

LA PROGETTAZIONE SOSTENIBILE

METODI E STRUMENTI



Maurizio Biolcati Rinaldi
Dipartimento di Ingegneria - Università di Ferrara

Settore edile e delle costruzioni

Noto come "il 40% dell'industria":

- **40%** di tutte le risorse di materiale e di energia sono usati per costruire e far funzionare le costruzioni
- **40%** dei rilasci di CO₂ vengono dalla costruzione e dal funzionamento degli edifici
- **40%** degli sprechi totali deriva dalle attività di costruzione e di demolizione

Fonti energetiche domestiche

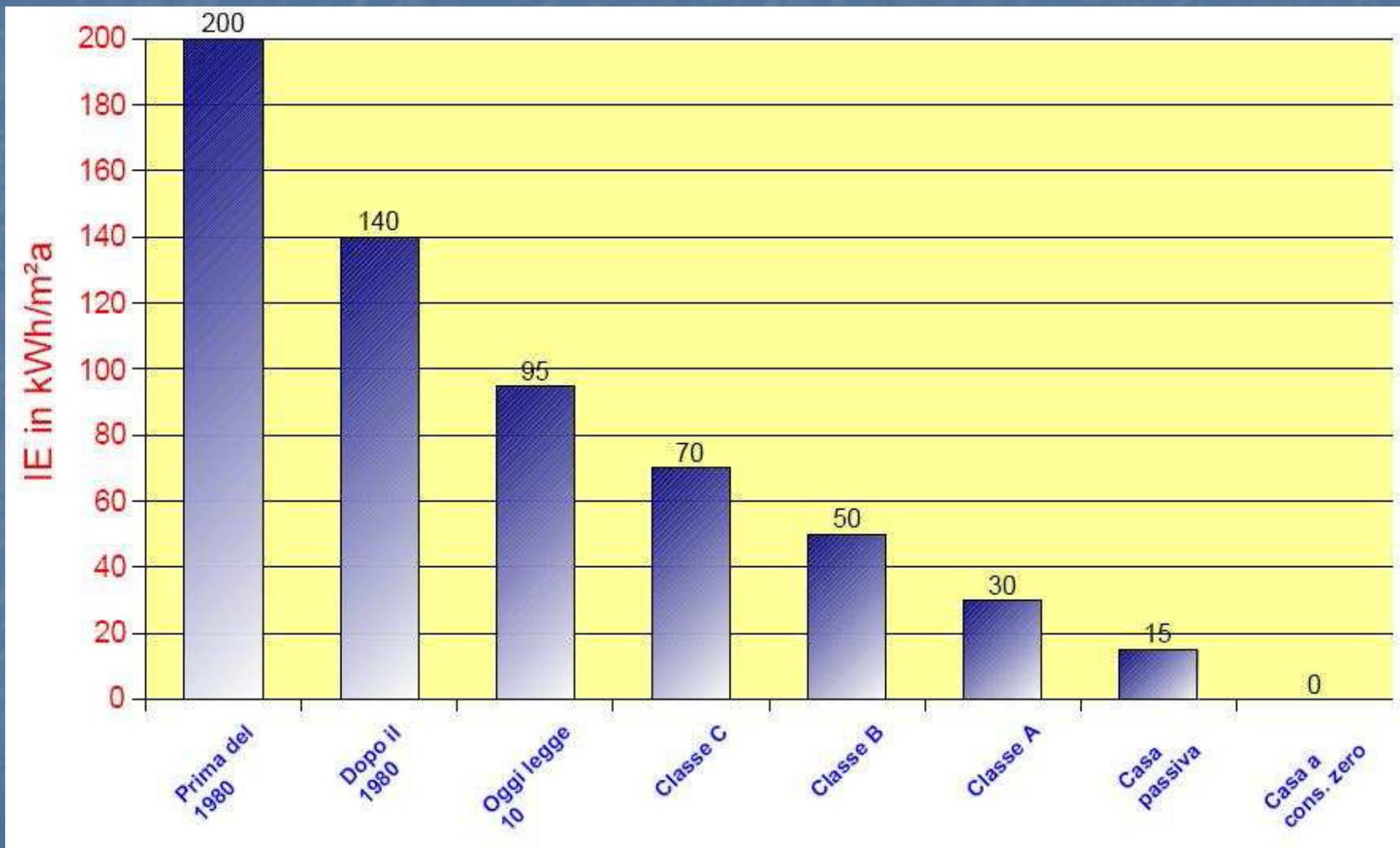
Le principali fonti energetiche

- gas metano (62%)
- gasolio (31%)
- legna (4%)
- GPL (1,2%)

Le Fonti energetiche elettriche

- 14% circa dei consumi energetici

Settore edile e delle costruzioni



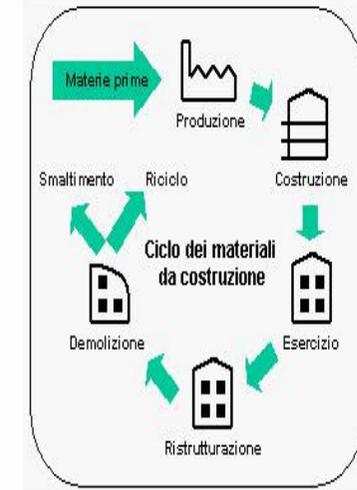
Settore edile e delle costruzioni

■ Fasi del processo costruttivo

- Sito – Pianificazione – Progettazione
- Costruzione
- Uso
- Demolizione – Riuso

■ Ciclo di vita utile

- Metodo integrato “dell’edilizia e delle costruzioni sostenibili” (SBC) - copre non solo attività di costruzione ma l'intero processo
- Valutazione dell’impatto ambientale riferito all’intero ciclo della vita della costruzione



