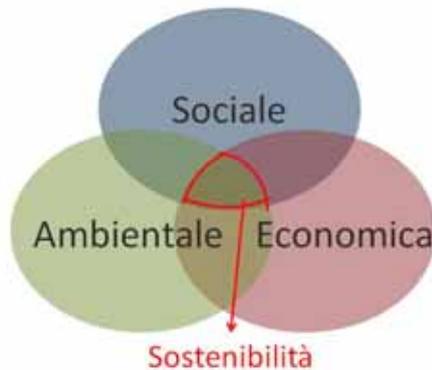


Fig. 1. La sostenibilità e i suoi componenti.

In questo saggio, sarà preso in considerazione il tema della sostenibilità ambientale, applicando la definizione sopra citata al mantenimento delle condizioni ambientali e climatiche, così come delle materie prime e delle risorse del nostro pianeta. Bisogna tuttavia considerare che tale aspetto ha dirette conseguenze sulla sostenibilità sociale ed economica: considerando ad esempio gli ambienti urbani, garantire il mantenimento delle condizioni ambientali ha conseguenze importanti sull'accesso a determinate condizioni di comfort per i cittadini.

Nei prossimi paragrafi saranno introdotte più nel dettaglio le macroaree all'interno delle quali la sostenibilità viene approfondita in questa trattazione, cioè il campo dell'energia, delle risorse e del settore lapideo in particolare, al fine motivazioni avere un quadro generale dei fattori da tenere in considerazione al momento attuale quando si parla di costruzioni e architettura, e in particolare di costruzioni e architettura in pietra.

2. La questione energetica

Il cambiamento climatico e il riscaldamento globale sono tra le maggiori sfide che le nostre generazioni si trovano ad affrontare (Haines et al. 2006; Hansen et al. 2010; Moriarty and Honnery 2015). Questi fenomeni, tra gli altri numerosi effetti, comportano infatti un deterioramento dell'ambiente e

delle condizioni di comfort ambientale, inteso come benessere, aumentando la vulnerabilità delle persone e la ricorrenza e intensità di fenomeni quali le ondate di calore (Jenkins et al. 2014). Sia cambiamento climatico che riscaldamento globale sono associati alle attività umane e all'emissione di gas inquinanti (CO₂ in particolare) (Haines et al. 2006; Li et al. 2014). Dal 1970 è stato valutato un innalzamento della temperatura globale terrestre di circa 0.20 °C ogni dieci anni, che corrisponde ad oggi ad un aumento di quasi 1 °C dal 1970 (Hansen et al. 2010). Numerose contromisure sono state prese a livello nazionale e internazionale negli anni, ultimo tra tutti in questo senso il summit delle Nazioni Unite che si è tenuto a Parigi nel Dicembre 2015, proprio sul tema del Cambiamento Climatico (United Nations 2015). Il summit di Parigi 2015 ha richiesto l'adesione ad un Accordo, secondo il quale i Paesi firmatari devono impegnarsi a raggiungere una determinata riduzione delle emissioni.

Nell'ambito del fenomeno del riscaldamento globale, a livello di insediamenti urbani, nelle grandi aree metropolitane è stato riconosciuto il fenomeno noto come "Isola di Calore" (*Urban Heat Island, UHI*, Fig. 2) che va ad esacerbare gli effetti del riscaldamento globale nelle città (Oke 1982; Rizwan et al. 2008). Si osservano infatti, in corrispondenza di aree ad alta intensità energetica e industriale, temperature fino a 12 °C più alte che nelle circostanti aree suburbane e rurali. Le cause sono numerose: (i) una maggiore copertura del terreno, con conseguente mancanza di spazi verdi, e quindi minore evapotraspirazione, unita alla carenza di superfici evaporanti; (ii) ridotta circolazione dell'aria e *solar trapping* dovuti alla morfologia urbana; (iii) aumento di superficie esposta alla radiazione, causata dalla presenza di costruzioni; (iv) quantità sempre maggiori di calore antropogenico, ovvero calore prodotto dalle attività umane e dai consumi energetici ad esse correlati; (v) maggiore assorbimento di calore solare da parte delle superfici pavimentate, dovuto alla scelta dei materiali; (vi) presenza di aerosol nell'aria, che influiscono di nuovo sull'assorbimento della radiazione solare (Santamouris 2014). Gli effetti sono molteplici, a livello economico, a partire dalle difficoltà per il settore agricolo, fino a problematiche per la salute umana e al deterioramento della qualità dell'aria e dell'ecosistema nelle zone considerate (Moriarty and Honnery 2015).