Terminologia connotativa

- **architettura** = arte del costruire
- **bio** = favorevole alla vita
- **eco** = in equilibrio con l'ambiente
- **logica** = intelligente e razionale
- **naturale** = secondo natura, che impara dalla natura
- **sostenibile** = che soddisfa i bisogni dell'attuale generazione senza penalizzare le future

SOSTENIBILITA'

- J.R. Hichs definì la **SOSTENIBILITÀ** come il “**massimo ammontare che una comunità può consumare in un certo periodo e rimanere, tuttavia, lontana dall'esaurimento delle risorse come all'inizio**”
- Il “rapporto Bruntland” (1987) definì **SVILUPPO SOSTENIBILE** lo “**sviluppo che risponde alle necessità del presente, senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare le proprie esigenze**”

SOSTENIBILITA'

- l'ONU (WCU-Wildlife Conservation Union-, UNEP-United Nations Environment Programme 1970-, WWFN-World Wild Fund for Nature-) nel 1992 disse che **“per sviluppo sostenibile s'intende un miglioramento di qualità della vita, senza eccedere la capacità di carico degli ecosistemi alla base”**
- l'ICLEI -Internacional Council for Local Environmental Iniziatives nel 1994 descrisse come SVILUPPO SOSTENIBILE lo **“sviluppo che offre servizi ambientali, sociali ed economici di base a tutti i membri di una comunità, senza minacciare l'operabilità dei sistemi naturale, edificato e sociale da cui dipende la fornitura di tali servizi “**

CARTA DI AALBORG (1994)

Conferenza europea sulle città sostenibili

- **Parte I** - Dichiarazione di principio: Le città europee per un modello urbano sostenibile
- **Parte II** - La Campagna delle città europee sostenibili
- **Parte III** - L'impegno nel processo d'attuazione dell'Agenda 21 a livello locale: piani locali d'azione per un modello urbano sostenibile
- Con la firma della Carta le città e le regioni europee si impegnano ad attuare l'**Agenda 21 a livello locale** e ad elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile, nonché ad avviare la campagna per uno sviluppo in tale senso delle città europee

CARTA DI AALBORG (1994)

Conferenza europea sulle città sostenibili

- **Parte I - Dichiarazione di principio: Le città europee per un modello urbano sostenibile**
 - Adottare *strategie locali* per un modello urbano sostenibile
 - Risolvere i problemi attraverso *soluzioni negoziate*
 - Portare l'economia urbana verso un *modello sostenibile*
 - *investire* nella *conservazione del rimanente capitale naturale*, ovvero acque di falda, suoli, habitat per le specie rare
 - *favorire la crescita del capitale naturale* riducendo l'attuale livello di sfruttamento, in particolare per quanto riguarda le energie non rinnovabili
 - *investire per ridurre la pressione sul capitale di risorse naturali esistenti* attraverso un'espansione di quelle destinato ad usi antropici, ad esempio gli spazi verdi per attività ricreative all'interno delle città, in modo da ridurre la pressione sulle foreste naturali
 - *migliorare l'efficienza dell'uso finale dei prodotti*, ad esempio utilizzando edifici efficienti dal punto di vista energetico e modalità di trasporto urbano non nocive per l'ambiente

CARTA DI AALBORG (1994)

Conferenza europea sulle città sostenibili

■ **Parte II - La Campagna delle città europee sostenibili**

- favorire il *sostegno reciproco* tra le città europee per quanto riguarda la progettazione, lo sviluppo e l'applicazione di politiche orientate alla sostenibilità
- *raccogliere* e diffondere *informazioni* sugli esempi positivi a livello locale
- *promuovere* il principio della sostenibilità presso *altri enti locali*
- *aumentare* il numero di *città* che sottoscrivono la carta
- *organizzare* annualmente un *premio* per la "*città sostenibile*"
- *fornire* alla Commissione europea *suggerimenti* relativi alle varie politiche
- *fornire materiale* per le relazioni sulle città sostenibili del *gruppo di esperti* per l'ambiente urbano
- *sostenere* gli *amministratori locali* nell'attuazione delle raccomandazioni e norme emanate in questo settore dall'Unione europea
- *pubblicare* un *bollettino di informazione* della campagna

CARTA DI AALBORG (1994)

Conferenza europea sulle città sostenibili

- **Parte III - L'impegno nel processo d'attuazione dell'Agenda 21 a livello locale: piani locali d'azione per un modello urbano sostenibile**
 - *individuazione degli schemi finanziari e di programmazione* esistenti nonché di ogni altro piano e programma;
 - *individuazione sistematica*, da realizzarsi facendo ampio ricorso alla consultazione dei cittadini, *dei problemi e delle rispettive cause*;
 - *attribuzione di priorità* per affrontare i problemi individuati;
 - *formazione di un punto di vista comune* per quanto riguarda un modello sostenibile di collettività attraverso un processo di partecipazione che coinvolga tutti i settori interessati;
 - *valutazione delle opzioni strategiche alternative*;
 - *adozione di piani locali di azione a lungo termine* orientati alla sostenibilità e che comprendano obiettivi misurabili;
 - *programmazione dell'attuazione del piano*, compresa la realizzazione di uno scadenziario e l'attribuzione delle diverse responsabilità tra le parti;
 - *istituzione di sistemi e procedure di relazione e monitoraggio* dell'attuazione del piano

AGENDA 21

- Il Programma di Agenda 21 *stabilisce i principi e i criteri verso cui devono orientarsi le politiche dello sviluppo*, a livello globale, nazionale e locale, per il 21° secolo e fissa alcuni obiettivi di carattere generale da perseguire.
- Una delle principali finalità dell'A21 è di *integrare i temi della gestione ambientale e dell'equità sociale* all'interno dei programmi e delle politiche di settore già esistenti, sia sul piano internazionale, sia a livello dei singoli paesi.
- Il programma dell'A21 è costituito da *quaranta diversi capitoli che trattano le problematiche di vari settori dello sviluppo* (es. agricoltura, pesca, attività estrattive, attività produttive, trasporti, demografia, ecc.) ed individuano il *ruolo dei diversi attori* sociali, economici, culturali, nonché le azioni che ogni attore può intraprendere per raggiungere obiettivi di sviluppo sostenibile

AGENDA 21 locale

- individuazione delle *risorse finanziarie*, degli *indirizzi* e dei *vincoli* previsti dai vigenti strumenti di programmazione e di pianificazione
- identificazione sistematica, tramite estesa consultazione pubblica, dei *problemi ambientali* e delle *relative cause*
- attribuzione, agli obiettivi dell'azione, di *priorità* coerenti con i problemi individuati
- formazione di una *visione condivisa su un modello sostenibile di comunità locale*, mediante un processo partecipativo che coinvolga tutti i settori interessati;
- valutazione di *strategie alternative di intervento*
- adozione di un *piano d'azione locale a lungo termine per la sostenibilità che includa target misurabili*
- programmazione dell'*attuazione del piano*, con uno *scadenziario* e una precisa attribuzione di *responsabilità*
- istituzione di *sistemi e procedure per il monitoraggio e la valutazione degli effetti del piano*

AGENDA 21 locale

- **Momenti fondamentali di formazione di AGENDA 21 locale**
 - **AUDIT** - Accoglie i *dati sullo "stato di salute"* ambientale, sociale, economica e culturale di una comunità e di un territorio.
 - **FORUM** - *Gruppo di lavoro* in cui si confrontano i diversi "portatori d'interesse" con l'obiettivo di costruire una visione comune del futuro sostenibile, oltre che di individuare gli obiettivi dell'A21 e le priorità di intervento.
 - **PIANO DI AZIONE** - *Traduce gli obiettivi in un piano operativo*, con individuazione delle iniziative da intraprendere, strumenti, scadenze temporali, soggetti attuatori.
 - **VERIFICA** - *Monitoraggio dello stato di attuazione del piano* per la verifica del raggiungimento degli obiettivi fissati e l'introduzione di eventuali integrazioni e correzioni.

AGENDA 21 locale

■ PIANIFICAZIONE AMBIENTALE

■ OBIETTIVI

- rendere più efficace e sostenibile l'uso delle risorse
- coinvolgere la comunità locale per raggiungere il consenso
 - *dialogare con i propri cittadini, le organizzazioni locali e le imprese private*
 - *acquisire informazioni preziose*
 - *formulare le migliori strategie anche sulla base delle esigenze locali*
 - *valutare ed adattare nel tempo i programmi, le politiche e i provvedimenti amministrativi*

■ SVANTAGGI SENZA PIANIFICAZIONE

- sovrapposizione di iniziative simili, con conseguente spreco di risorse
- sottostima dei problemi e della loro urgenza

AGENDA 21 locale

■ FORUM AMBIENTALE

■ SOGGETTI COINVOLTI

- autorità locale
- imprenditori e industriali
- agenzie governative nazionali e centri di ricerca
- popolazione locale
- associazioni per la difesa della natura

■ COMPITI

- rappresentare gli interessi di cui è portatore in tutte le fasi del processo (analisi, pianificazione, attuazione e monitoraggio)
- promuovere il coinvolgimento della popolazione locale
- diffondere le informazioni

AGENDA 21 locale

■ PIANO D'AZIONE

■ OBIETTIVI GENERALI

- identificare i problemi ambientali locali e le relative cause
- definire gli obiettivi concreti dell'azione ambientale (sfera ambientale, sociale, economica o culturale)
- non devono essere necessariamente misurabili, almeno in questa fase, con gli indicatori adottati

■ OPZIONI ATTUATIVE

- stabilire le priorità di intervento (sulla base dei vincoli di bilancio e tempi di realizzazione)

■ PROGRAMMI SPECIFICI DI AZIONE AMBIENTALE

- analizzare la compatibilità reciproca dei programmi
- valutare l'impatto ambientale dei programmi
- verificare la rispondenza dei programmi agli obiettivi dell'azione ambientale

AGENDA 21 locale

■ VERIFICA

■ FASE DI MONITORAGGIO

- adottare opportuni indicatori
- valutare risultati raggiunti in base ai target adottati per ogni specifico programma

■ EFFICACIA DEL MONITORAGGIO

- dimostrare la capacità del piano di soddisfare gli obiettivi previsti
- (in caso negativo) intervenire con le azioni:
 - identificare dei problemi che impediscono il raggiungimento dei target
 - adattare opportunamente i programmi, in modo da superarli

BIOARCHITETTURA

Settore dell'architettura che:

- si occupa (e preoccupa) degli ***effetti biologici*** e degli ***inquinanti*** connessi con gli edifici e gli arredamenti
- tratta di argomenti come:
 - il ***migliore sfruttamento dell'energia***, naturale ed artificiale, per l'illuminazione e il riscaldamento
 - l'uso di ***materiali non inquinanti***, di ***tecnologie sostenibili***

Viene indicata anche con altri termini come

architettura bioclimatica

BIOCLIMATICA

1928 – termine usato da dal botanico e climatologo tedesco Köppen per sviluppare un **sistema di classificazione del macroclima terrestre** basato sull'adattamento climatico della vegetazione nelle diverse zone del pianeta

APPLICAZIONE DEL TERMINE BIOCLIMATICA ALL'ARCHITETTURA

I fratelli Olgyay architetti americani di origine ungherese, per primi studiarono, secondo un approccio scientifico, le problematiche connesse con le interazioni tra clima e architettura, approfondendo in modo particolare l'aspetto del controllo solare.