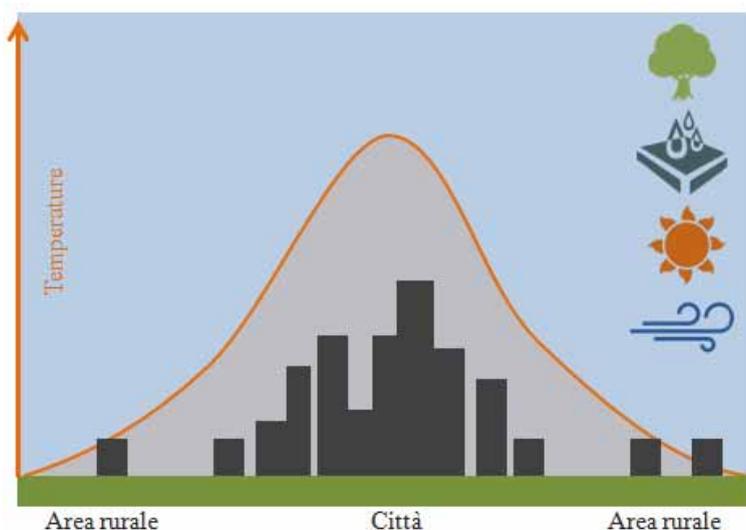


Fig. 2. Il fenomeno dell'Isola di Calore.

La riduzione del consumo energetico e quindi delle emissioni, così come l'attento utilizzo di materiali all'interno delle aree urbane, si delinea, rispetto al fenomeno dell'isola di calore, come un obiettivo importante da perseguire, per mitigare le problematiche legate all'aumento delle temperature. In particolare, il settore delle costruzioni è riconosciuto come uno dei principali utilizzatori di energia in assoluto, tra gli altri settori: infatti il 40% del consumo totale di energia è imputabile proprio a questo ambito (IEA 2013a), che possiede di conseguenza un grande potenziale di riduzione dei consumi e delle emissioni.

Analizzando questo dato più nel dettaglio, i consumi energetici legati agli edifici si dividono come segue: (i) la percentuale più ampia (33%) è legata al condizionamento degli spazi interni degli edifici (riscaldamento e raffreddamento) per raggiungere condizioni di comfort termico, sia negli edifici residenziali che commerciali; (ii) quasi il 25% di energia è utilizzata per riscaldare l'acqua nel caso di edifici residenziali, il 12% in ambito commerciale; (iii) l'illuminazione costituisce invece il 16% dei consumi per il commerciale e il 4% per gli edifici residenziali; infine, (iv) la restante percentuale è dovuta ad altri dispositivi ed elettrodomestici (9% residenziale, 32% commerciale) (IEA 2013b; Berardi 2016).

Da questi dati emerge che la richiesta di energia per il raffrescamento e il riscaldamento costituisce la più grande fetta di consumo negli edifici, che rappresentano uno dei settori più energivori in assoluto. Pertanto, agire su

questo consumo, migliorando ad esempio l'efficienza energetica dell'involucro edilizio, appare come una soluzione fondamentale e potenzialmente efficace per ridurre consumi ed emissioni in modo sensibile, e al contempo quindi mitigare il fenomeno dell'isola di calore e del riscaldamento globale, su più larga scala.