APPROCCIO BIOCLIMATICO ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E URBANA

- Si sviluppa in Europa con la crisi energetica
- Diventa più rilevante a causa della crisi ambientale tuttora in atto.
- Viene riformulata oggi in modo radicale e integrale definendo i paradigmi del costruire e del vivere l'architettura e la città in un'ottica di sviluppo bio-ecologico e sostenibile.

SFIDA DELLE CITTA' EUROPEE

- Migliorare la qualità della vita delle comunità urbane e delle regioni urbane limitrofe.
- Promuovere lo sviluppo sostenibile valutato in base ad elementi economici, architettonici, ambientali, sociali e culturali.

OBIETTIVI COMUNI

- Controllare qualità dell'aria e inquinamento acustico
- Gestire traffico e rifiuti
- Promuovere competitività economica e occupazione
- Garantire sicurezza e mantenimento delle infrastrutture e dell'ambiente edificato in degrado
- Ridurre l'esclusione sociale e incentivare lo sviluppo sostenibile e l'identità culturale

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA BIOCLIMATICA

- L'approccio bio-climatico ha specificità più metodologiche che ideologiche perché ***richiede conoscenze*** derivanti da ***ricerche e sperimentazioni***.
- L'approccio alla filosofia del progetto suggerisce di parlare di ***architettura integrale***, intendendosi con tale termine un approccio alla progettazione architettonica che tenga conto di tutti gli aspetti caratterizzanti l'insediamento umano, con l'obiettivo della loro armonizzazione in funzione della salvaguardia e del miglioramento del modo di vivere dell'uomo e degli altri esseri sul pianeta terra.
- La nuova etica del costruire riconosce il ***fondamentale rapporto tra l'ambiente costruito e l'ambiente naturale***.

APPROCCIO BIOCLIMATICO ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA (1)

Integrazione tra architettura, tecnologia e contesto ambientale

- Valutare i fabbisogni e usare razionalmente il territorio
- Mantenere coerenza fra le diverse fasi del progetto: ideazione, analisi esigenziale, programmazione funzionale
- Scegliere accuratamente materiali, tecnologie e sistemi impiantistici
- Effettuare la verifica prestazionale
- Programmare la gestione e la manutenzione

Garanzia del benessere psico-fisico del fruitore

- Costruire edifici di più alta qualità, durevoli, salubri, e sicuri
- Non mettere in pericolo la salute dei lavoratori e degli abitanti

APPROCCIO BIOCLIMATICO ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA (2)

Conservazione energetica

- Progettare in rapporto al clima locale
- Sfruttare l'energia solare
- Ridurre i consumi di energia non rinnovabile
- Usare fonti energetiche rinnovabili
- Non causare emissioni dannose (fumi, gas, acque di scarico, rifiuti)
- Usare di materiali a basso contenuto energetico
- Impiegare sistemi di climatizzazione passivi

APPROCCIO BIOCLIMATICO ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA (3)

- ***Insedimenti a basso impatto territoriale e a forte integrazione paesaggistica***
 - Utilizzare materiali ottenuti da materie prime rigenerabili, locali e riciclabili
 - Gestire ecologicamente i rifiuti da cantiere

- ***Integrazione degli edifici in cicli ambientali chiusi, con bilancio netto di consumo complessivo delle risorse ambientali tendente a zero (riciclo, permacoltura)***
 - Ridurre gli sprechi di acqua potabile e garantire uno smaltimento sicuro delle acque reflue
 - Rispettare la vegetazione, la fauna, il paesaggio, ecc.

Per una progettazione sostenibile

- Comprendere gli obiettivi, gli strumenti e i metodi della progettazione bioarchitettónica
- Studiare i requisiti del sistema edilizio suddiviso in:
 - *Sistema qualità ambientale*
 - *Sistema qualità ambiente*
 - *Sistema qualità spaziale*
 - *Sistema qualità tecnologica*
 - *Sistema qualità procedurale*
- Studiare, attraverso schede di valutazione, alcuni progetti bioecologici di rilevante interesse
- Arrivare alla formulazione di un capitolato tipo per gli edifici bioecologici

Ambiente e progetto (1)

■ **Progetto eco sostenibile**

- Rinnovato rapporto con l'ambiente naturale e costruito
- Conoscenza del sito, cioè delle potenzialità offerte dal territorio e degli obiettivi di sostenibilità e salvaguardia
- Rispetto delle generazioni future: visione dell'intervento nello spazio e nel tempo

■ **Rapporto fattori ambientali - fattori progettuali**

- uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche per la realizzazione del benessere ambientale (igrotermico, visivo, acustico, ecc.)
- uso razionale delle risorse idriche
- gestione razionale dei rifiuti solidi e liquidi
- la salvaguardia delle risorse climatiche ed energetiche, in riferimento alla qualità dell'aria, al clima acustico, ai campi elettromagnetici, all'accesso al sole, al vento, ecc.

Ambiente e progetto (2)

- **Rapporto fattori ambientali - fattori storico tipologici**
 - salvaguardia della salubrità dell'aria
 - salvaguardia delle risorse idriche
 - salvaguardia del suolo e del sottosuolo
 - salvaguardia del verde e del sistema del verde
 - salvaguardia delle risorse storico culturali
- **Rapporto fattori climatici – organismo edilizio**
 - clima igrotermico e precipitazioni (impatto sole-aria, etc.)
 - disponibilità di fonti energetiche rinnovabili (sole, vento, acqua etc.)
 - disponibilità di luce naturale (tipo di cielo, ostruzioni, etc.)
 - clima acustico
 - campi elettromagnetici

Ambiente e progetto (3)

■ Componenti dello studio d'impatto ambientale (SIA)

- aria
- acque superficiali
- suolo, sottosuolo e acque sotterranee
- ambiente naturale ed ecosistemi
- paesaggio

■ Dati climatici di progetto

- temperatura dell'aria
- umidità relativa
- velocità e direzione del vento
- radiazione solare
- grado di nuvolosità
- precipitazioni
- soleggiamento

Ambiente e progetto (4)

■ **Benessere termico – *quattro tipi di clima***

- *Freddo*
- *Temperato*
- *Caldo- secco*
- *Caldo- umido*

■ **Benessere termo-igrometrico dell'ambiente costruito**

■ *Clima locale*

- distribuzione orizzontale della temperatura, pressione e umidità (struttura interagente con le strutture climatiche limitrofe)

■ *Microclima*

- clima degli strati d'aria vicino al suolo (struttura isolata rispetto alle strutture climatiche limitrofe)
- distribuzione verticale della temperatura, pressione e umidità
- clima condizionate dalla morfologia del terreno e dalla sua composizione geologica, dal tipo di copertura del terreno, nonché dall'esposizione al sole, al vento, dall'andamento delle "ombre portate", dalla presenza di specchi d'acqua o di macchie di vegetazione

Ambiente e progetto (5)

■ Effetto della morfologia del terreno

■ *Rapporto microclima – andamento topografico*

- *altitudine*
- pendenza
- orientazione
- conformazione
- ostruzioni esterne nei diversi orientamenti

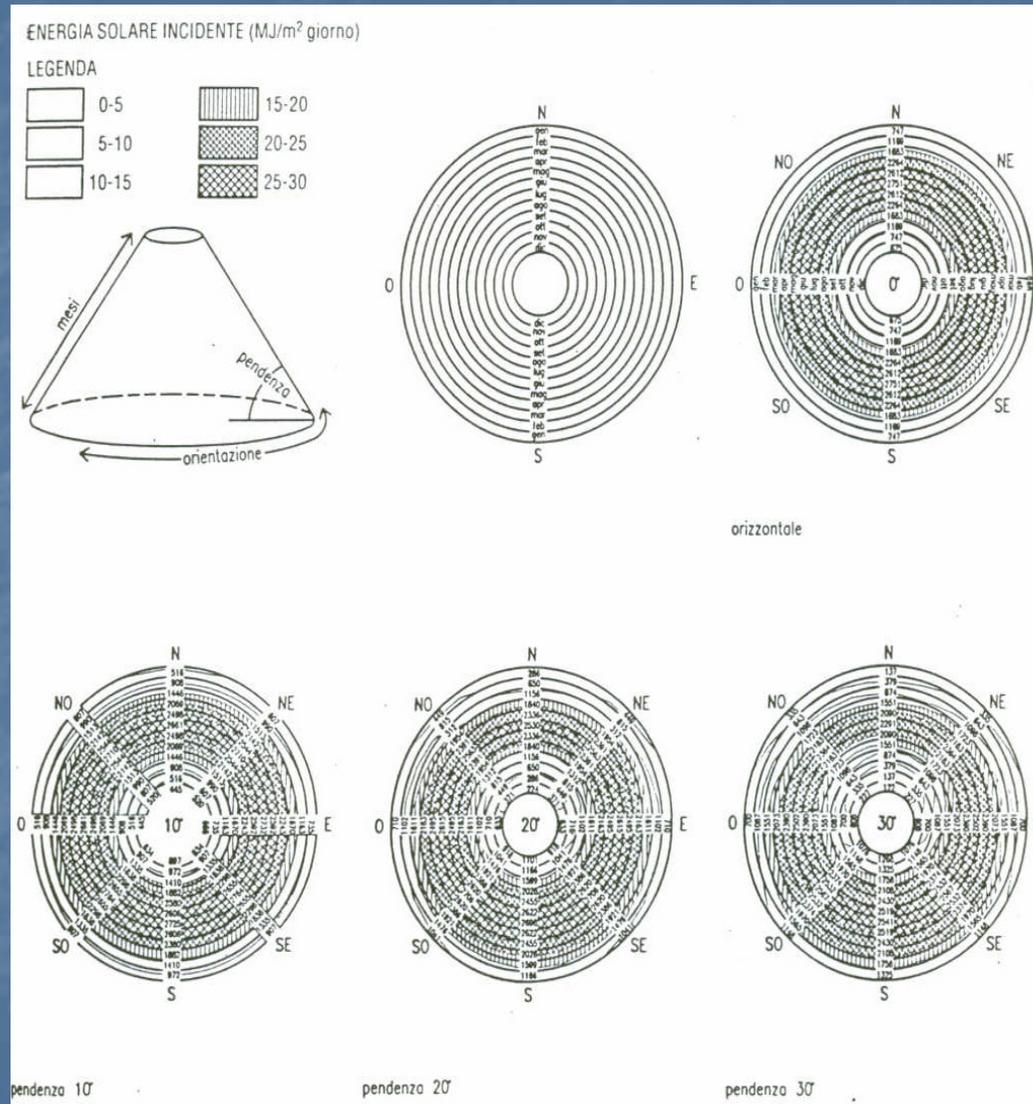
■ *Zone di fondovalle* – si accumula aria fredda, più densa e normalmente più umida

■ *Zone pianeggianti o sopraelevate* – l'esposizione al vento e alla radiazione solare risulta maggiore

■ *Zone poste a una quota più bassa* – risultano generalmente più fredde e umide nei periodi senza vento, a causa dell'accumulo di aria fredda e inquinata che aumenta i fenomeni di nebbia e foschia