Le osservazioni ed i dati relativi alla questione energetica appena affrontata e all'Isola di Calore (*Urban Heat Island, UHI*) appaiono ancora più rilevanti alla luce delle proiezioni delle Nazioni Unite sulla popolazione mondiale e in particolare sulla porzione di popolazione che risiederà nelle città nel prossimo futuro (United Nations 2014).

Infatti è prevista una crescita considerevole degli abitanti del nostro pianeta per il 2050: ad oggi la popolazione mondiale è composta di 7,244 miliardi di individui, ma ci si aspetta che raggiunga quasi 10 miliardi di individui nel 2050 (9,550,945,000 di persone) (Fig. 3).

Inoltre, la popolazione allocata nelle città è passata dal 29.6% della popolazione totale nel 1950 al 54.0% di oggi: quindi più della metà della popolazione mondiale risiede nelle aree urbane. Anche in questo caso si stima che nel 2050 questa percentuale salga, e che almeno il 66.4% della popolazione mondiale risiederà nelle aree urbane. Questo numero è ancora maggiore se si considerano solo i Paesi più sviluppati, dove la stima sale all'85.4% della popolazione che è previsto risiederà nelle città (Fig. 4).

Pertanto, il ruolo e la sostenibilità delle aree urbane saranno messi ancora più alla prova nei prossimi anni, vista l'enorme crescita prevista e l'inasprirsi delle problematiche illustrate sopra, in un circolo che si autoalimenta.

Questo spinge a trovare con urgenza strategie atte a mitigare l'isola di calore e conseguentemente il riscaldamento globale: temperature maggiori nelle città portano e porteranno a un sempre maggiore utilizzo di impianti di condizionamento in estate, aumentando di riflesso le emissioni di anidride carbonica e degradando il benessere termico in quelle aree.

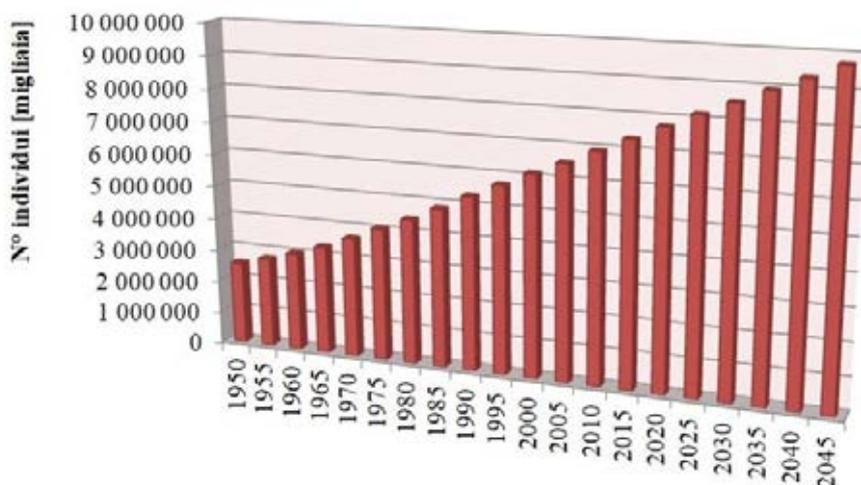


Fig. 3. Popolazione mondiale: dal 1950 a oggi e proiezioni fino al 2050.

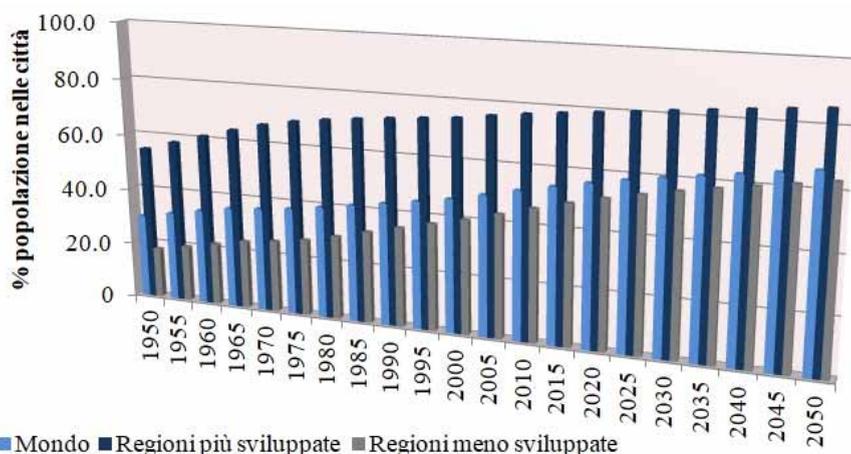


Fig. 4. Popolazione nelle città: dal 1950 a oggi e proiezioni fino al 2050.