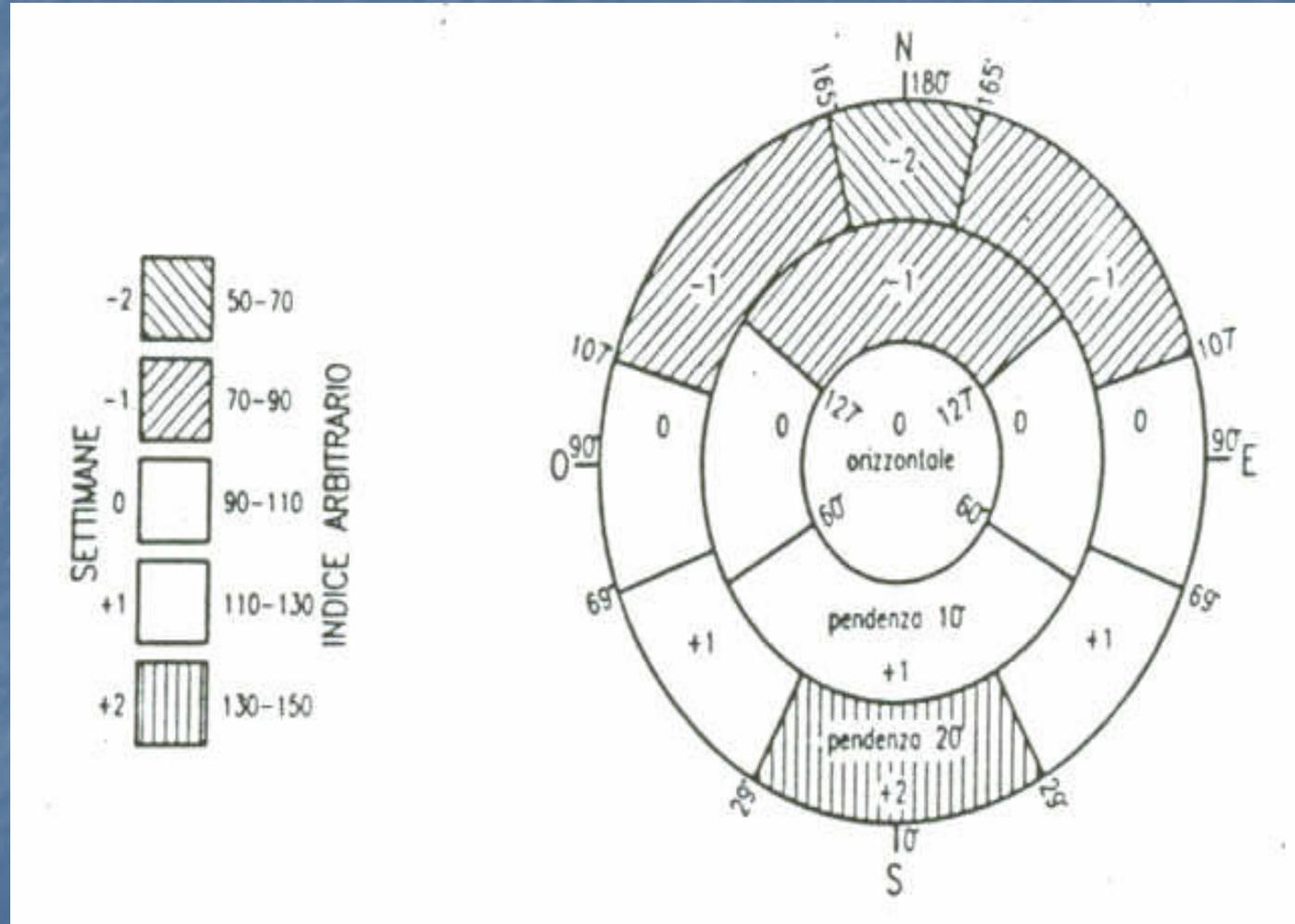
Ambiente e progetto (6)

**Radiazione
incidente
solare al
variare di
orientamento
ed
inclinazione**



Ambiente e progetto (7)

Schematizzazione degli effetti della pendenza e della radiazione solare al variare dell'orientamento



SINTESI - Obiettivo generale dell'approccio bioclimatico alla progettazione architettonica

*progettare e costruire edifici che
non causino sprechi e che non
esercitino gravi effetti negativi
sull'ambiente e sulla salute degli
abitanti.*

Metodologia del progetto

- *Analisi climatica del sito*
- *Orientamento dell'edificio in funzione dei fattori climatici principali*
- *Distribuzione degli spazi interni*
- *Utilizzo della vegetazione e dei bacini d'acqua*
- *Impiego di tecnologie atte a sfruttare i fattori climatici esterni*

Analisi climatica del sito – Climatologia urbana (1)

CLIMATOLOGIA URBANA

Lo studio dei fenomeni climatici a scala locale consente di determinare:

- la potenzialità del sito per il controllo climatico passivo degli edifici
- lo sfruttamento di fonti rinnovabili (irraggiamento solare, vento, acqua)
- la fattibilità e la coerenza dell'uso di sistemi di climatizzazione naturale degli edifici in un certo luogo
- il comfort termoigrometrico dell'utente

Strumento importante: *carte bioclimatiche*

Analisi climatica del sito – Climatologia urbana (2)

– FORMA URBANA - *Caratteristiche*

- **Tipo di forma urbana** – molto o poco urbanizzata
- **Densità** – aree molto urbanizzate producono clima più secco con temperature più alte e oscillanti
- **Altezza relativa** – formazione di correnti ascensionali
- **Tipo di tessuto** – centro storico, prima periferia, seconda periferia

– FORMA URBANA - *Effetti su:*

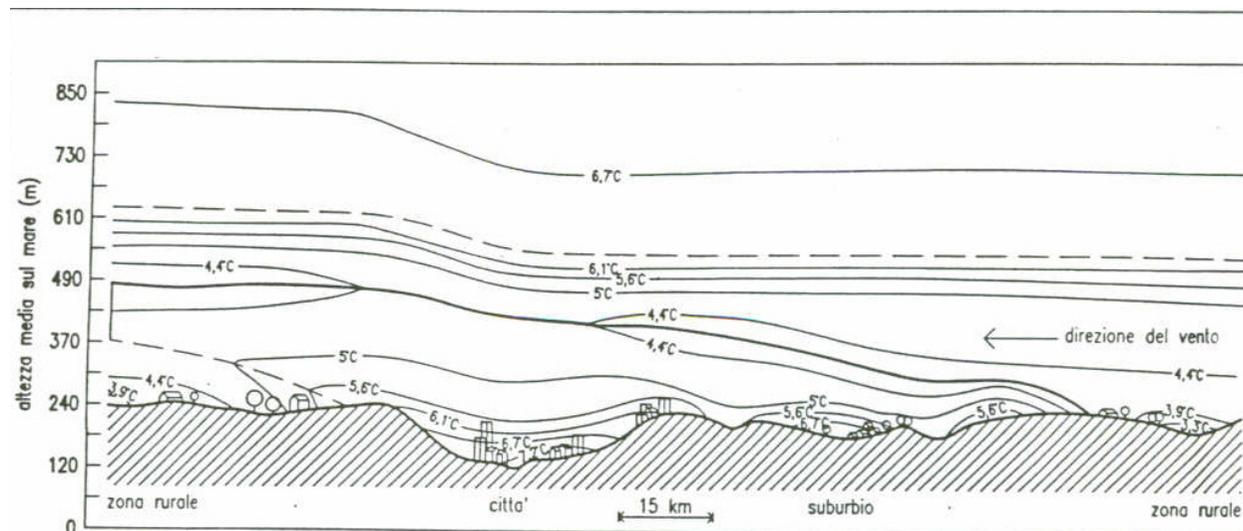
- *soleggiamento*
- *vento*
- *umidità*
- *capacità di accumulare calore*

Analisi climatica del sito – Climatologia urbana (3)

Radiazione solare

- La radiazione solare in ambiente urbano, è condizionata da una **minor trasparenza dell'atmosfera** dovuta alla presenza di agenti inquinanti che ne riducono la penetrazione.
- Ad una diminuzione della radiazione incidente corrisponde un effetto, tipico della struttura urbana, di “**intrappolamento del calore**” o “**effetto serra**”. Si forma il fenomeno conosciuto come “**Isola di Calore**”

Sezione verticale
della
temperatura di
una città

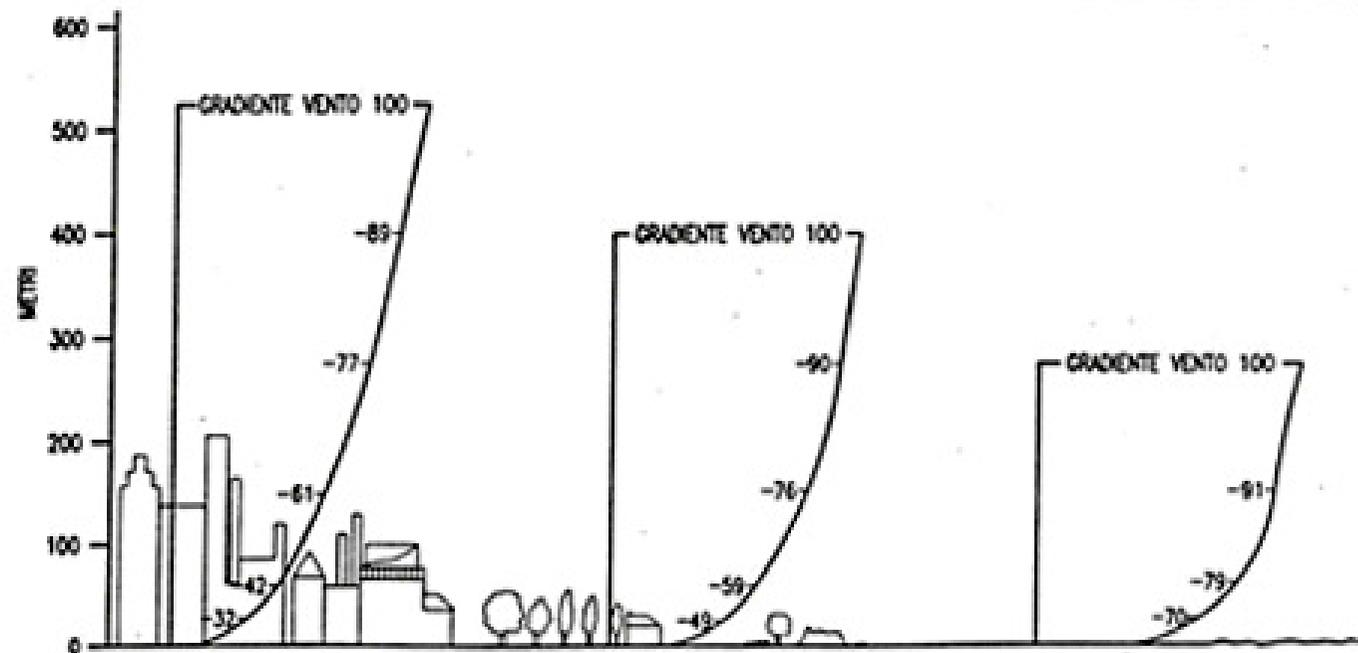


Analisi climatica del sito – Climatologia urbana (4)

Umidità relativa

- **mediamente più bassa** che nelle zone rurali circostanti (fino al 6%), per la sostituzione del manto di copertura naturale con asfalto e materiali impermeabili, e per la diminuzione di zone arboree.
- Effetto: **diminuzione dell'umidità, abbassamento dell'evaporazione e aumento dello scorrimento dell'acqua.**