3. La questione delle risorse e il settore lapideo

Un'ulteriore criticità per il futuro è l'esaurimento e il consumo delle risorse naturali del nostro pianeta, insieme all'inquinamento a esso correlato e agli altri pericoli ambientali che esso comporta.

Ogni anno vengono utilizzati ben 60 miliardi di tonnellate (equivalenti a 60 Gt) di materie prime (Krausmann et al. 2009): solo pochi paesi, tra tutti,

consumano la maggioranza delle risorse disponibili, e questa problematica tenderà quindi a divenire sempre più rilevante man mano che anche i paesi in via di sviluppo raggiungeranno le stesse necessità di risorse (Pacheco-Torgal and Labrincha 2013). Solo durante l'ultimo secolo, la quantità di materie prime consumate è aumentata di ben otto volte rispetto a prima, mentre è previsto un raddoppio nei prossimi 40 anni (Krausmann et al. 2009).

Whitmore, Pacheco-Torgal e colleghi (Whitmore 2006; Pacheco-Torgal and Labrincha 2013) nei loro studi riportano che la sola industria mineraria ha generato 6000 Mt di scarto, per produrre 900 Mt di materiale: questo significa che l'85% di materiale estratto è di scarto, mentre solo il 15% della risorsa estratta viene utilizzata. L'impatto di questo dato è impressionante, pensando alla quantità di materiale, e quindi di risorsa, scartata. Questo, tra l'altro pone problemi legati allo smaltimento dello scarto.

Anche in questo caso, come per il consumo di energia di cui al paragrafo precedente, il settore delle costruzioni è responsabile di ben il 50% del consumo totale di materie prime, denotandosi come il maggior consumatore di materiale tra tutte le attività umane (Pacheco-Torgal and Labrincha 2013) e confermando allo stesso tempo la sua potenzialità nel ridurre l'utilizzo globale di materie prime, mitigandone l'impatto.

Al fine di tutelare e incoraggiare uno sviluppo "più sostenibile", 189 Paesi hanno firmato i "Millennium Development Goals" per il 2015, documento nel quale il 7° obiettivo era proprio "*to ensure environmental sustainability*" ("assicurare la sostenibilità ambientale"):

Più nel dettaglio, il Millennium Development Goal 7 dichiarava:

7. Garantire la sostenibilità ambientale, e in particolare il punto 7.A. Integrare i principi di sviluppo sostenibile nelle politiche e nei programmi dei paesi; invertire la tendenza attuale nella perdita di risorse ambientali.

Oggi i "Sustainable Development Goals" sono supportati dalle Nazioni Unite (United Nations).

In quest'ambito, l'utilizzo di materiali naturali è considerato preferibile rispetto a quelli artificiali, perché consentono di ottenere una riduzione dell'impatto ambientale da loro causato, dovuta al più semplice processo industriale e tecnologico necessario alla loro produzione, se comparato a quello di molti materiali artificiali. Alcuni materiali naturali a questi vantaggi aggiungono ottime caratteristiche intrinseche, siano esse termiche o ottiche o di altro tipo, che permettono loro di essere particolarmente adatti a un'efficiente applicazione come materiali da costruzione, migliorando la prestazione dell'edificio.

In questo panorama, il settore dei materiali lapidei si delinea come un mercato importante, a livello globale, europeo e nazionale. Il commercio internazionale di prodotti lapidei vale 25.7 miliardi di euro, in crescita dal 2014