- *Andamento del profilo verticale del vento in città ed in campagna*



Analisi climatica del sito – Climatologia urbana (4)

EFFETTO DELLA MORFOLOGIA DEL TERRENO

- ***Andamento orografico del terreno*** – pendenza e orientamento modificano la possibilità di soleggiamento del terreno e la relazione con i venti dominanti
- ***Quantità di radiazione solare*** – varia in rapporto alla variazione di inclinazione e orientazione del pendio ed all'andamento delle ombre portate (strumenti - “*diagrammi solari*”, “*curve di soleggiamento*”, “*assonometrie solari*”)
- ***Tipologia delle zone***
 - ***Zone di fondovalle*** - si accumula aria fredda, più densa e normalmente più umida
 - ***Zone pianeggianti o sopraelevate*** - l'esposizione al vento e alla radiazione solare risulta maggiore
 - ***Zone poste a una quota più bassa*** - risultano generalmente più fredde e umide nei periodi senza vento, a causa dell'accumulo di aria fredda e inquinata che aumenta i fenomeni di nebbia e foschia
 - ***Zone nebbiose*** - non permette l'accesso alla radiazione solare e impedisce all'aria a conta
 - ***Ambiente urbano*** - gli edifici ed i vari ostacoli comportano una riduzione del tempo di soleggiamento

FENOMENI LEGATI ALLA PRESENZA DI MASSE D'ACQUA

- Le **grandi masse d'acqua** (laghi e mare) fungono da **regolatori termici**: la **forte inerzia termica dell'acqua** permette infatti di stabilizzare le temperature dell'aria.
- Tale effetto molto marcato in prossimità del mare si mantiene, pur diminuendo, anche ad una **certa distanza dalla costa**.
- La presenza di corpi d'acqua favorisce la **formazione di brezze di mare o di lago** che, dove è possibile, è bene sfruttare nella progettazione del **raffrescamento estivo**.

Analisi climatica del sito — Presenza d'acqua (2)

FENOMENI LEGATI ALLA PRESENZA DI MASSE D'ACQUA

- **L'inerzia termica** è uno dei fattori che influenzano la **formazione di brezze locali legate** alla variazione di temperatura che si verificano **nel ciclo giornaliero (diurno e notturno)**.
- Tali brezze sono potenzialmente molto efficaci per il **raffrescamento passivo durante la stagione calda**.
- La presenza d'acqua è un fattore che produce un **aumento di umidità a ridosso della costa**.
- Influenze sul microclima, se pur minori, le hanno anche **fontane, canali, piccole cascate e getti d'acqua micronizzati**, che contribuiscono, attraverso il **raffrescamento evaporativo** specie nei climi caldo-secchi, ad abbassare la temperatura dell'aria e migliorare la sensazione termica in periodi surriscaldati.

Analisi climatica del sito – Presenza vegetazione (1)

FENOMENI LEGATI ALLA VEGETAZIONE

- Il ***manto naturale del terreno*** tende a moderare le variazioni di temperatura riducendone le punte estreme.
- La ***presenza di prato*** limita la ***quantità di radiazione riflessa*** e funge da regolazione delle temperature.
- L'***effetto schermante, unito al fenomeno di evapo-traspirazione della vegetazione***, favorisce il raffrescamento passivo nella stagione calda.
- La vegetazione funge da ***barriera del vento*** e di modificarne la direzione.
- Grandi masse arboree di alto fusto agevolano la ***formazione di brezze notturne*** e mattutine simili a quelle delle zone costiere.

Analisi climatica del sito — Presenza vegetazione (2)

FENOMENI LEGATI ALLA VEGETAZIONE

- Gli **alberi a foglia caduca** permettono un contenimento della radiazione nella stagione calda e la possibilità di ottenere dei guadagni solari nella stagione fredda.
- La presenza di vegetazione porta ad un aumento dei valori di umidità relativa e ad una riduzione della temperatura, dovuta sia all'effetto dell'**ombreggiamento**, sia al fenomeno dell'**evapo-traspirazione delle foglie** che assorbono gran parte del calore incidente.
- L'effetto di raffrescamento provocato dai singoli alberi è minimo, e rapidamente si disperde. In presenza di **ampie zone verdi**, invece, **l'abbassamento della temperatura è sensibile ed influenza anche le aree circostanti**.
- Effetto schermante acustico in presenza di rilevanti fonti di rumore aereo (ferrovia, aeroporti, autostrade, ecc.).

***LOCALIZZAZIONE, TIPOLOGIA, MORFOLOGIA E
ORIENTAMENTO DEGLI EDIFICI***

- Accesso/protezione ai fattori climatici principali:
 - **sole** (irraggiamento e dinamica delle ombre)
 - **vento** (barriere, ventilazione, raffrescamento)
 - **bacini di calore** (terra, cielo, acqua)

DISTRIBUZIONE DEGLI SPAZI INTERNI

- Zonizzazione termica ispirata a:
 - funzionamento termocinetico del corpo umano
 - flussi energetici in entrata ed in uscita
 - dispersione termica dell'involucro

***IMPIEGO DI TECNOLOGIE DI INVOLUCRO
EDILIZIO***

Sfruttamento dei fattori climatici esterni per il controllo del microclima interno, con il minimo consumo di energia esogena

- Sistemi solari passivi
- Pareti ventilate
- Ecc.

***INTEGRAZIONE TRA TECNOLOGIE
BIOCLIMATICHE DI INVOLUCRO E SISTEMI
IMPIANTISTICI A CONSUMO DI ENERGIA NON
RINNOVABILE***

- Impianti solari termici
- Impianti fotovoltaici
- Geotermia
- Tetti verdi
- Ecc.